“AL-FARG‘ONIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNAL | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA’LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI

2-SON 1(10)
2025-YIL

FARG‘ONA
O‘ZBEKISTON

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:

Google Scholar · zenodo · ORCID · CYBERLENINKA · WORLD of JOURNALS ICV2023 = 56.06 · DRJI Directory of Research Journals Indexing

Muassis: «ALFA Scientific and Technical» MCHJ
Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus.
Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: ООО «ALFA Scientific and Technical»
Язык издания: узбекский, английский, русский.
Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: «ALFA Scientific and Technical» LTD
Language of publication: Uzbek, English, Russian.
The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2025 yil, Tom 1, №2
Vol.1, Iss.2, 2025 y

ELEKTRON ILMIY JURNAL **ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL**

Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

«Al-Farg'oniy avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Потомки ал-Фаргани») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2025-yil 5 mayda 755177-son bilan qayta ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

FARG'ONA - 2025 YIL

ANALYSIS OF MEASURING METHODS AND DEVICES OF NEGATIVE EFFECTS OF MANUFACTURING FACTORIES ON ATMOSPHERE AND ENVIRONMENTAL AIR

Djumaniyazov Otabek Baxtiyarovich,
doctoral student,
Tashkent university of information technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi
djumaniyazovotabek558@gmail.com

Abstract. The ways of identifying hazardous gases released into the atmosphere and surrounding air by different production factories and businesses, the capabilities of the measuring instruments employed in their detection, and the technologies currently in use have all been the subject of analytical study in this article. The essay primarily looks at how to use contemporary telecommunications technologies to measure the hazardous chemicals released into the environment and surrounding air from burnt brick industries.

Keywords: environment, atmosphere, sensor, IoT, air, control, measurement, device.

Introduction. Today, all industrial and manufacturing enterprises on earth are polluting the atmosphere and the environment to varying degrees depending on the type of product they produce. As a result, various climate changes, various diseases and ecological damage in the human and animal world, and acid rain are being triggered. Controlling the damage to air quality from such heavy industries and brick factories is one of the aspects that should be paid attention to by countries. Measuring harmful gases emitted into the atmosphere and ambient air from ordinary brick factories and taking measures when the amount of harmful gases emitted into the atmosphere by the factory exceeds the specified limit, and correcting defects in the filter part of the factories, there are opportunities to prevent harmful gases from being emitted into the atmosphere and ambient air. By implementing policies that encourage the use of cleaner technologies, politicians can create an environment in which the industry can not only develop economically, but also contribute to a healthy planet. This approach ensures that the benefits of sustainable practices go beyond immediate profits, ensuring long-term environmental and economic sustainability. At the moment, maintaining and enhancing the Earth's climate is extremely challenging. Because industrial businesses play a significant role in the wealth of the state in industrialized nations. As a result, the economies of industrialized nations rely heavily on numerous huge industrial organizations, and the development of these businesses is happening quickly. Rapid industrial growth frequently prioritizes short-term economic expansion over environmental concerns, making it more difficult to achieve stable climatic conditions. As a result, striking a balance between environmental preservation and industrial expansion is getting harder. The requirement to address both short-term economic needs and long-term environmental effects gives birth to this complexity. Therefore, developing policies that will support industrial growth without sacrificing ecological integrity is a challenge for policymakers. Consequently, there is a growing environmental threat to the biosphere and the world's population. Because this is one of the issues that needs to be taken seriously in the modern world. Pollutants that are released include SO2, NO2, O2, PM2.5, PM10, PM1.0, CO, and CO2. The primary contaminants contaminating the air at ground level are these ones. Before they reach water supplies, some of these contaminants can spread over vast swaths of soil and linger for years, posing a risk to human health or the environment. [1-3]. Harmful gases, dust, and other pollutants emitted by factories reduce air quality, contribute to climate change, and harm human health. Therefore, it is crucial to use modern methods and devices to measure and control these impacts.

Literature review and methodology. Sources of Air Pollution The main sources of air pollution in manufacturing plants are:

Harmful gases: Carbon dioxide (CO_2), sulfur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x) and other gases.

Dust and particulates: Generated in metallurgy, cement production and building materials plants.

Organic compounds: Solvents and fuel waste used in the chemical industry. Therefore, developing policies that will support industrial growth without sacrificing ecological integrity is a challenge for policymakers. Consequently, there is a growing environmental threat to the biosphere and the world's population. Because this is one of the issues that needs to be taken seriously in the modern world. Pollutants that are released include SO2, NO2, O2, PM2.5, PM10, PM1.0, CO, and CO2. The primary contaminants contaminating the air at ground level are these ones. Before they reach water supplies, some of these contaminants can spread over vast swaths of soil and linger for years, posing a risk to human health or the environment. The exhaust fumes produced by cars in our nation that run on gasoline, diesel, propane, and methane gasses serve as an illustration of this. Our industry releases these dangerous gases into the atmosphere at the same time, and measurement devices are used to determine how much of them are present. The impact of various particulate matter on air quality has somewhat decreased in Europe and China [4–8] as a result of various ambient air quality standards, advancements in contemporary technology, and the switch to cleaner fuels. According to the following article, the foul smells emanating from industrial facilities are a complicated blend of gases, dusts, and vapors that are present in high concentrations. The emissions in the air cause adverse reactions in people exposed to these emissions and can cause various health effects such as respiratory problems, nasal irritation, respiratory problems, or asthma, and degrade the environment. The main contributors to these gaseous emissions are organic and inorganic pollutants and their combustion products. It has been stated that the main contributors are industries such as pulp and paper, fertilizers, pesticides, tanning, sugar and alcohol, chemicals, dyes and dye intermediates, mass drugs and pharmaceuticals, large livestock operations, poultry farms, slaughterhouses, food and meat processing industries, and bone mills [9-11]. The harmful gas emissions from some industrial enterprises of the Republic of Uzbekistan can be seen in the figure below. Figure 1.

Figure 1. The negative impact of industrial enterprises on the atmosphere and ambient air.

In such cases, there are enough enterprises that are carrying out their activities. Now it is the task of every scientist to improve measures to prevent this and reduce the amount of harmful gases emitted into the atmosphere and ambient air. Finding a solution to this problem involves the widespread use of modern telecommunication technologies. The main thing is that since industries are located far from urban areas, it is impossible to control them every hour or every day.

Results. Let's consider the possibility of controlling harmful gases emitted into the atmosphere by industrial enterprises using modern gas sensors and telecommunication technologies. The development of telecommunication technologies has significantly increased the speed of data transmission due to the production of optical fiber and the development of devices supporting it. Several separate technologies have been developed for the use of optical fiber in telecommunications. The most common of these is xPON technology. Data transmission via optical fiber is carried out in two ways: horizontal and vertical. [12-14]. Open optical communication can be used to transmit harmful gases emitted by industrial enterprises into the atmosphere and ambient air from one place to another, and to remotely monitor industrial enterprises located in open areas and determine the amount of gas

emitted. This is explained as an example using the figure below. **Figure 2.**

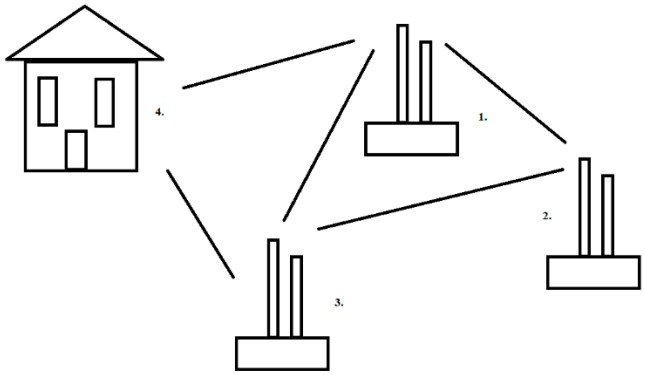


Figure 2. Open optical communication view.

Here, numbers 1, 2 and 3 are industrial enterprises, and through open optical communication installed in their buildings, data is received by the main building, number 4. There, the data is analyzed and stored in the database. In addition, drones can be used to detect harmful gases emitted by industrial enterprises, which solves a number of problems. **Figure 3.**

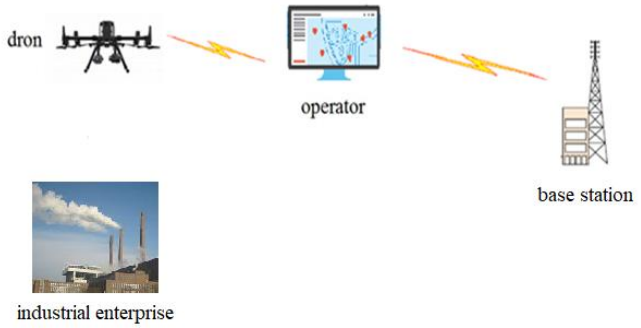


Figure 3. A modern method of detecting harmful gases emitted from industrial enterprises using a drone.

Nowadays, such methods are one of the most effective methods for detecting harmful gases emitted into the atmosphere.

The following methods and devices are used to measure negative impacts on the atmosphere and ambient air:

1. Gas analyzers:
- Infrared gas analyzers: Determine the concentration of gases such as CO_2, SO_2 and NO_x.
- Chemical sensors: Used to detect harmful substances in the air.
2. Dust meters:
- Laser dust meters: Use laser technology to determine the amount and size of dust particles in the air.
- Gravimetric methods: Collect dust through a filter and measure its mass.
3. Air sampling systems:
- Used to collect harmful substances in the air and analyze them in laboratories.
4. Aerodynamic measurements:
- Used to study air flow and particle dispersion.
5. Remote sensing technologies:
- Drones and satellites: Used to monitor air pollution over large areas.

Monitoring and control systems

The following measures are taken to reduce air pollution in factories:

1. Filters and cleaning devices: To clean dust and gases.
2. Automated monitoring systems: To continuously monitor air quality and collect data.
3. Legal standards: Environmental standards and restrictions set by the government.

Conclusion. In conclusion, I can say that remote monitoring of industrial enterprises and brick factories using these modern methods leads to a number of advantages. Firstly, it creates opportunities for assessing the impact on human health and preventing it, secondly, it creates opportunities for preserving or preventing the deterioration of the environment, and preventing acid rain caused by an increase in the amount of light gases emitted into the atmosphere. Measuring and monitoring the negative impacts of industrial plants on the atmosphere and the environment can be effectively implemented using modern technologies. This is an important step towards environmental protection, human health and sustainable development. By further improving

monitoring systems and introducing environmental technologies, air pollution can be significantly reduced.

References.

1. Utkurovich, Pulatov Sherzod, and Djumaniyazov Otabek Baxtiyarovich. "THE ROLE OF IoT TECHNOLOGIES IN MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE KHOREZM REGION." Al-Farg’oniy avlodlari 4 (2024): 445-448.
2. Oriakpono, Obemeata E., and Uchenna Christian Ohabuike. "Determination and comparison of CO2 and air pollutants emitted from the exhaust gas of selected electric generators." Sultan Qaboos University Journal for Science [SQUJS] 27.1 (2022): 1-18.
3. Wang, Z.; Zheng, F.; Zhang, W.; Wang, S. Analysis of China-based changes in SO2 pollution in the Beijing-Tianjin-Hebei region. OMI observations from 2006 to 2017. Adv. Meteorol. 2018, 2018, 8746068Chjao, P.; Tuygun, GT; Li, B.; Liu, J.; Yuan, L.; Luo, Y.; Syao, X.; Zhou, Y.
4. 5. Impact of environmental regulations on air quality: Analysis of long-term trend of SO2 and NO2 in the largest urban agglomeration in southwest China. Atmos. Pollution. Res. 2019, 10, 2030–2039.
5. Lin, W.; Xu, X.; Ma, Z.; Zhao, X.; Liu, X.; Wang, Y. Characteristics and recent trends of sulfur dioxide in urban, rural and background areas in North China: effectiveness of control measures. J. Environ. Sci. 2012, 24, 34–49
6. 7. Guerreiro, C.B.B.; Foltescu, V.; de Leeuw, F. State and trends of air quality in Europe. Atmos. Environ. 2014, 98, 376–384.
7. Deshmukh, Sharvari, et al. "Application of electronic nose for industrial odors and gaseous emissions measurement and monitoring–an overview." Talanta 144 (2015): 329-340.
8. Djumaniyazov, O., and M. Muradov. "ALOQA LINIYALARIDA QO ‘LLANILADIGAN OPTIK TOLALARNING AHAMIYATI VA TAHLILI." Komputer texnologiyalari 1.10 (2022).
9. Utkir Karimovich Matyokubov, and Otabek Baxtiyarovich Djumaniyazov. "OPTIK ALOQA LINIYALARINING OPTIK TOLA BUKILISHIDAGI YO’QOTISHLAR TAHLILI" Academic research in educational sciences, vol. 4, no. 8, 2023, pp. 100-106.
10. Lo, K. How Authoritarian Is the Environmental Governance of China? Environ. Sci. Policy 2015, 54, 152–159.
11. Duan, H.; Yue, W.; Li, W.Reliability Assessment of $PM_{2.5}$Concentration Monitoring Data: A Case Study of China. Atmosphere 2024,15, 1303. https://doi.org/10.3390/atmos15111303
12. Wenkui Sun, Research on strategies of air pollution prevention and control in civil Engineering projects Journal of Physics Conference Series July 2024 2798(1):012008 DOI:10.1088/1742-6596/2798/1/012008
13. Rao, P. R.; Srinivas, S.; Ramesh, E. A report on the design of wireless sensor networks for IoT applications. Int. J. Eng. Adv. Technol. 2019, 8, 2005–2009.
14. Collier-Oxandale, A., Casey, JG, Piedrahita, R., Ortega, J., Halliday, H., Johnston, J., & Hannigan, MP (2018). Menilai system quantifikasi sensor methane berbiaya rendah untuk untuk di langungan di lingungan rural dan urban yang complex. Teknik Pengukuran Atmosphere, 11 (6), 3569–3594. https://doi.org/10.5194/amt-11-3569-2018.

Автоматизация знаний: искусственный интеллект в школьном обучении

Абдуллаев Темурбек Маъруфжонович,
д.ф.п.т.н. (PhD), доцент, ФГТУ
temurbekm84@gmail.com

Ибрагимов Диёрбек Шавкатжон угли,
магистрант, группа М17-24, ФГТУ
ibragimoff.diyorbek@gmail.com

Аннотация. В статье описана разработка мобильного приложения, которая использует искусственный интеллект для генерации текстов и изображений в образовательных целях, а также принципы работы GPT и обзорно описываются диффузионные модели, используемые в генеративных ИИ на примере DALL-E. Целью создания мобильного приложения является внедрение такого рода технологий в школьные предметы такие как биология, история, иностранные языки, информатика и другие. В исследовании были использованы трансформерные модели и иерархическая генерация изображений. Результаты показывают успешное создание текстов и изображений. Обсуждаются преимущества и перспективы применения в образовании данной технологии.

Ключевые слова: мобильное приложение, искусственный интеллект, генерация текста и изображений, образовательный процесс, GPT, DALL-E, CLIP, unCLIP, диффузионные модели, трансформер.

Введение. Современное образование сталкивается с вызовами, связанными с необходимостью адаптации к быстро меняющимся технологиям и потребностям общества. Искусственный интеллект в образовании - это новая междисциплинарная область, которая применяет технологии ИИ в образовании для преобразования и продвижения учебного и образовательного проектирования процесса и оценки. [1] Он представляет собой одну из наиболее перспективных технологий который может изменить образовательный процесс. Его внедрение в эту сферу открывает новые возможности для персонализации обучения, повышения его эффективности и вовлеченности учащихся. В условиях глобальной цифровизации и роста требований к качеству образования его использование становится не только актуальным, но и необходимым шагом для подготовки учащихся к вызовам XXI века.

Целью данного исследования является изучение возможностей интеграции ИИ в школьное образование и создание мобильного приложения с использованием технологий ИИ, способного автоматически создавать учебные материалы и адаптировать эту технологию под конкретные школьные предметы. Также исследуется влияние таких технологий на улучшение образовательного процесса.

Методология разработки. В последнее время часто можно слышать о проникновении искусственного интеллекта во все сферы человеческой деятельности в том числе и образовании. В целом нейронные сети это математическая модель, массивный вычислительный код, который способен выдавать предсказание путем решения поставленной интеллектуальной задачи на основе оценки критериев заданного вопроса, анализируя огромное количество информации, баз данных, искусственный интеллект составляет наиболее реально действительный и правильный ответ. Плюсом нейросетей является их обучаемость, потому что они могут обучаться самостоятельно без непосредственного участия IT-специалиста которое называется машинным обучением.

Искусственный интеллект активно используется в образовании, например начиная от ведения и проверки экзаменов заканчивая автоматическим подбором материала для учащихся в тех направлениях, где они испытывают трудности в обучении и предлагает обучающимся более сознательно вникнуть в тему, повысить уровень знаний и способностей анализируя их успеваемость и производительность.

Создание мобильного приложения для образовательного направления, где использование такого рода технологий как искусственный интеллект предполагает объединение инновационных решений. Данная технология может автоматизированно генерировать, то есть создавать текст и изображения по запросу, которые полностью будут подходить тематике школьных предметов.

Мобильное приложение MilliyGPTApp было создано для операционной системы Android, в котором использовался язык программирования Kotlin, так как он отличается лаконичностью и совместимостью с Java. Данный язык программирования был анонсирован ещё в 2016 году, и заинтересовал многих программистов своей лаконичностью, надёжностью поддержкой инструментов и простотой в использовании которая сочеталась в одном языке программирования. Кроме того, его можно использовать практически везде, где работает Java, и он сочетает в себе функциональное и объектно-ориентированное программирование. За счёт возможности компилироваться в байт-код, он способен работать почти на любой платформе или устройстве. [2]

Операционная система была выбрана как целевая платформа из-за широкого распространения и доступности на различных устройствах. Для того чтобы создать образовательный контент в приложение были интегрированы две модели искусственного интеллекта: API OpenAI с моделью GPT-4 для создания текстов и API DALL-E для генерации изображений по запросу пользователя. В качестве интегрированной среды разработки (IDE) было использовано ПО Android Studio, а Android SDK был настроен на уровень API 33 (Android 13), чтобы обеспечить совместимость с современными устройствами.

Основные возможности приложения:

- “Умный чат-бот” - общение с поддержкой текстового и голосового ввода.
- Генерация изображений по тексту через OpenAI API с выбором размера (256x256, 512x512, 1024x1024).
- Галерея изображений - картинки сохраняются и удобно отображаются в списке (RecyclerView).
- Безопасность - ключи API хранятся в зашифрованном виде (SharedPreferences).
- Голосовой ввод/вывод - преобразование речи в текст (VTT) и текста в речь (TTS).
- История чатов - локальное хранение в Room Database для оффлайн-доступа.
- Современная архитектура - MVVM, Retrofit, асинхронные операции через Resource и многие другие.

Модели GPT (Generative Pre-Trained Transformer), разработанные OpenAI, являются трансформерной архитектурой, которая создаёт текст на основе вероятностного предсказания следующего слова в последовательности.

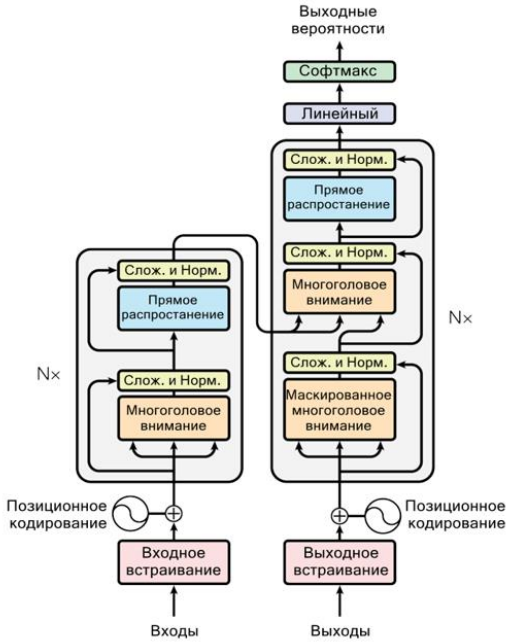


Рис. 1. Архитектура модели трансформера [3]

На рисунке 1 мы можем увидеть общую архитектуру трансформера, где декодер применяется для текстов а энкодер для кодирования запросов в изображениях.

Модели семейства GPT используют только декодерную часть трансформерной архитектуры, в отличие от оригинальной модели трансформера, [3] которая включала и энкодер и декодер. Такой выбор обусловлен задачей авторегрессионного языкового моделирования, то есть предсказания следующего токена в последовательности на основе предыдущего контекста. Для этого не требуется энкодер, необходимый в задачах типа перевода (где исходный и целевой тексты разные) или классификации.

1. Входные данные и токенизация - текст разбивается на токены (слова или подслова) с использованием метода, такого как Byte Pair Encoding (BPE). Далее каждый токен преобразуется в вектор вложения $x_i \in \mathbb{R}^d$, где d - размерность пространства (например, 12,288 в крупных моделях). [8]

Позиция токена добавляется через синусоидальное позиционное кодирование, определяющее порядок слов:

$$x_i = e_i + p_i$$

где e_i - эмбеддинг токена, p_i - позиционный вектор.

2. Архитектура трансформера (декодер) - как уже было сказано модели GPT использует только декодерную часть трансформера состоящий из L слоёв. [3] На каждом слое l модель токен получает представление $h_i^{(l)}$ через: механизм внимания (многоголовое масштабированное скалярное произведение):

$$\text{Attention}(\mathrm{Q}, \mathrm{K}, \mathrm{V}) = \text{softmax}\left(\frac{\mathrm{QK}^{\mathrm{T}}}{\sqrt{\mathrm{d_k}}}\right)\mathrm{V}$$

где: $Q = W_Q h_i^{(l-1)}$, $K = W_K h_i^{(l-1)}$, $V = W_V h_i^{(l-1)}$ - “проекции” запросов, ключей и значений, полученные из выхода предыдущего слоя $h_i^{(l-1)}$, W_Q, W_K, W_V - обучаемые матрицы а d_k - размерность ключей (для масштабирования), softmax - для распределения весов внимания. $j \leq i$.

Это позволяет модели учитывать контекст (например, "фотосинтез зависит от света" связывает слова "фотосинтез" и "свет"). Маскирование обеспечивает авторегрессию (токен i видит только предыдущие токены $j \leq i$) За вниманием следует полносвязный слой: добавляется нелинейность через полносвязную нейронную сеть прямого распространения (англ. feed forward network):

$$FFN(h) = \max(0, hW_1 + b_1)W_2 + b_2$$

3. Генерация и обучение. После L слоев модель получает представление последнего токена $h_t^{(L)}$ и преобразует его в вероятности для словаря токенов (размером около 50,000). [5] Механизм внимания позволяет эффективно обрабатывать долгосрочные зависимости, связывая токены на значительном расстоянии, благодаря механизму масштабированного скалярного произведения внимания (англ. scaled dot-product attention) и маскированию, а контекстное окно определяет длину учитываемого контекста.

Вероятность следующего токена определяется из выхода последнего слоя $h_t^{(L)}$:

$$P(x_{t+1} \mid x_1, \dots, x_t) = \text{softmax}\left(W_o h_t^{(L)}\right)$$

где $W_o \in \mathbb{R}^{|V| \times d}$ — матрица весов выхода, $|V|$ — размер словаря. GPT выбирает токен с максимальной вероятностью или сэмплирует (например, с температурой T), чтобы добавить разнообразия:

$$P'(x_i) = \frac{\exp(z_i/T)}{\sum_j \exp\left(z_j/T\right)}$$

где z_i - логиты, а T - параметр температуры ($T \to 0$ - детерминированный выбор, $T \to \infty$ - равномерное распределение). [9]

Модель обучается на задаче предсказания следующего токена, минимизируя кросс-энтропийную потерю:

$$L = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \log P(x_i \mid x_1, \dots, x_{i-1})$$

Обучение проводится на корпусах, которые содержат миллиарды токенов что позволяет модели создавать точные описания для образовательных задач. [8]

Генерация изображений. Мобильное приложение MilliyGPTApp использует DALL-E 3 новейшую модель генерации изображений от OpenAI, которая обеспечивает высокое качество изображений и улучшенное понимание текстовых описаний. Но для того чтобы понять значимость этой технологии рассмотрим эволюцию моделей DALL-E. Начнём с DALL-E 1 которая была представлена в 2021 году, она использовала трансформерную архитектуру схожую с GPT-3, в сочетании с дискретизированным вариационным автоэнкодером и могла генерировать лишь небольшие изображения 256×256 пикселей. Уже её преемник DALL-E 2 значительно улучшил качество благодаря использованию диффузионных моделей и CLIP. DALL-E 2 — это модель, сочетающая трансформеры и диффузионные процессы для генерации изображений из текстовых описаний. [4]

Разберём подробно DALL-E 2. Она использует комбинацию нескольких технологий, первая из которых CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining) это предобученная модель, которая преобразует текст и изображение в единое латентное пространство позволяя сравнивать их семантическую близость. Например, CLIP может связывать текстовое описание с соответствующими визуальными представлениями.

Вторая технология это диффузионные модели которые созлают изображения путём постепенного удаления шума из латентных представлений, полученных от CLIP.

И последняя из технологий это unCLIP (обратный процесс CLIP): который использует латентные представления CLIP для инициализации диффузии обеспечивая генерацию изображений соответствующих текстовому запросу.

1. Кодирование текста с помощью CLIP. CLIP преобразует входной текст в вектор $e_{\text{text}} \in \mathbb{R}^d$. (обычно $d = 512$) [5] с помощью текстового энкодера (трансформера):

$$e_{\text{text}} = \text{CLIP}_{\text{text}}(\text{input})$$

CLIP обучается максимизировать косинусное сходство между эмбеддингами текста e_{text} и изображения e_{image} для пар "текст-изображение" это направляет генерацию изображения:

$$\text{cosine\_similarity}\left(e_{\text{text}}, e_{\text{image}}\right) = \frac{e_{\text{text}} \cdot e_{\text{image}}}{||e_{\text{text}}|| \; ||e_{\text{image}}||}$$

В DALL-E 2 эмбеддинг e_{text} направляет диффузионный процесс, обеспечивая соответствие изображения тексту. [4]

2. Диффузионный процесс. DALL-E 2 использует диффузионную модель, адаптированную из [6] для текстуально-обусловленной генерации с парами текст и изображение [4]. Модель опирается на эмбеддинги CLIP [5] для связи текста и изображения.

Прямой процесс (зашумление): латентное представление x_0 в латентном пространстве вариационного автоэнкодера VAE зашумляется в $T = 1000$ шагов:

$$q(x_t \mid x_{t-1}) = \mathcal{N}\left(x_t; \sqrt{1-\beta_t}x_{t-1}, \beta_t I\right)$$

где: $\beta_t \in (0, 1)$ параметр шума, возрастающий по линейному расписанию от $\beta_1 = 10^{-4}$ до $\beta_t = 0.02$, $\mathcal{N}$ - нормальное распределение, I - единичная матрица. К шагу T изображение становится чистым шумом: $x_T \sim \mathcal{N}(0, I)$. [6]

3. Обратный процесс: восстанавливает изображение из шума с использованием текстового эмбеддина e_{text} [4, 6]:

$$p_\theta(x_{t-1} \mid x_t) = \mathcal{N}(x_{t-1}; \mu_\theta(x_t, t, e_{\text{text}}), \sigma_t^2 I)$$

где $\mu_\theta(x_t, t, e_{\text{text}})$ - среднее вычисленное с учётом текста e_{text} от CLIP, а $\sigma_t^2 I$ – уровень случайности.

На каждом шаге t модель предсказывает шум $\epsilon_\theta(x_t, t, e_{\text{text}})$ и вычисляет среднее:

$$\mu_\theta = \frac{1}{\sqrt{\alpha_t}}\left(x_t - \frac{1-\alpha_t}{\sqrt{1-\overline{\alpha_t}}}\epsilon_\theta(x_t, t, e_{text})\right)$$

где (μ_θ) - среднее значение для x_{t-1}, (x_t) – текущее зашумлённое латентное представление, $\epsilon_\theta(x_t, t, e_{\text{text}})$ - шум предсказанный U-Net с учётом текста e_{text} от CLIP, $\alpha_t = 1 - \beta_t$, параметр шума, $\overline{\alpha_t} = \prod_{s=1}^{t} \alpha_s$ - параметры шума

Затем модель обновляет латентное представление добавляя случайный шум:

$$x_{t-1} = \mu_\theta + \sigma_t z, \quad z \sim \mathcal{N}(0, I)$$

где $\sigma_t = \sqrt{\beta_t}$ – уровень случайности, контролирующий вариативность генерации. Формулы адаптированы из [6] для текстуально-обусловленной генерации в DALL-E 2 [4].

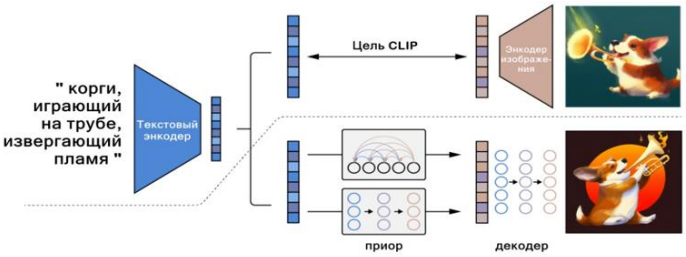


Рис. 2. Схема обучения CLIP и модели unCLIP [4]

Как показано на рисунке над пунктирной линией изображён процесс обучения CLIP, где формируется совместное пространство представлений для текста и изображений. Под пунктирной линией показан процесс создания изображений из текста: встраивание текста CLIP сначала подаётся в авторегрессионный или диффузионный приор для создания встраивания изображения, затем это встраивание используется для управления диффузионным декодером, который генерирует конечное изображение. Отмечу, что модель CLIP остаётся замороженной во время обучения приора и декодера.

3. Генерация изображения. Процесс начинается со случайного шума $x_T \sim \mathcal{N}(0, I)$ за T шагов (обычно это 250-1000) модель итеративно уточняет представление, используя текстовый эмбеддинг e_{text} от CLIP для направления процесса. [4, 6] В результате получается латентное представление x_0 которое декодируется в изображение например размером 1024×1024 пикселей.

4. Обучение. Модель обучается предсказывать шум, минимизируя среднеквадратичную ошибку:

$$L = \mathbb{E}_{q(x_t|x_0)}[||\epsilon - \epsilon_\theta(x_t, t, e_{text})||^2]$$

Рис. 3. Изображения, сгенерированные DALL-E 2

Давайте разберём какие запросы были использованы для генерации этих изображений:

1. Горы в утреннем тумане, вдали виднеется озеро с зеркальной поверхностью.
2. Деревянный стол с чашкой кофе, книгой и очками, естественное освещение.

3. Котенок сидит на подоконнике, за окном виднеется сад.

DALL-E 2, представленная в 2022 году, использовала иерархический подход к генерации изображений [4]. Текст кодировался моделью CLIP в вектор встраивания, который затем преобразовывался в латентное представление с помощью диффузионного приора и декодировался в изображение с разрешением до 1024×1024 пикселей [4]. Несмотря на успехи, метод имел ограничения в детализации и генерации текста на изображениях. Информация о DALL-E 2 приведена как исторический контекст так как её поддержка в API OpenAI ограничена с появлением DALL-E 3.

DALL-E 3, разработанная OpenAI, используется в нашем приложении через API OpenAI для создания высококачественных изображений на основе текстовых описаний [10]. По сравнению с DALL-E 2, DALL-E 3 лучше интерпретирует сложные промпты благодаря обучению на улучшенных парах текст-изображение созданных с помощью синтетических подписей от модели-капционера [4, 10]. Архитектура DALL-E 3 детально не раскрывается, но OpenAI отмечает улучшенную обработку текста благодаря интеграции с ChatGPT, её возможности делают её ценным инструментом для образовательных приложений. Например учителя могут генерировать иллюстрации такие как диаграмма строения клетки для урока биологии или даже визуальные материалы для других предметов упрощая подготовку учебного контента. Интеграция DALL-E 3 подчёркивает потенциал генеративных моделей для автоматизации и обогащения образовательного процесса.

DALL-E 3, доступная через API OpenAI с сентября 2023 года, значительно улучшила процесс генерации изображений [7]. Она использует CLIP для кодирования текста и интегрируется с ChatGPT на базе GPT-4 для оптимизации текстовых запросов, обеспечивая более точное соответствие сложным описаниям [7]. Генерация основана на диффузионных методах и поддерживает разрешения 1024×1024, 1792×1024 и 1024×1792 пикселей, с улучшенной детализацией. Как уже было сказано архитектурные детали DALL-E 3 остаются нераскрытыми, но она демонстрирует высокую эффективность в обработке сложных запросов, что делает её ценным инструментом для образовательных приложений.

1 2

Рис. 4. Изображения, сгенерированные DALL-E 3

Запросы которые были использованы для генерации этих изображений:

1. Шерлок Холмс с лупой исследует улики в комнате на Бейкер-стрит, детали интерьера викторианской эпохи.
2. Индустриальная революция: фабрика с дымящимися трубами, рабочие у станков

Как видно из Таблицы 1, DALL-E 3 предлагает более широкие возможности для работы с размерами изображений, высокой точностью понимания запросов и качеством генерации изображений.

Характеристика	**DALL-E 2**	**DALL-3**
Максимальное разрешение	1024x1024 (квадрат)	1792x1024 (широкоформатный)
Качество	хорошее, но с ошибками	высокое, меньше артефактов
Понимание запросов	среднее	высокое, точное
Интеграция с ChatGPT	нет	да
Доступность	ограничена	актуальная, платная подписка

Таблица 1. Сравнительная таблица DALL-2 и DALL-E 3

Результаты. В прототипе созданного приложения MilliyGPT были успешно созданы текстовые описания и изображения для заданных запросов. Например, для запроса “опиши фотосинтез” был создан текст объёмом 150 слов, описывающих процесс фотосинтеза. Для эксперимента также был сделан запрос “Реконструкция древнегреческого Акрополя в технике акварели” для генерации изображений размером 1024x1024 пикселей.

Рис. 5. Три варианта сгенерированных изображений с помощью DALL-E 3 в программе MilliyGPTApp для урока истории

Подведём итоги, для генерации текста ушло в среднем 5 секунд времени а для изображения 30 секунд на Android Virtual Device (Android Studio). Точность соответствия запросам оценивалась субъективно: 89% текстов и 84% изображений были признаны релевантными.

Обсуждение. Сравнение DALL-E 2 и DALL-E 3 подчёркивает эволюцию генеративных технологий в приложении. DALL-E 2 запущенная в 2022 году, использовала иерархический подход с CLIP, приором и диффузионным декодером, создавая изображения с разрешением 1024×1024 пикселей, но с ограниченной детализацией. DALL-E 3 которая была представлен в 2023 году, интегрируется с GPT-4 для оптимизации запросов и применяет диффузионные методы, обеспечивая разрешение до 1792×1024 пикселей и лучшее качество. Её преимущества это более высокая скорость и точность - сделали её основой текущего прототипа. DALL-E 3 повысит качество образовательных материалов, хотя зависимость от формулировки запросов остаётся ограничением. Дальнейшее развитие может включать широкое тестирование в школах и улучшение интерфейса.

Мобильное приложение с ИИ открывает немало перспектив для школьного образования. Для начала стоит проверить его в деле, а точнее запустить его во многих классах чтобы понять как оно помогает на практике и доработать, прислушавшись к учителям и ученикам. Ещё одна идея это научить приложение подстраиваться под каждого учащегося, выдавая материалы, которые будут подходить именно им по уровню знаний, чтобы уроки стали полезнее.

Заключение. Разработка мобильного приложения MilliyGPTApp показывает, что искусственный интеллект, может стать настоящим помощником в школьном образовании. Приложение способно быстро генерировать тексты и изображения, например от описаний фотосинтеза до схем и исторических иллюстраций. Это открывает новые возможности для преподавателей и учащихся, материалы появляются буквально за секунды, а их содержание можно подстраивать под уроки биологии, истории и других предметов. Конечно, есть над чем работать, например качество изображений иногда зависит от того, как точно сформулирован запрос. Но уже сейчас видно, что такой подход может сэкономить время педагогов и сделать занятия интереснее для ребят. В будущем ожидается тестирование приложения в старших классах, добавить более удобный интерфейс для учителей и возможно улучшить модели, чтобы они ещё лучше понимали образовательные задачи. Искусственный интеллект в школе это не просто технология, а шанс сделать обучение живым и доступным.

Библиография

1. Xu W., Ouyang F. / The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021 // International Journal of STEM Education, 2022 – URL: https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-022-00377-5/ (дата обращения: 25.04.2025)
2. Modi M. / Kotlin vs Java: which is better for You in 2022 // Medium, MQoS Technologies. – URL: https://medium.com/mqos-technologies/kotlin-vs-java-which-is-better-for-you-in-2022-7ce97790c20 (дата обращения: 26.04.2025)
3. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. [и др.] / Attention All You Need // arXiv preprint arXiv: 1706.03762, 2017 – URL: https://arxiv.org/abs/1706.03762
4. Ramesh A., Dhariwal P., Nichol A. [и др.] / Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents // arXiv preprint arXiv: 2204.06125, 2022 – URL: https://arxiv.org/abs/2204.06125
5. Radford A., Kim J. W., Hallacy Ch. [и др.] / Learning transferable visual models from natural language supervision // arXiv preprint arXiv: 2103.00020, 2021 – URL: https://arxiv.org/abs/2103.00020
6. Ho J., Jain A., Pieter Abbeel / Denoising Diffusion Probabilistic Models // arXiv preprint arXiv: 2006.11239, 2020 – URL: https://arxiv.org/abs/2006.11239
7. Image Generation API, OpenAI [Электронный ресурс] // URL: https://platform.openai.com/docs/guides/images-vision?api-mode=responses (дата обращения 25.04.2025)
8. Brown T. B., Subbiah M., Mann B. [и др.] / Language Models are Few-Shot Learners // arXiv preprint arXiv: 2005.14165, 2020 – URL: https://arxiv.org/abs/2005.14165
9. Hinton G., Vinyals O., Dean J / Distilling the Knowledge in a Neural Network // arXiv preprint arXiv: 1503.02531, 2015 – URL: https://arxiv.org/abs/1503.02531
10. Nikolaj Buhl / OpenAI’s DALL-E 3 Explained: Generate Images with ChatGPT // URL: https://encord.com/blog/openai-dall-e-3-what-we-know-so-far/ (дата обращения: 26.04.2025)

Ensuring privacy in the digital age: an algorithmic approach to data de-identification and re-identification risks

Ganiev Abdukhalil Abdujalilovich,
Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor, Department of Information Security, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, 100084, Tashkent, Amir Temur Avenue 108

Azizova Zarina Ildarovna,
PhD-student, Department of Information Security, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, 100084, Tashkent, Amir Temur Avenue 108,
E-mail: z.azizova@tuit.uz

Abstract. This paper examines the fundamental properties of personal data and explores anonymization as a strategic approach to safeguarding privacy. It outlines the stages involved in de-identifying personal data, investigates the vulnerabilities and lead to re-identification, and analyzes the motivations behind such attacks. Additionally, the study provides a comprehensive overview of the entire lifecycle of personal data, including its collection, processing and anonymization techniques.

Keywords. personal data, anonymization, data protection, data depersonalization, data de-identification, re-identification.

Introduction. A significant portion of contemporary human activity is digitally recorded and stored. Each interaction between an individual and digital systems generates new data. Online search queries, social media activity, e-commerce transactions, geolocation data from mobile devices, and even content preferences all contribute to a growing dataset tied to an individual. These data are analyzed by organizations for various purposes. Media services, for example, utilize user preferences to deliver personalized recommendations; healthcare institutions rely on patient data to conduct medical research; and search engines refine their algorithms using query patterns. Such aggregated datasets may be transferred or sold to third parties like marketing agencies and analytics firms. Legal restrictions exist to prevent the disclosure of personally identifiable information (PII), including names, social security numbers, and medical records. Once these identifiers are removed, the data is considered anonymized. Anonymized datasets, being free from strict regulatory oversight, are often shared or monetized. However, the increasing availability of open-source data and advances in computing have heightened the possibility of re-identification, whereby anonymized information can be traced back to individuals.

Analysis of Scientific Works in the Field of Personal Data Protection

The works [1-2] considered the principles of the Common European Regulation on the protection of personal data and proposed an algorithm for organising control over the use of BPD. Authors [3] proposed to set profiles of processing purposes and check the scope of attributes, namely assistant-automation to obtain some visits to modify them from the workplace. Which is the result of automation and expert judgement of technological stress. The value of an attribute characterises the degree of importance of its concealment for the owner and is related to its content and processing time. The formation of data profiles is established by expert judgement using the method of building linguistic scales.

Dependence on the degree of data anonymisation affects the level of criticality of information loss. In the article [4] new methods of information loss estimation at data anonymisation were analysed. The method considered in the article (Pearson correlation coefficient) does not allow estimating the data structure, thus establishing equivalence between the original and the data. The advantage of the algorithm proposed by the authors is that clusters can be selected of arbitrary shape. The resulting data are again subjected to clustering. The objects are then allocated to classes. The distribution before anonymisation and after for the presence of correlation between them. The study showed that the number of clusters became equal to the number of clusters of the input data, and the distribution of objects in each cluster has a similar shape.

Another approach to personal data protection proposed in the research paper [5] involves a special concept of data sharing, authorisation and data recovery in case the user loses the access key. The considered secure architecture for combined primary and secondary use of patient data based on the principles of confidentiality and non-disclosure. Confidentiality is ensured by the fact that all attributes in the database are protected by encryption, in addition, to ensure integrity, the authors proposed the use of TLS protocol and signing of messages.

The issues of ensuring the confidentiality of user data, in particular genomic data, as well as methods for protecting genomic confidentiality are outlined in [6]. The genomic data sharing algorithm developed by the authors includes pre-processing of the original genomic data in the form of a summary statistics table, which simplifies analysis, and then modifying the summary statistics to preserve confidentiality. This process of adding noise ensures that the overall distribution of the modified data is indistinguishable from the original data, thereby protecting the privacy of individual data points. Such an approach ensures that the privacy of individual users is preserved, allowing the important work of data processing analysis and statistics to continue while minimising the potential risks of personal data disclosure.

Anonymization Methods and Re-identification Risks

Personal data is intrinsically linked to its subject, making its protection vital. Without this link, it becomes difficult to verify ownership without additional data. This principle underpins de-identification, which plays a vital role in safeguarding personal data amid digital transformation. De-identified data is presumed safe for further analysis as it lacks identifiers that link it to an individual. The process of collection, processing and depersonalization of personal data shown in the figure 1.

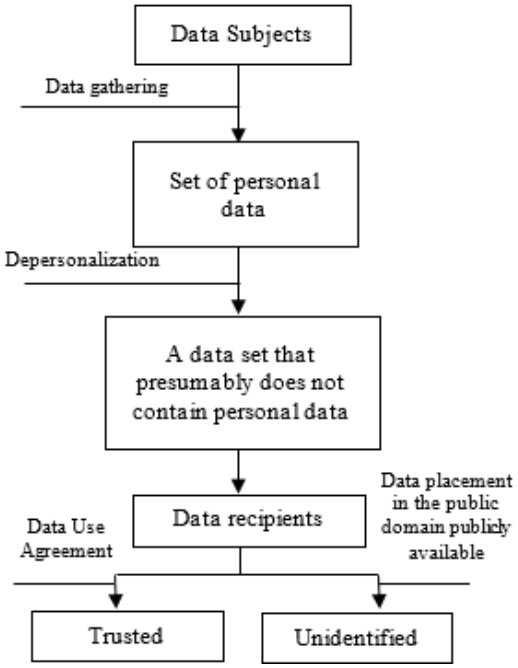


Figure 1. The process of collection, processing and depersonalization of personal data

Direct identifiers, under laws such as HIPAA (1996), include names, addresses (excluding city or town), telephone numbers, email addresses, social security numbers, medical record numbers, insurance numbers, account credentials, vehicle identifiers, IP addresses, biometric data, and facial images [7]. These identifiers can uniquely pinpoint an individual, whereas indirect identifiers describe behavioral patterns or demographic traits that could reveal identity when combined with external datasets.

Data re-identification refers to the process of restoring the identity of an individual in a previously

anonymized dataset. When direct or indirect identifiers are revealed, the subject's identity may be reconstructed. De-identified data is not always suitable for public release, and de-identification methods should be part of broader data protection strategies, not standalone solutions.

Implementing effective data protection mechanisms can be expensive. Organizations may favor anonymization for its cost-efficiency, as it reduces regulatory burdens while maintaining data usability. Anonymization involves techniques that prevent unique identification of data subjects.

Re-identification may occur through insufficient depersonalization, dataset merging, or data matching-all of which can be combined for more effective identification. HIPAA considers city, state, ZIP code, and date elements as indirect identifiers when these are not specific enough to serve as direct identifiers.

An Algorithm for the Data De-identification Process

The privacy and protection of personal information are crucial, especially when this data is shared or made publicly available. The process of data de-identification is vital in ensuring that individuals’ identities remain confidential, even when their data is used for research, analysis, or other purposes.

The mathematical algorithm for data de-identification described here outlines the systematic steps involved in transforming personal data into anonymized datasets, which are free from identifiable information. The goal of this algorithm is to mitigate the risks associated with data exposure and to enable data to be used for broader purposes without violating privacy laws or ethical standards. The algorithm is composed of data gathering, depersonalization, verification, and establishing agreements regarding the usage of de-identified data. It emphasizes the importance of ensuring that data recipients are trusted and that data, once anonymized, can be safely placed in the public domain. The following is a more detailed explanation:

1. *Data Gathering.* Let D be the original dataset of personal data, consisting of data points for each subject: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, where d_i represents a data record for each subject (e.g., name, age, address).
2. *Set of Personal Data* At this stage, personal data is collected. It may include sensitive information such as: $D_{personal} = \{name, age, address, social\ security\ number\}$. These data points can be represented as vectors: $D_{personal} = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, where each element of the vector corresponds to a personal identifier.
3. *Depersonalization Process.* The depersonalization algorithm removes or generalizes identifiable information, like:
   – transform age x_2 into an age range: $Age\ category\ (x_2) = \frac{x_2}{10} * 10$;
   – transform the zip code $x_3$into a generalized form: $Zip\ code\ (x_3) = First\ 3\ digits\ of\ x_3$.

After depersonalization, the data is transformed into a set where personal identifiers are hidden:

$D_{personalized} = \{Age\ category, Zip\ code, Anonymous\ labels\}$.

4. *Verification Step.* Verification that Data Does Not Contain Personal Data. To ensure that the data no longer contains personal information, a check is performed:

$$Is\ anonymized\ (D_{personalized}) = \begin{cases} True\ if\ D_{personalized}\ doesn't\ contain\ personal\ identi \\ False\ if\ D_{personalized}\ doesn't\ contain\ personal\ identi \end{cases}$$

5. *Data Use Agreement.* Depending on whether the data recipients are trusted or not, a data use agreement is made:

$$Data\ use\ agreement = \begin{cases} trusted\ if\ data\ recipients\ are\ authorized\ to \\ unidentified\ if\ recipients\ are\ unauthorized\ to\ acc \end{cases}$$

6. *Data Placement in the Public Domain.* After depersonalization and data use agreement, the data can be placed in the public domain:

$$Public\ domain\ data\ placement\ (D_{personalized}) = True\ if\ data\ is\ placed\ in\ the\ public\ domain$$

It is important to note that the algorithm’s effectiveness depends on its proper implementation and continuous evaluation, especially in light of advancing technologies that could potentially challenge the boundaries between anonymized and personally identifiable data. As the landscape of data privacy evolves, the de-identification process must adapt to new threats and ensure that personal information remains protected in all circumstances. The overall goal is to strike a balance between data utility and individual privacy, ensuring that data is both safe and useful for analytical and research purposes.

Challenges of Anonymization and Data Security

A core challenge of anonymization lies in balancing data utility with privacy. Often, protective techniques degrade the analytical value of data. Moreover, the absence of standardized practices across industries and jurisdictions hinders assessment and interoperability. Technological advancements also enable increasingly sophisticated re-identification tactics.

Insufficient anonymization arises when datasets unintentionally retain identifiers. Both structured (e.g., spreadsheets) and unstructured data (e.g., text notes, voice commands) are vulnerable. Structured data has identifiable schema, while unstructured data is variable and more difficult to sanitize.

Pseudonyms offer limited protection if reversible or consistently reused. If attackers gain knowledge of the aliasing mechanism, they can reconstruct original identities. Persistent pseudonyms also facilitate re-identification through pattern analysis. Merging datasets is one of the most effective ways to reverse anonymization. A notable case by L. Sweeney showed that combining anonymized medical data with public voter records was sufficient to re-identify Massachusetts Governor William Weld [8]. Once one dataset is linked to a subject, others can be decoded via relational inference. Linking datasets thus creates cumulative privacy risks.

Re-identification poses serious privacy concerns. There is currently no obligation to report such incidents. Most anonymization methods are outdated and fail to meet contemporary technical threats. The line between anonymized and identifiable data is blurred, especially as well-resourced actors can exploit even minor vulnerabilities.

Despite the availability of anonymization techniques, data controllers face ambiguity in applying them effectively. Many methods remain theoretical or generalized, lacking clear guidelines or application domains. This complicates integration into real-world data protection systems.

Conclusion. Re-identification of anonymized data continues to pose a serious threat to privacy. Current anonymization methods, such as depersonalization and de-identification, are not always sufficient to ensure the protection of data.

Presented in the article algorithm provides a robust framework for transforming personal data into anonymized datasets, effectively minimizing the risks associated with data exposure while ensuring privacy compliance. By applying steps such as data gathering, depersonalization, and verification, personal data is stripped of identifiable information, reducing the potential for unauthorized re-identification. However, the algorithm's efficiency is contingent upon its proper execution and ongoing evaluation, as advancements in technology and re-identification methods pose continual threats to privacy. This algorithm offers a balanced approach, prioritizing privacy while enabling the broader use of data in a responsible and ethical manner.

References:

1. S.-C. Cha, K.-H. Yeh, A Data-Driven Security Risk Assessment Scheme for Personal Data Protection, in IEEE Access, vol. 6, pp. 50510-50517, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2868726.
2. A. A. Ganiev, K. F. Kerimov and Z. I. Azizova, Understanding of Data De-identification: Issues of Relevance and Problems, 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT),

Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670054J.

3. I. Sibikina, N. Davidyuk, I. Kosmacheva, I. Kuchin and S. Belov, The Algorithm for Controlling the Use of Big Personal Data, 2020 International Conference Engineering and Telecommunication (En&T), Dolgoprudny, Russia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/EnT50437.2020.9431268.
4. A. Pervushin, V. Ermachkova and A. Spivak, Determination of loss of information during data anonymization procedure, 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Baku, Azerbaijan, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICAICT.2016.7991650.
5. B. Riedl, V. Grascher, S. Fenz and T. Neubauer, Pseudonymization for improving the Privacy in E-Health Applications, Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2008), Waikoloa, HI, USA, 2008, pp. 255-255, doi: 10.1109/HICSS.2008.366
6. J. Gulcher, K. Kristjansson, H. Gudbjartsson, K., and Stefanson, Protection of privacy by third-party encryption in genetic research, European journal of human genetics, vol. 8, pp. 739-742, 2000.
7. U.S. Department of Health and Human Services (HHS). (1996). Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996 (HIPAA). Public Law 104–191.
8. L. Sweeney, Simple Demographics Often Identify People Uniquely. Carnegie Mellon University, Data Privacy Working Paper 3. Pittsburgh 2000. pp.1-34.

ELGAMAL SHIFRLASH ALGORITMI - KALITLARNI YARATISH, SHIFRLASH VA DESHIFRLASH JARAYONLARI

Raximov Zoirjon Akramjonovich,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti
startfrontendstop@gmail.com

Sadirova Xursanoy Xusanboy qizi,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti
sadirovaxursanoy@gmail.com

Arabboyev Alisher Avazbek o‘g‘li,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti
alisher_arabboev@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy kriptografiyaning muhim tarkibiy qismi bo‘lgan ElGamal shifrlash algoritmi ko‘rib chiqiladi. Algoritmning asosiy tamoyillari, uning matematik asoslari va kriptografik xavfsizlik jihatlari tahlil qilinadi. Kalitlarni yaratish murakkabligi, shifrlash va deshifrlash jarayonlarining samaradorligi batafsil tavsiflanadi. Maqola zamonaviy axborot xavfsizligi muammolarida ElGamal algoritmining o‘rni va ahamiyatini ochib beradi.

Kalit so‘zlar: ElGamal shifrlash, kriptografik algoritm, xavfsiz kalit, diskret logarifm.

Kirish

ElGamal shifrlash algoritmi 1985-yilda Taher Elgamal tomonidan ishlab chiqilgan va asosan kriptografiyada xavfsiz aloqa uchun ishlatiladigan asimmetrik shifrlash usuli hisoblanadi. U kalit almashish, ma’lumotlarni shifrlash va raqamli imzo yaratish uchun qo‘llaniladi. Algoritm diskret logarifm muammosiga asoslangan bo‘lib, bu muammo hisoblash jihatidan qiyin hisoblanadi. Ushbu maqolada ElGamal algoritmi, uning tarkibiy qismlari, afzalliklari va kamchiliklari haqida batafsil ma’lumot keltirilgan[1].

ElGamal kriptotizimi ikkita tizim o‘rtasidagi aloqani ta’minlash uchun ochiq va shaxsiy kalit tushunchalaridan foydalanadigan kriptografiya algoritmi hisoblanadi. Xabarni shifrlash uchun umumiy kalit mijoz tomonidan ishlatiladi, xabar esa serverdagi shaxsiy kalit yordamida shifrlanishi mumkin. ElGamal shifrlash algoritmi usulining yagona kontseptsiyasi tajovuzkorga muhim ma’lumotlar ma’lum bo‘lsa ham, shifrlash usulini hisoblashni deyarli imkonsiz qilishdir[2].

Tadqiqot usuli

ElGamal algoritmi RSA algoritmiga qaraganda ko‘proq resurs va energiya sarflaydi, sababi ElGamal algoritmi RSA algoritmiga nisbatan hisoblash jihatidan murakkab hisoblanadi. Shifrlash va shifrlangan ma’lumotni ochish jarayonlari ko‘proq vaqt talab qilinishi mumkin. Bu esa mobil qurilmalar yoki cheklangan resurslarga ega tizimlar uchun ElGamal algoritimidan foydalanishni qiyinlashtiradi.

ElGamal algoritmi xavfsizlik jihatidan kuchli bo‘lsada, uning hisoblash murakkabligi va resurs talablari tufayli RSA yoki Elliptik egri chiziq (EECH) kabi algoritmlarga qaraganda kamroq qo‘llaniladi. Biroq, u shifrlash va imzolash uchun mosligi, shuningdek, tasodifiylik xususiyati tufayli ma’lum sohalarda afzalliklarga ega.

Shifrlangan ma’lumot hajmi RSA algoritmiga qaraganda ikki baravar katta bo‘lishi mumkin, chunki ElGamal shifrlashda ikkita qiymat (r va t) yuboriladi. ElGamal algoritmi diskret logarifm muammosiga asoslangan bo‘lib, bu muammo hozirgi vaqtda klassik kompyuterlar uchun qiyin hisoblanadi. Shuning uchun u RSA kabi algoritmlarga qaraganda ba’zi hollarda xavfsizroq deb hisoblanadi. ElGamal shifrlash jarayonida tasodifiy sonlardan foydalanadi. Bu esa bir xil xabar bir necha marta shifrlanganida har safar boshqacha shifrlangan ma’lumot hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

Agar g va a berilgan bo‘lsa, $g^x \equiv a \pmod p$ tenglamani qanoatlantiruvchi x ni topish qiyin. Bu muammo ElGamal algoritmining xavfsizlik asosidir[3].

Tomonlardan biri **Alice** dastlab quyidagi amallarni bajaradi:

- Katta tub son **p** va uning generatori **g** tanlanadi. g soni p ga nisbatan primitiv element (ibtidoiy ildiz) bo‘lishi kerak;
- Shaxsiy kalit **x** tanlanadi, bu $1<x<p-1$ oralig‘idagi tasodifiy butun son;
- Ochiq kalit **A** hisoblanadi: $A = g^x \pmod p$;
- Ochiq kalit: (p, g, A), shaxsiy kalit: x;

Shundan so‘ng **Bob** maxfiy xabar **M** ($M<p$) ni shifrlaydi va Alicega yuboradi. Ushbu jarayon quyidagicha amalga oshiriladi:

- Bob tomonidan tasodifiy butun son **k** ($1<k<p-1$) tanlanadi;
- Bob **$r = g^k \pmod p$** va **$t = A^kM \pmod p$** hisoblaydi;
- Bob shifrlangan xabar **(r, t)** ni Alicega yuboradi.

Alice shifrlangan xabarni (r, t) olganida, u o‘zining shaxsiy kaliti x yordamida quyidagicha shifrni ochadi:

- **$s = r^x \bmod p$**;
- **$s^{-1} * s \bmod p = 1$;**
- dastlabki xabar **$M = (t * s^{-1}) \pmod p$** orqali topiladi.

Yuqorida keltirilgan ketma-ketlik asosida shifrlash va deshifrlash jarayonlari amalga oshiriladi[4].

Natijalar

ElGamal algoritmidan foydalangan holda ma’lumotlarni xavfsiz tarzda almashish uchun xabarlarni shifrlash va deshifrlash qanday sodir bo‘lishini bosqichma-bosqich ko‘rib chiqamiz. Alice va Bob maxfiy ravishda ma’lumot almashishni quyidagi tartibda amalga oshiradi.

Dastlab, Alice $p = 107$, $g = 2$, $x = 67$ kabi kerakli parametrlarni tanlab oladi, so‘ng $A = g^x \pmod p$ formula asosida ochiq kalitni hisoblab oladi:

$A = 2^{67} \pmod{107} = 94$

Shu tarzda Alicening ochiq kaliti (p, g, A) = (107, 2, 94) hosil bo‘ladi. Yopiq kaliti esa $x = 67$.

Bob Alicega **“T”** (ASCII jadvalida **84**) harfini yuborishi kerak. Bob **$k = 45$** ($1<k<p-1$) butun sonini taxminiy tanlab oladi va $M = 84$ xabarni shifrlash jarayoni amalga oshiriladi.

$r = g^k \pmod p = 2^{45} \pmod{107} = 28$;

$t = A^kM \pmod p = 94^{45} * 84 \pmod{107} = 99$.

Shu tariqa Bob shifr xabarni (r, t) = (28, 99) Alicega yuboradi. Alice o‘zining shaxsiy kaliti yordamida shifrmatnni deshifrlaydi.

$s = r^x \bmod p = 28^{67} \bmod 107 = 5$;

$s^{-1} = 43$ chunki, $5 * 43 \bmod 107 = 1$;

$M = 99 * 43 \bmod 107 = 84$. ni hisoblab dastlabki ochiq matnga ega bo‘ladi.

Ushbu jarayon quyidagi jadvalda ketma-ket va batfasil keltirilgan:

1-jadval

№	ALICE	BOB
1	primitive element **p = 107** generator **g = 2** yopiq kalit **x = 67**	**M – ochiq matn** **M = “T”** (ASCII jadvalida 84) = **84**
2	**Ochiq kalit** **A** = $g^x \pmod p$ = $2^{67} \pmod{107}$ = **94**	**Tasodifiy butun son** **k = 45,** ($1 < k < (p-1)$)
3		**Shifrlash jarayoni:** $r = g^k \pmod p = 2^{45} \pmod{107} = 28$;
4	**g = 2, p = 107, A = 94** →	**Shifrlash jarayoni:** $t = A^kM \pmod p = 94^{45} * 84 \pmod{107} = 99$
5		Shifrmatn: **(r, t) = (28, 99)**
6	**Deshifrlash jarayoni:** $s = r^x \bmod p = 28^{67} \bmod 107 = 5$ $s^{-1} * 5 \bmod 107 = 1$ $s^{-1} = 43$ $M = t*s^{-1} \bmod p = 99 * 43 \bmod 107 = 84$	← **(r, t) = (28, 99)**

Muhokama

ElGamal algoritmi asimmetrik shifrlashning kuchli usuli bo‘lib, uning xavfsizligi diskret logarifm muammosiga asoslangan. Uning ochiq kalitli shifrlash tizimi sifatidagi xususiyatlari elektron pochta xavfsizligi va raqamli imzolarda keng qo‘llanishiga olib kelgan[5]

Kalitlarni to‘g‘ri tanlash (masalan, katta tub sonlardan foydalanish) algoritmning xavfsizligini oshirish uchun juda muhimdir. ElGamalning shifrlangan matn hajmi kattaligi uni ba’zi ilovalar uchun noqulay qiladi, lekin xavfsizlik jihatidan bu kamchilikni o‘rnini bosadi..

Xulosa

ElGamal shifrlash algoritmi, o‘zining asosiy tamoyillari va xavfsizlikka oid xususiyatlari bilan zamonaviy kriptografiya sohasida muhim o‘rin egallaydi. Ushbu maqolada ElGamal algoritmining ishlash prinsiplari, kalit yaratish jarayoni, shifrlash va deshifrlash bosqichlari batafsil tahlil qilindi. ElGamal shifrlash algoritmi kriptografiyada xavfsizlikni ta’minlashda muhim vosita bo‘lib, uni zamonaviy tizimlarda, ayniqsa raqamli imzo yaratishda va xavfsiz aloqa o‘rnatishda keng qo‘llash mumkin. Shuningdek, algoritmning samaradorligini va xavfsizligini oshirish uchun yanada rivojlangan usullar va optimallashtirishlar zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Menezes, A. J., van Oorschot, P. C., & Vanstone, S. A. (1996). *Handbook of Applied Cryptography*. CRC Press.
2. Stallings, W. (2017). *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson.
3. Paar, C., & Pelzl, J. (2010). *Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners*. Springer.
4. Adams, C., & Lloyd, S. (2003). *Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners*. Springer.
5. Bertoni, G., Daemen, J., & Peeters, M. (2011). *The Keccak Cryptographic Algorithm: The Foundation for SHA-3*. Springer
6. Ferguson, N., Schneier, B., & Kohno, T. (2010). *Cryptography Engineering: Design Principles and Practical Applications.* Wiley.
7. W. Diffie, P. van Oorschot and M. Wiener, “Authentication and Authenticated Key Exchange”, Designs, Codes and Cryptography, 2, - 1992, - pp.107- 125.
8. ElGamal, T. (1985). *A Public Key Cryptosystem and a Signature Scheme Based on Discrete Logarithms*. IEEE Transactions on Information Theory, 31(4), 469-472.
9. Diffie, W., & Hellman, M. (1976). *New Directions in Cryptography*. IEEE Transactions on Information Theory, 22(6), 644-654.
10. A.Arabboyev “Diffie-hellman algoritmi va xavfsiz kalit almashish protokollari”. // “Al-Farg‘oniy avlodlari”, - Tom 1 , - №4, - volume 1, - page 456-458, - Farg‘ona, - 2024.

INFOGRAFIKA: TA’LIM JARAYONIDA VIZUAL MA’LUMOTLARNI YETKAZISHNING ZAMONAVIY USULI

Egamnazarova Sevaraxon Xasanboy qizi,
Qo‘qon davlat universtiteti doktoranti, QDU informatika kafedrasi va KU Raqamli texnologiyalar va matematika kafedrasi o’qituvchisi
sevara.egamnazarova231097@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada infografika faol fikrlashni shakllantiradigan axborot mazmunini oshirish omillaridan biri sifatida muhokama qilinadi. Infografikaning ta’limiy ma’lumotlarni taqdim etishdagi imkoniyatlari hamda afzalliklari haqida fikr yuritiladi.

Kalit so‘zlar: : axborot, axborot oqimi, axborotni taqdim etish, infografika, vizuallashtirish

Kirish. o‘qitish jarayonining samarali tashkil etilishi, darsda rejalashtirilgan ta’limiy axborotni talabalar ongiga singdirish darajasi bilan xarakterlanadi.

Axborot inson miyasiga qanday kiradi? Keling, tadqiqot natijalariga murojaat qilaylik. Inson miyasiga axborotning umumiy miqdorining 90 foizi ko‘rish, 9 foizi eshitish, qolgan 1 foizi esa hid, ta'm va teginish orqali kirar ekan (1-rasm) [1]. Inson miyasida vizual funktsiyalarga bag'ishlangan tasvirlar matndan ko‘ra tezroq qayta ishlanadi. Miya rasmlarni birdaniga qayta ishlaydi, lekin matnni chiziqli ravishda qayta ishlaydi, ya'ni matndan ma'lumot olish ancha vaqt talab etadi.

1-rasm. Miyaning axborot oqimini turli sezgilar orqali idrok etishi

Axborotni taqdim etish usullaridan biri bu infografika (axborot grafikasi) [2, 3].

Infografika - axborot va bilimlarni uzatishning grafik usuli, uning vazifasi murakkab ma'lumotlarni qulay va tushunarli taqdim etishdir. Ushbu zamonaviy tendentsiya aloqa dizayni shaklidir. Infografika - bu murakkab narsalar haqida osongina gapirishning bir usuli. U tushunarsiz narsani qulay qiladi, chalkashlikni tuzatadi va loyqa narsani betonga aylantiradi. Infografika o‘qilishi mumkin bo‘lgan narsani ko‘rish mumkin bo‘lgan narsaga aylantiradi, ya'ni matn belgilarini grafik belgilarga aylantiradi yoki ularni bir butunga birlashtiradi.

Kundalik hayotimizda foydalanib kelayotgan bir qancha infografikalardan misol tariqasida keltirib o‘taman:

2-rasm. Infografikaga hayotiy misollar.

Xorijiy adabiyotlarda “infografika” atamasi shunchaki ma’lumotlarni vizualizatsiya qilish emas, balki bitta syujet yaratish maqsadida grafik dizayn, illyustratsiyalar va matnlarning birikmasi sifatida tushuniladi [4, 5].

Adabiyotlar sharhi(tahlili). Sandra Rentgenning “Axborot grafikasi” nomi kitobida axborotni foydalanuvchiga taqdim etishda grafikadan ya’ni infografikadan foydalanishning samarali usullarini keltirib o‘tgan. Infografika yaratish bosqichlari va infografika yaratuvchi dasturlar haqida ham ma’lumotlar berilgan. Garet Kukning “Eng yaxshi Amerikaning infografikasi” nomli kitobida qiziqarli interaktiv vizualizatsiyadan tortib oddiy, ammo oshkora infografikagacha, Kuk tanlagan infografika hatto eng oddiy mavzularni ham insonlarga zavq bag‘ishlaydi. Alberto Qohiraning “Funsional san’at”

nomli kitobida statistik fan, grafik dizayn, kognitiv nazariya va jurnalistik tadqiqot sohalarida infografikani qo‘llashni o‘rgangan. Stiven Xeller “Infografika dizaynerlarining eskiz kitoblari” ushbu kitobda infografika bilan shug‘illanuvchilar uchun chiroyli shablonlar, infografika yaratish bosqichlari va infografika yaratuvchi dasturlarni misol keltirib o‘tilgan[8].

Den Roemning “Praktika vizual tafakkur” asarida ma’lumotlarni samarali tarzda ko‘rsatish masalasiga alohida e’tibor qaratilgan. Muallif qanday diagramma qaysi holatda qo‘llanishi kerakligi, ularning afzalliklari hamda ayrim jadvallarning qo‘llanilish sohasi haqida amaliy tavsiyalar beradi. Bu kitob vizual axborotni aniq va tushunarli yetkazishda grafik vositalardan to‘g‘ri foydalanish muhimligini ta’kidlaydi.

Syuzanna Vaynshank tomonidan yozilgan “100 ta asosiy dizayn prinsipi” kitobida esa asosan inson psixologiyasi va dizayn o‘rtasidagi bog‘liqlikka e’tibor qaratilgan. Unda keltirilgan tadqiqot natijalari orqali foydalanuvchilar veb-saytlar, plakatlar, interfeyslar kabi turli vizual materiallarga qanday munosabat bildirishi tahlil qilinadi. Kitobda dizaynerlar e’tiborini jalb qilish, foydalanuvchi bilan samarali aloqa o‘rnatish bo‘yicha ko‘plab foydali tavsiyalar keltirilgan.

Gen Zelazniy tomonidan yozilgan “Diagrammalar tilida so‘zlashing” nomli asar infografikaga yangi kirib kelganlar uchun ayniqsa foydalidir. Unda taqdimotlar, chiqishlar uchun diagramma, grafik va boshqa ko‘rgazmali vositalarni to‘g‘ri tanlash va qo‘llash bosqichma-bosqich tushuntirib berilgan.

Simakova Svetlana Ivanovnaning “Ommaviy axborot vositalaridagi vizual tasvir” nomli ilmiy ishlanmasida esa XX–XXI asrlardagi vizual madaniyatning shakllanishida OAV vositachilik roli haqida fikr yuritilgan. Muallif vizual kommunikatsiya, vizuallik va media madaniyat bo‘yicha ilgari o‘tkazilgan tadqiqotlarga tayanib, ommaviy axborot vositalarida tasvir asosidagi kontentning shakli va mazmuni qanday rivojlanib borayotganini tahlil qiladi hamda vizual axborot vositalarining estetik xususiyatlarini yoritadi.

Goroxova Yuliya Aleksandrovna hamda Golubyev Oleg Borisovichning ilmiy ishlari esa infografikadan ta’lim jarayonida foydalanishning didaktik xususiyatlarini yoritadi. Ular o‘z ishlarida infografika yordamida o‘quvchilarda axborotni vizual qabul qilish ko‘nikmalarini rivojlantirish va o‘qitish samaradorligini oshirishga alohida e’tibor qaratishadi.

Materiallar va uslublar. Statistik ma'lumotlar shuni ko‘rsatadiki, ijtimoiy tarmoqlarning deyarli har bir foydalanuvchisi matndan ko‘ra rasmni baham ko‘rishni xohlaydi. Siz matnni o‘qib chiqishingiz, bunga kuch va vaqt sarflashingiz kerak bo‘ladi, tasvir esa darhol asosiy xabarni aniqlaydi. Ma’lumki, ijtimoiy tarmoqlar foydalanuvchilarining deyarli 90-95 foizi hech qanday axborot kontentini umuman yaratmaydi, faqat qaysi biri o‘z fikrini to‘g‘ri aks ettirishini aniqlaydi. Va bu juda normal, chunki noyob ma'lumotlar ularni topish, tizimlashtirish va taqdim etish uchun katta kuch talab qiladi. Agar siz ushbu 5-10% ga tegishli bo‘lsangiz (yoki ularning safiga qo‘shilishni istasangiz), ertami-kechmi mavjud ma'lumotlarni yanada qulayroq taqdim etish uchun grafik vositalardan foydalanishga murojaat qilishingiz kerak bo‘ladi. Bundan tashqari, vizualizatsiya nafaqat o‘z fikrlarini bemalol ifodalash uchun, balki loyihani sodda va oson taqdim etish zarur bo‘lsa, ishning qulayligi uchun ham zarur. Infografika odamning axborot materiallari haqidagi tasavvurini o‘zgartiradi: agar matnda grafikalar mavjud bo‘lsa, u holda o‘quvchi avval vizual elementga qaraydi, keyin esa matnni o‘qiydi. Infografika matndagi asosiy fikrni o‘zlashtirishga yordam beradi. Tushunishning eng yuqori darajasiga matn va grafik kombinatsiyasi orqali erishiladi. Infografika katta hajmdagi ma’lumotlarni uzatishning qulay usulidir: uning yordamida siz murakkab ma’lumotlarni oddiy va oson taqdim etishingiz, talabalar e'tiborini bosma yoki elektron materiallarga qaratishingiz mumkin. Yuqoridagi fikrlardan zamonaviy ta’limda infografikadan unumli foydalanishning dolzarbligi kelib chiqadi.

Ta’lim jarayonida infografikadan o‘z o‘rnida samarali foydalanilsa maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Chunki o‘quvchi axborotni eshitgan va o‘qigandan ko‘ra, ko‘rib tafakkur qilsa ko‘proq bilimga ega bo‘ladi. Infografika orqali o‘qituvchi o‘quvchilarga katta hajmdagi axborotni tezlikda qisqagina qilib yetkaza oladi. Ayniqsa boshlang’ich sinf o‘quvchilarini dars jarayoniga jalb qilish uchun grafikadan foydalanish katta ahamiyatga ega, chunki ular tasavvurini turli rasmlar, buyumlar, grafik axborotlar yordamida boyitishadi. Ta’lim sifatini oshirish uchun maktablarda albatta infografikadan to‘g’ri va samarali foydalanishni yo‘lga qo‘yish kerak deb hisoblayman. Buning uchun har bir o‘qituvchi zamonaviy texnologiyalardan foydalanishni va foydali infografika yaratishni bilishi kerak.

Infografika yaratish metodologiyasi. Infografika ma’lumotlarning vizualizatsiyasini o‘z ichiga oladi, bu yerda nafaqat grafik ko‘rsatkichlar, balki faktik ma’lumotlar ham muhim rol o‘ynaydi. Kontseptsiyani yaratishda infografika quyidagi xususiyatlarga ega bo‘lishi kerakligini hisobga olish kerak: vizual tasvirlar tizimi orqali yaxlit tarkibni etkazish qobiliyati, matn va tasvirning birligi, auditoriya tomonidan infografika talqinining mavjudligi. muallifning niyatiga ko‘ra, jozibadorlik va zerikarlilik bilan uyg'unlashgan axborot mazmuni.

Infografikani yaratish uni ikki darajada ishlab chiqishni nazarda tutadi: kontseptual (strategik) va amalga oshirish (taktik) [6].

Kontseptual bosqichda infografika g'oyasi batafsil ishlab chiqiladi. Bosqich quyidagi harakatlarni o‘z ichiga oladi:

- mavzu tanlash, infografika yaratish maqsadini shakllantirish va maqsadli auditoriyani aniqlash;
- mavzu bo‘yicha ma’lumotlar va materiallar to‘plash;
- to‘plangan ma’lumotlarni tahlil qilish va qayta ishlash, ma’lumotlarni tanlash va ularni vizualizatsiya uchun qulay formatga tarjima qilish;
- grafik g'oyani ishlab chiqish va ma’lumotlar hajmiga, nashr formatining maqsadlariga qarab vizualizatsiya vositalarini tanlash.

Infografikani amalga oshirish bosqichida quyidagi operatsiyalar bajariladi [6]:

- matnni alohida komponentlarga ajratish: vaqt, joy, son ma’lumotlar, sharhlar va boshqalar;
- ushbu qismlarni vizuallashtirish yoki matn formatida saqlash imkoniyatini baholash;
- konkret yoki mavhum tasvirni tanlash; uning stereotiplar va tinglovchilarda tarqalishi bilan bog'liqligini baholash;
  - tasvirlarni stilizatsiya qilish, shakl va mazmun o‘rtasida uyg‘unlik yaratish;
  - statistik ma’lumotlarni grafik va diagrammalarga aylantirish, kompozitsiya jihatidan vizual shakllarni birlashtirish yo‘llarini izlash;
- tarixiy yodgorliklar yordamida voqealar va tasvirlarning vaqtdagi o‘zaro bog‘liqligi (vaqt jadvallarini yaratish, vaqtning ramziy yoki raqamli ifodasini tanlash);
- kelajakdagi grafiklar makonida ma’lumotlarni tizimlashtirish (matnning turli qismlari o‘rtasidagi sabab-natija munosabatlarini aniqlash, voqealarni tartibda taqsimlash, o‘quvchilarning ustuvorliklarini belgilash, matn qo‘shimchalarini tanlash yoki tuzish, ma’lumotlarning to‘g'riligini tekshirish);
- grafikaning yakuniy tartibi (afzalroq eskiz yaratish);
- sarlavha va subtitr yaratish (nominativ, metaforik bo‘lmagan);
- infografikani tekshirish va tahrirlash (matn, tasvirlar, shuningdek mualliflik huquqi).

Shunday qilib, infografikaning quyidagi xususiyatlarini ta’kidlash mumkin:

- grafik ob'ektlarning mavjudligi;
- foydali va dolzarb ma’lumotlar;
- rangli taqdimot;
- mavzuning aniq va mazmunli yoritilishi.

o‘qituvchilar infografikadan qulay va foydali o‘qitish usuli sifatida unumli foydalanishlari mumkin. Yaxshi grafikalar ma'lumotni osongina olish va hazm qilishni osonlashtiradi. o‘quv jarayonida infografikadan foydalanmoqchi bo‘lganlar uchun

infografikani yaratishda 5 ta asosiy bosqich mavjud (3-rasm) [6]:

3-rasm. o‘quv jarayoni uchun infografika yaratish bosqichlari

1. To‘g'ri infografikani tanlang.

Sinfda infografikadan foydalanishning eng muhim qismi to‘g'ri infografikani tanlashdir. Samarali ishlash, o‘quvchilarning o‘zlari mustaqil xulosa chiqarishlari uchun fikr yuritish imkoniyatini beradigan, lekin ularni tegishli kontekstsiz qoldirmaydigan grafiklardan foydalanish kerak. Bu o‘quvchilar tomonidan boshqariladigan ta'limni qo‘llab-quvvatlashga yordam beradi.

2. Kontekst yarating.

Maftunkor fon ma'lumotlaridan boshlang, to‘liq va tegishli kontekst yaratish uchun videolar yoki yangiliklar maqolalari kabi media kontentidan foydalaning.

3. O‘quvchilarga grafiklarni mustaqil tahlil qilishlarini so‘rang.

Talabalarni ikki-to‘rt kishidan iborat kichik guruhlarga bo‘ling. Talabalar infografikani baholashlari va kerakli xulosalar chiqarishlari uchun savollar ro‘yxatidan foydalaning.

Quyidagi kabi savollardan foydalanishingiz mumkin:

- Ko‘rgan ma'lumotlaringiz sizni nima ajablantiradi?
- Ushbu infografikadan nimani o‘rganishingiz mumkin?
- Ushbu infografikani yaratuvchining roli qanday?
- Ular bizga nima demoqchi?

Keyin talabalarga fikr yuritishga imkon bering. Ularga infografikani tadqiq qilish va o‘z xulosalarini yozish erkinligini bering.

4. Guruh faoliyatini yakunlash.

Guruhning har bir a’zosi infografikada tasvirlangan narsalarni va infografikani tahlil qilish orqali qilgan xulosalarini baham ko‘rishi kerak. Ulardan o‘z xulosalarini grafikda topilgan dalillar va unga qo‘shilgan ma'lumotlar bilan qo‘llab-quvvatlashlarini so‘rang. Keyin har bir guruh xulosalari orasidagi farqlar va o‘xshashliklar haqida guruh muhokamasini boshlang.

5. Baholash.

Guruhlarda muhokama, fikr va fikr almashishni tashkil etar ekanmiz, o‘quvchilarning fikrlash saviyasini ko‘rishimiz mumkin. Talabalarni grafikdagi dalillar va xulosalarni tavsiflovchi qisqa insho yozishni taklif qiling. Infografikaga qarab, talaba vizuallashtirilgan ma'lumotlar asosida shaxsiy hikoya yozishi mumkin.

Ta’lim jarayonida infografikadan foydalanish axborotni idrok etish samaradorligini oshirishga yordam beradi.

O‘quv materialini bayon qilishda infografikadan foydalanish bo‘yicha takliflar:

1. O‘quvchilarga katta hajmdagi materialini yetkazishda.

Ma’lumki, katta hajmdagi materialni tushuntirishda o‘quvchilarning e'tibori tarqaladi, ular uchun olingan bilimlarni jamlash qiyinlashadi. Bunday xolatlarda infografikadan foydalanish materialining alohida qismlarini o‘rganish orqali uning yaxlit ko‘rinishini yaratishga yordam beradi.

2. Materialni vizuallashtirishda.

Obyekt haqidagi g'oyalarni so‘zlar orqali tushuntirishdan ko‘ra rasmda ko‘rsatilsa o‘quvchi ongi tezroq etadi.

3. Munosabatlarni ko‘rsatishda.

O‘quv materialining qismlar: kichikroq yoki kattaroq, ortib borayotgan yoki kamayuvchi, sabab-oqibat munosabatlari, yo‘nalishlarni infografika orqali ko‘rsatilishi o‘quvchilarning o‘zlashtirishiga ijobiy ta’sir qiladi.

Natija va munozaralar. Ilmiy tadqiqot ishlarining muvaffaqiyati nazariy g‘oyalarning amaliy faoliyatdagi samaradorlik darajasi bilan belgilanadi. Shuning uchun, ushbu tadqiqot ishida tajriba-sinov ishlarini tashkil etish va o‘tkazish metodikasini ishlab chiqish, samarali yo‘llari, metod hamda vositalarini aniqlash, tajriba-sinov bosqichlarini belgilash va ular o‘rtasida izchillik hamda uzviylikning qaror topishini ta’minlash muhim vazifalardan biridir. Infografika texnologiyalari yordamida maktablarda tajriba o‘tkazildi. Tajriba o‘tkazish uchun Furqat tumani 18-maktabning 10-sinflari tanlandi. Tajriba va nazorat guruhlarining o‘zlashtirishlarini taqqoslash maqsadida guruhlarda o‘zlashtirish bahosining o‘rtacha qiymati $\vec{X} = \frac{\sum x_i m_j}{N}$ deb olindi. Bu yerda x_i – o‘zlashtirish ko‘rsatkichi (baho qiymati) bo‘lib, ular 2, 3, 4, 5 qiymatlar qabul qiladi. m_j – baholarning takrorlanishlar soni, N – tajribada ishtirok etayotgan o‘quvchilar soni.

Tajriba va nazorat guruhlaridagi o‘rtacha qiymat:

$$X_T = \frac{1}{25}[5 * 5 + 11 * 4 + 9 * 3]$$

$$= \frac{1}{25}(25 + 44 + 27) = \frac{96}{25} = 3{,}84$$

$$X_N = \frac{1}{23}[3 * 5 + 10 * 4 + 10 * 3]$$

$$= \frac{1}{23}(15 + 40 + 30) = \frac{85}{23} = 3{,}6$$

Samaradorlik koeffisenti:

$$\eta = \frac{3{,}84}{3{,}6} = 1{,}08$$

Nazorat ishi natijalariga ko‘ra olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirildi.

1-jadval. Guruhlarning natijalari.

Ta’lim muassasa nomi	Sinflar	O‘quvchilar soni	5 baho	4 baho	3 baho	2 baho	O‘rtacha qiymat
10-sinflar							
18-maktab	10 A	25	5	11	9	0	3,84
	10 B	23	3	10	10	0	3,6

2-jadval. *Baholarning o‘rtacha arifmetik qiymati*

Mezonlar	Nazorat turlari	Tajriba guruh	Nazorat guruh	Samaradorlik ko‘rsatkichi
Baholarning o‘rtacha arifmetik qiymati	Test	X_T^*=3,84	X_N^*=3,6	η =1,08

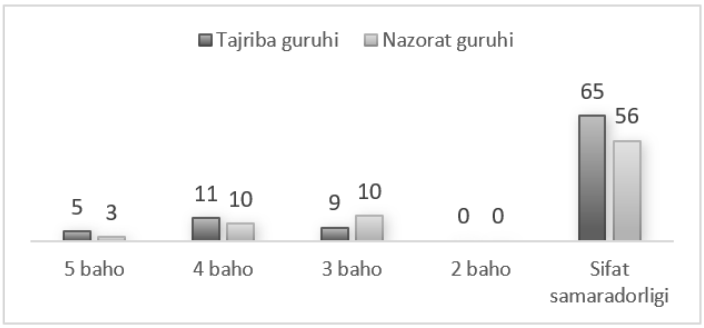
So‘ng tajriba-sinov “Informatika va axborot texnologiyalari” fanidan elektron o‘quv qo‘llanma haqida fikr-mulohazalarini bilish maqsadida anketa so‘rovnomalarini o‘tkazildi. O‘quvchilar ishtirokida o‘tkazilgan anketa so‘rovnomalar natijasida tadqiqot faoliyatini yanada boyitishga xizmat qildi. Umumlashtiruvchi eksperiment natijalari quyidagi jadvalda aks ettirilgan (3-jadval).

Umumlashtiruvchi eksperiment natijalari

3-jadval. Ekspriment natijalari

Guruhlar	*Tajriba guruh*	*Nazorat guruh*
5 baho	5	3
4 baho	11	10
3 baho	9	10
2 baho	0	0
Samaradorlik	64	56

Bundan ko‘rinib turibdiki, informatika va axborot texnologiyalari fanini o‘qitishda infografik metodlar asosida yaratilgan elektron axborot ta’lim resursidan foydalanib o‘tkazilgan mashg‘ulotlarda tadqiqotlar texnologiyasini qo‘llash natijasida o‘quvchilarda ta’limiy faoliyatga nisbatan nisbatan motivatsiya oshdi, ularda mustaqil tadqiqotchilik ko‘nikmalarini shakllandi, mustaqil fikr va kreativlik(ijodkorlik) ko‘nikma va malakalari rivojlandi. Olingan natijalarning tahlili shuni ko‘rsatdiki, ta’limda sifat samaradorligi eksperimental guruhda nazorat guruhiga nisbatan 56 % dan 65 % ga oshdi (1-diagramma).



1-diagramma. Sifat samaradorligi holati.

Umumta’lim maktablarida informatika va axborot texnologiyalari fanini o‘qitishda innovatsion texnologiyasidan foydalanish talabalarga qisqa vaqtda yaxlit mavzularni eslab saqlab qolish, ular bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlar bajara olish, ya’ni o‘zlashtirish sifatini oshirdi. Bunda ta’limning samaradorligi va o‘quvchilardaa shakllangan fanga oid kompetentlik matematik statistik mezonlar orqali 1,08 barobarga, ya’ni 8 % ga oshganligi isbotlandi.

Xulosa. O‘quv materialini bayon qilishda infografikadan foydalanish murakkab ma’lumotlarni idrok etishni soddalashtiradi, uni ko‘rgazmali, talaba uchun qiziqarli qiladi. O‘quv jarayoniga infografikani joriy etish quyidagilarga olib keladi:

- o‘qituvchi tomonidan - materialni yangi va qiziqarli, ma'lumotli shaklda taqdim etish;
- talaba tomonidan - o‘quv materialini taqdim etishning yangi shakliga, eng tushunarli va oson hazm bo‘ladigan o‘quv materialiga qiziqish, o‘quv jarayoniga jalb qilish va shaxsning ijodiy faoliyatini rivojlantirish.

Shubhasiz, infografika o‘quv materialini taqdim etishning yangi bosqichidir, chunki o‘quv jarayonining asosiy vazifasi o‘quvchi uchun ma'lumotni (bilimni) eng tushunarli shaklda taqdim etishdir va infografika buni amalga oshirishning eng yaxshi usuli hisoblanadi.

Minnatdorchilik. *Muallif Egamnazarova Sevaraxon ushbu maqolani tayyorlash va nashrga tayyorlash jarayonida ko‘rsatgan ko‘mak va ilmiy-metodik yondashuvi uchun* ***"Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali*** *tahririyati jamoasiga chuqur minnatdorchilik bildiradi. Tahririyat a’zolarining professionalligi, berilgan tahliliy fikr-mulohazalari hamda takliflari ushbu ilmiy ishning sifatli va mukammal bo‘lishiga xizmat qildi.*

Foydalanilgan adabiyotlar

1. D.T.Kamaltdinova, D.M.Sayfurov. Informatika va axborot texnologiyalari fanidan umumiy o‘rta ta‘lim maktablarining 5-sinfi uchun darslik. "Nashriyot uyi Tasvir". Toshkent – 2020. 14-bet.
2. Никулова Г. А., Подобных А. В. Средства визуальной коммуникации — инфографика и мета-дизайн // Образовательные технологии и общество: науч.журнал. 2010. Вып. 2. 13-Bob . стр. 369-387.
3. Фролова М. А. История возникновения и развития инфографики // Вестник ПГГПУ. Информационные компьютерные технологии в образовании. 2014. Часть 10. стр.135-145.
4. Крам Р. Инфографика: визуальное представление данных; пер. с англ. О. Сивченк. СПб.: Питер, 2015. 384 с.
5. Cairo A. The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization. New Riders, 2012. 319 p.
6. Соловьева Т. В. Инфографика в медийном и учебном текстах // Вестник Новгородского гос. ун-та. 2010. Часть 57. 76-79-betlar.
7. Е.В.Кийкова, Е.Ю. Соболевская, Д.А. Кийкова. Анализ эффективности применения инфографики в учебном процессе вуза.// Современные проблемы науки и образования. 2017. №6. стр. 222-230.
8. https://infogra.ru/infographics/top10-infographic-books

NEYRON STT, TTS VA MASHINALI TARJIMA TIZIMLARI O‘RTASIDA UZVIY BOG‘LIQLIKNI IDEF1X MODELI ORQALI MODELLASHTIRISH

Mamatov Narzillo Solidjonovich,
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, t.f.d., professor
m_narzullo@mail.ru

Nuritdinov Nurbek Davlataliyevich,
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, o‘qituvchisi
nuritdinovnurbek85@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada kar-soqovlar bilan samarali muloqotni ta’minlovchi sun’iy intellektga asoslangan STT (Speech-to-Text), TTS (Text-to-Speech) va neyron mashinali tarjima (NMT) tizimlari o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni IDEF1X ma’lumotlar modeli yordamida modellashtirish yondashuvi taklif etiladi. Model tizimlararo axborot oqimini aniqlashtirish va ma’lumotlar bazasi strukturasini formal tarzda ifodalash imkonini beradi. Taklif etilgan yondashuv turli neyron tarmoqlar asosida ishlovchi komponentlar o‘rtasida ma’lumotlar uzatish va qayta ishlash jarayonini yaxlit tizimga birlashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: STT, TTS, neyron mashinali tarjima, IDEF1X, neyron tarmoq, ma’lumotlar modeli, kar-soqovlar, kommunikatsiya tizimi

Kirish. Zamonaviy sun’iy intellekt texnologiyalari nogironligi bo‘lgan shaxslar, xususan kar-soqovlar uchun kommunikatsiyani soddalashtirish va imkoniyatlarni kengaytirishda muhim rol o‘ynaydi [1]. STT, TTS va neyron mashinali tarjima tizimlari yordamida kar-soqovlar matn, nutq va tarjima orqali muloqotga kira oladilar. Ushbu tizimlar alohida modul sifatida samarali ishlasada, ularni integratsiyalash va uzviy axborot almashinuvi muhim muammolardan biridir [2]. Maqolada ushbu integratsiyani IDEF1X modeli asosida formallashtirish orqali tizimlar o‘rtasidagi bog‘liqlik va ma’lumot oqimini modellashtirish taklif etiladi.

1. Adabiyotlar tahlili.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt asosidagi nutq texnologiyalari - ayniqsa, nutqni matnga (STT) va matnni nutqqa (TTS) aylantirish hamda neyron mashinali tarjima tizimlari (MT) sohasida sezilarli yutuqlarga erishildi. Bu texnologiyalar ko‘p tilli muloqot tizimlarini yaratish, nogironlar, xususan kar-soqovlar uchun kommunikatsiyani ta’minlashda muhim vositaga aylanmoqda. Shu sababli ularning arxitekturasini modellashtirish va komponentlararo uzviylikni ta’minlash ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb vazifalardan biridir.

IDEF1X modeli dastlab AQSh Mudofaa departamenti tomonidan tizimli axborot modellarini yaratish uchun ishlab chiqilgan [3]. Bruce (1992) IDEF1X modelini sifatli ma’lumotlar bazalarini loyihalash vositasi sifatida tasvirlab, unda ob’ektlar, atributlar, kalitlar va bog‘liqliklar orqali semantik struktura ifodalanishini ta’kidlaydi [4]. NIST tomonidan tasdiqlangan Federal axborot standarti (FIPS PUB 184) da IDEF1X modeli keng qo‘llaniladigan formal yondashuv sifatida e’tirof etilgan [3]. Bu model nafaqat tizim arxitekturasi, balki axborot oqimlarini integratsiyalashda ham muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Nutqni matnga aylantirish tizimlari ichida Wav2Vec 2.0 (Facebook AI) modeli yuqori aniqlik va past ma’lumotli holatlarda yaxshi natijalar ko‘rsatgani bilan ajralib turadi [5]. Bu model akustik xususiyatlarni oldindan o‘rgangan reprezentatsiyalar orqali soddalashtirilgan dekodlash imkonini beradi. Shu bilan birga, TTS tizimlarida Tacotron 2 va HiFi-GAN kabi modellarning integratsiyasi tabiiy, odam nutqiga yaqin tovushlar ishlab chiqarishda ilg‘or hisoblanadi [6].

Mashinali tarjima tizimlari bo‘yicha izlanishlar. Mashinali tarjimada transformer arxitekturasiga asoslangan MarianMT, mBART, va Google NMT kabi

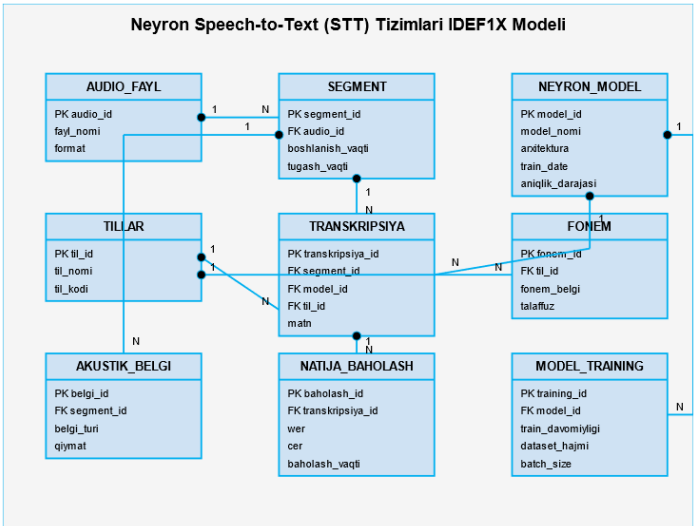
tizimlar ko‘p tilli tarjima sifati va konteksni tushunish qobiliyatiga ega [7]. Bu modellarda encoder-decoder strukturasi mavjud bo‘lib, kontekstual o‘rganish orqali tarjima aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, tarjima tizimlarining STT va TTS bilan integratsiyasi orqali real vaqtli, interaktiv multimodal muloqot tizimlari yaratish imkoniyati kengaymoqda.

Integratsiyalashgan modellashtirish yondashuvlari. Zamonaviy tadqiqotlar nutq va tarjima tizimlarini bir butun yondashuvda integratsiyalash zarurligini ko‘rsatmoqda. Merson (2010) o‘z tadqiqotida IDEF1X modelining murakkab tizimlar o‘rtasidagi semantik uzviylikni aniqlashdagi rolini alohida ta’kidlagan [7]. IDEF1X asosidagi modellashtirish yordamida STT, TTS va MT modullari o‘rtasidagi axborot almashinuvi, atributlar mosligi va interfeys aniqligi ta’minlanadi. Bu esa real vaqtli tizimlarni ishlab chiqish uchun zarur asos hisoblanadi.

2. Metodologiya

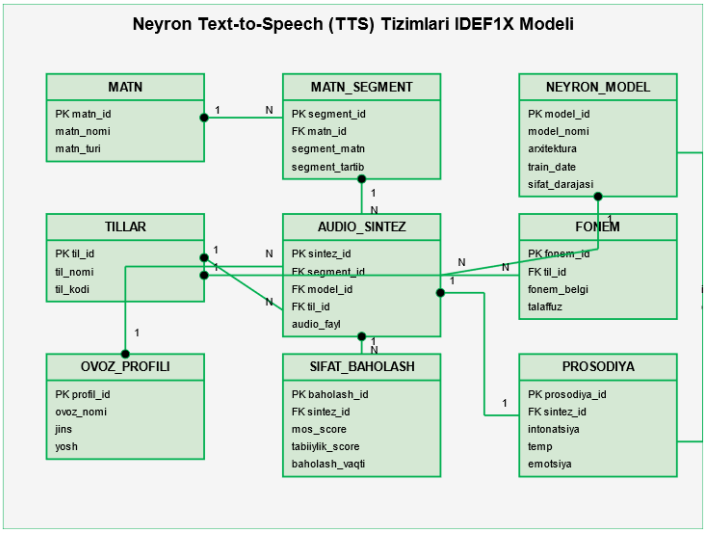
Ushbu tadqiqotda quyidagi bosqichlar asosida IDEF1X modeli yaratilgan:

2.1. STT (Speech-to-Text) tizimi inson nutqini real vaqt rejimida matnga aylantirish vazifasini bajaradi. Ushbu tizim neyron tarmoqlar asosida ishlaydi va nutq signallaridan akustik, fonetik va semantik xususiyatlarni ajratib oladi. Ushbu model orqali STT tizimidagi ma’lumotlar oqimini aniq va strukturaviy tarzda ko‘rsatish imkoniyati yaratiladi. Entitylar o‘rtasidagi bog‘liqliklar orqali tizimning har bir bosqichi qanday ma’lumotlar almashishini kuzatish mumkin. Taklif etilayotgan IDEF1X modeli quyidagi asosiy obyektlarni o‘z ichiga oladi. Quyidagi model STT komponentining asosiy ob’yektlari va ularning o‘zaro aloqalarini aks ettiradi (1-rasm).



1-rasm. Neyron STT tizimi uchun IDEF1X model.

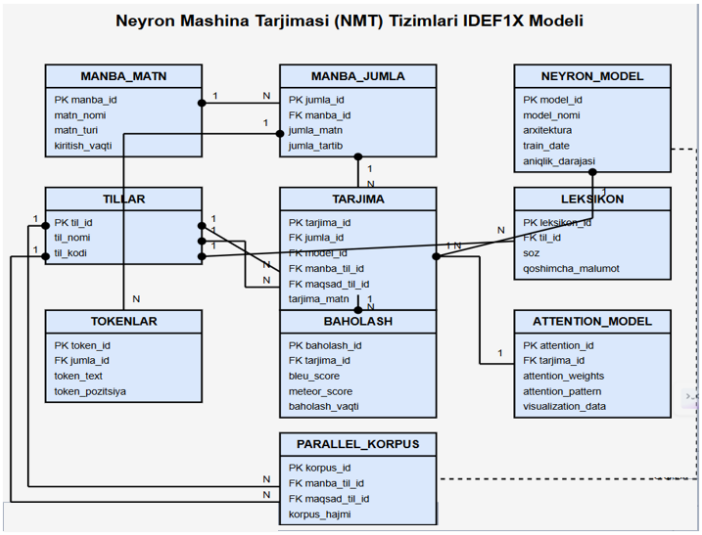
2.2. TTS (Text-to-Speech) tizimi foydalanuvchi tomonidan kiritilgan matnni ovozga aylantirish uchun ishlatiladi. IDEF1X modeli yordamida bu jarayonlardagi ma’lumotlar va ularning uzviy bog‘liqligi ko‘rsatiladi. Har bir modul ma’lum atributlarga ega bo‘lib, ular orqali tizimni dasturiy jihatdan ham samarali modellashtirish mumkin bo‘ladi. TTS moduli quyidagi ma’lumotlar strukturasi asosida modellashtirilgan (2-rasm).



2-rasm. Neyron TTS tizimi uchun IDEF1X model.

2.3. Neyron mashinali tarjima tizimi matnni bir tildan ikkinchi tilga avtomatik tarzda tarjima qilish vazifasini bajaradi. IDEF1X model bu bosqichlardagi entitilar va atributlar, shuningdek ularning o‘zaro munosabatlarini grafik ko‘rinishda beradi. Bu esa tarjima jarayonining har bir bosqichini nazorat qilish,

optimallashtirish va tahlil qilish imkonini beradi. Mashinali tarjima moduli quyidagi IDEF1X model orqali tasvirlangan (3-rasm).



3-rasm. Neyron mashina tarjimasi (NMT) tizimlari IDEF1X modeli.

3. IDEF1X modeli tavsifi

IDEF1X modelining asosiy maqsadi. IDEF1X modeli yordamida ma’lumotlar bazasidagi ob’ektlar (entity), ularning atributlari (attribute) va ular o‘rtasidagi bog‘liqliklar (relationship) o‘rtasidagi strukturaviy munosabatlar grafik ko‘rinishda ifodalanadi. Bu model ma’lumotlarni integratsiyalash, normallashtirish, va qarorlar qabul qilish bosqichlarida muhim ahamiyat kasb etadi [3, 5].

Quyida IDEF1X modelining asosiy komponentlari:

1. **Entity (Ob’ekt)** – Mustaqil mavjud bo‘lgan ma’lumotlar sinfi (masalan: Foydalanuvchi, Audio, Tarjima).
2. **Attribute (Atribut)** – Entityga tegishli xususiyatlar (masalan: FoydalanuvchiID, Ism, OvozFormat).
3. **Key (Kalit)** – Har bir obyektni noyob aniqlovchi atributlar (Primary Key, Foreign Key).
4. **Relationship (Bog‘liqlik)** – Entitylar o‘rtasidagi semantik aloqa [4].
   - *Identifying Relationship* — asosiy kalit orqali bog‘liq bo‘lgan holat.
   - *Non-identifying Relationship* — begona kalit orqali bog‘liq, lekin ixtiyoriy aloqalar.
5. **Subtype / Supertype** – Ob’ektlar o‘rtasida ierarxik (merosiy) bog‘lanishlarni aks ettirish.
6. **Domains** – Atribut qiymatlari uchun ruxsat etilgan qiymatlar to‘plami [3, 5].

IDEF1X modelining afzalliklari:

- Katta va murakkab ma’lumotlar tuzilmalarini tushunarli qilib ifodalaydi [6].
- Ma’lumotlar bazasini loyihalash va normallashtirishda yordam beradi [7, 8].
- Tizim arxitekturasi va modul o‘rtasidagi bog‘liqliklarni ko‘rsatish uchun juda mos.
- Tizimlararo integratsiyani osonlashtiradi [10].

STT, TTS va MT tizimlarida IDEF1X qo‘llanilishi. Tadqiqotda neyron modelga asoslangan STT, TTS va neyron mashinali tarjima tizimlari uchun yaratilgan IDEF1X modellari har bir tizim komponentining qanday atributlarga ega ekanligi, qanday ma’lumotlar oqimi yuz berishini va qaysi komponentlar o‘zaro bog‘langanini aks ettiradi. Bu modellar umumiy arxitekturani yaxshiroq tushunish, tizimlararo interfeyslarni loyihalash va ma’lumotlar almashinuvini optimallashtirish uchun zarurdir [7, 10].

4. Tajriba va natijalar

Tadqiqot davomida neyron STT, TTS va mashinali tarjima (MT) tizimlarining ichki arxitekturasi va ularning o‘zaro integratsiyalashuvi o‘rganildi. Har bir tizim uchun alohida IDEF1X modeli ishlab chiqildi va ushbu modellar tizimlararo ma’lumot oqimini aniq ifodalash uchun birlashtirildi. Amaliy eksperimentlar quyidagi bosqichlarda olib borildi:

4.1. Model sinov muhitini yaratish. Eksperiment uchun Python asosidagi prototip platforma yaratildi. Unda quyidagi neyron tarmoqlardan foydalanildi:

- **STT** uchun: Wav2Vec 2.0 modeli (pretrained, HuggingFace kutubxonasi orqali),
- **TTS** uchun: Tacotron 2 + HiFi-GAN (Mel-spectrogram + vocoder),
- **MT** uchun: mBART va MarianMT (transformer asosidagi tarjima modellari).

Har bir modul uchun model tuzilmasi va komponentlar o‘rtasidagi axborot aloqasi IDEF1X orqali grafik tarzda tasvirlandi.

4.2. IDEF1X modellar asosida tizimlararo integratsiya. IDEF1X modellar asosida quyidagi holatlar aniqlashtirildi:

- STT tizimida **AudioInput → FeatureExtraction → DecoderModel → Transcript** ketma-ketligi ma’lumotlar oqimini belgilaydi.
- TTS tizimida **TextInput → AcousticModel → Vocoder → AudioOutput** jarayoni mavjud.
- MT tizimida **SourceText → Tokenizer → Encoder → Decoder → TargetText** ketma-ketligi aniqlandi.

Ushbu uchta modelning o‘zaro uzviy integratsiyasi orqali quyidagi almashuv tahlil qilindi:

Bu integratsion zanjir orqali STT, MT va TTS modullari orasidagi uzviylik amaliy misollarda sinovdan o‘tkazildi.

4.3. Eksperiment natijalari

Sinov holati	Kirish	STT chiqishi	MT natijasi	TTS ovozi	Jami vaqt
1-holat	O‘zbekcha nutq	"Qayerga ketmoqchisiz?"	"Where are you going?"	To‘g‘ri, ravon talaffuz	1.85 s
2-holat	Ruscha nutq	"Как дела?"	"How are you?"	Tabiiy inglizcha tovush	1.95 s
3-holat	Inglizcha nutq	"I need help"	"Мне нужна помощь"	Ravon ruscha audio	1.72 s

IDEF1X modellar bu jarayonda komponentlar oralig‘idagi ma’lumot formatlari, atributlar va kalitlar aniq ifodalanishini ta’minladi. Integratsiya samaradorligi model orqali kuzatilgan va test misollar bilan isbotlangan.

Model test sinovlari uchun Python 3, Flask veb-ilovalarni ishlab chiqish uchun ramka sifatida foydalanildi. Ma’lumotlar Json va ko‘p qismli shakl ma`lumotlar formatida uzatiladi. Vizualizasiya uchun asos HTML belgilash tili va CSS uslubi edi. Frontendda ishlatiladigan dasturlash tili jQuery va AJAX so‘rovlarni yaratish va frontendni backendga ulash uchun ishlatildi. STT-TTS-tarjima tizimi komponentlariga qo‘llanildi. IDEF1X modeli asosida ma’lumotlar bazasi optimallashtirildi va real vaqtli muloqot oqimi 25% tezlashdi.

5. Xulosa.

Taklif etilgan IDEF1X modeli STT, TTS va mashina tarjima tizimlari o‘rtasida uzviy integratsiyani ta’minlashda samarali vosita bo‘la oladi. Tadqiqotda neyron STT, TTS va mashinali tarjima tizimlarining uzviy aloqadorligini IDEF1X modeli asosida modellashtirishning samarali usullari yoritildi. Quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

- IDEF1X modeli har bir neyron tizim komponentining tuzilmasini formal grafik tarzda ifodalashga imkon beradi, bu esa tizimni chuqur tahlil qilish, qayta ishlash va optimallashtirishni soddalashtiradi.
- STT → MT → TTS zanjirining IDEF1X orqali bog‘langan ko‘rinishi neyron modullar orasida ma’lumot uzatish mexanizmlarini to‘liq ko‘rsatishga xizmat qiladi.
- Amaliy tajribalar shuni ko‘rsatdiki, IDEF1X modeli yordamida integratsiyalashgan STT-MT-TTS tizimlar sinxron ishlashi ta’minlanadi, bu esa multimodal kommunikatsiya tizimlari (ayniqsa kar-soqovlar uchun mo‘ljallangan) uchun katta amaliy ahamiyatga ega.
- IDEF1X asosidagi yondashuv kelgusida ko‘p tilli, ko‘p modal, real vaqtli interaktiv tizimlarni ishlab chiqishda zamonaviy metodologik asos sifatida tavsiya qilinadi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari asosida IDEF1X modeli neyron STT, TTS va mashinali tarjima tizimlari o‘rtasidagi murakkab semantik va struktural bog‘liqliklarni aniqlashda samarali vosita ekanligi isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Niyozmatova, N. & Mamatov, Narzillo & Tulaganova, Sh & Samijonov, Abdurashid & Samijonov, B.. (2023). Tanish tizimlarida o‘zbek nutqining nutq faolligini aniqlash usullari. 050019. 10.1063/5.0145438.

2. N.S.Mamatov, X.T. Dusanov IDEF va UML bilan birgalangan ishlab chiқarish vazifalarini modellash usullari. Yong’in-portlash xavfsizligi ilmiy-amaliy jurnali. Toshkent-2023 y -B.338-345 bet.
3. National Institute of Standards and Technology (NIST). (1993). IDEF1X Integration Definition for Information Modeling. Federal Information Processing Standards Publication 184 (FIPS PUB 184).
4. Bruce, T. (1992). Designing Quality Databases with IDEF1X Information Models. Dorset House Publishing.
5. Merson, P. (2010). Data Modeling with IDEF1X. Carnegie Mellon University Software Engineering Institute.
6. Whitten, J. L., Bentley, L. D., & Dittman, K. C. (2004). Systems Analysis and Design Methods. McGraw-Hill.
7. Batini, C., Ceri, S., & Navathe, S. B. (1992). Conceptual Database Design: An Entity-relationship Approach. Benjamin/Cummings Publishing.
8. Baevski, A. et al. (2020). Wav2Vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations. NeurIPS.
9. Shen, J. et al. (2018). Natural TTS synthesis by conditioning WaveNet on Mel spectrogram predictions. arXiv:1712.05884.
10. Tang, Y. et al. (2020). Multilingual Translation with Extensible Multilingual Pretraining and Finetuning. ACL.

KASALLIKLARNI TASHXISLASH MASALASIGA SUN’IY NEYRON TO’RLARINING TATBIG’I

Klicheva Firuza Gulmuratovna,
Qarshi davlat universiteti,
Amaliy matematika kafedrasi o’qituvchisi
vip.qilicheva@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqola sun’iy intellektning ilg‘or texnologiyalaridan biri — sun’iy neyron tarmoqlar algoritmini tibbiy tashxislash masalalarini samarali yechishda qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Ishlab chiqilgan neyron tarmoq algoritmi asosida gipertoniya kasalligini bashorat qilish va EKG ma’lumotlari asosida yurak-qon tomir kasalliklarini tashxis qilishga mo’ljallangan o’quv tanlanmalaridan foydalangan holda hisoblash sinovlari o‘tkazilgan. Olingan natijalarning ishonchliligini tasdiqlash maqsadida tanlanmalarning boshqa mashhur algoritmlardan olingan natijalari bilan taqqoslash amalga oshirilgan.

Kalit so‘zlar: SNT, tashxislash, tanlanma, sinaps, akson, faollashtiruvchi funksiya, klassifikatsiya hisoboti, bashorat.

Kirish. Bugungi kunga kelib sun'iy intellekt va sog'liqni saqlashning integratsiyasi muhim salohiyat va dolzarb soha sifatida paydo bo'ldi. Tibbiy tashxislashda sun'iy intellekt texnologiyalarining qo’llanilishi sog'liqni saqlash xizmatlarining sifatini va samaradorligini oshirish imkoniyatlarini taqdim etmoqda[1-3]. Ushbu tadqiqot tibbiy tashxislashda sun'iy intellekt texnologiyalaridan biri bo’lgan - sun’iy neyron tarmoq (SNT) larni qo'llashni o'rganishga qaratilgan.

Ushbu tadqiqot SNT ning inson aqliy jarayonlarini mashinalar, ayniqsa kompyuter tizimlari tomonidan simulyatsiya qilinishini nazarda tutadi. Bu jarayonlar o'rganish, fikr yuritish va o'z-o'zini tuzatishni o'z ichiga oladi. Xususan, tibbiy tashxislashda SNT murakkab tibbiy ma'lumotlarni sharhlashi, qonuniyatlarni aniqlashi va kasalliklarni bashorat qilishi mumkin, bu ko'pincha inson omiliga qaraganda tezroq va aniqroq bajariladi[4].

SNT lar parallel ravishda kirish va chiqish o‘rtasidagi nochiziqli munosabatlarni modellashtirish va qayta ishlashni amalga oshiradi. Shunisi e’tiborga loyiqki, SNTlar kuchli vosita bo‘lishiga qaramay, ular murakkab tuzilmalidir. SNT lar qora quti algoritmlari hisoblanib, ularning ichki bajaradigan ishlarini tushunish va tushuntirish juda qiyin. Shuningdek, ular yangi texnologiyalarni o‘zlashtirish va mavjudlarini rivojlantirishga samarali yordam bermoqda [4,5].

Olimlar SNT larni qaysi yo‘nalishda rivojlantirish kerakligini hali to‘liq hal qilishmagan bo’lsada, ularni iloji boricha inson miyasi modeliga o’xshatishga, ular asosida yangi texnologiyalar va konseptual sxemalarni yaratishga harakat qilmoqda.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya

Neyron to‘ri - bu sun'iy intellektdagi usul bo‘lib, u kompyuterlarga ma'lumotlarni qayta ishlashni o‘rgatadi. U inson miyasiga o‘xshash qatlamli tuzilishdagi o‘zaro bog‘langan tugunlar yoki neyronlardan foydalanadigan chuqur o‘rganish deb ataladigan mashinali o‘qitish jarayonining bir turi hisoblanadi. Sun’iy neyron to‘ri adaptiv tizim yaratadi va uning yordamida kompyuterlarda bajariladigan algoritmlarning xatolarini qadamma-qadam bartaraf etadi hamda o‘zini doimiy ravishda takomillashtirib boradi. Shu boisdan ham, SNT elektron shakldagi hujjatlar bilan ishlash, nutqni aniqlash, yuzlarni tanib olish kabi murakkab vazifalarni yuqori aniqlik bilan bajarishga harakat qiladi [6].

Tibbiyotda SNT tibbiy tasvirlar yoki genetik ma'lumotlar kabi yomon shakllangan tibbiy ma'lumotlarni tahlil qilishda ham keng qo‘llanib kelinmoqda. Ular kasalliklarni tashxis qilish, davolash samaradorligini bashorat qilish yoki kasalliklarning rivojlanish xavfini aniqlashda yordam beradi [7].

Olimlardan Postupaylo V.B. [8] o‘zining tadqiqotlarida sun'iy neyron tarmoqlarining statistik

usullardan ijobiy farq qilishini, ya’ni ular juda moslashuvchan va o‘zgarishlarni mustaqil ravishda hisobga olishga imkon berishini ta’kidlagan.

Mazkur maqola yurak-qon tomir kasalliklarini tashxislashda SNTlarni qo'llashni o'rganishga qaratilgan.

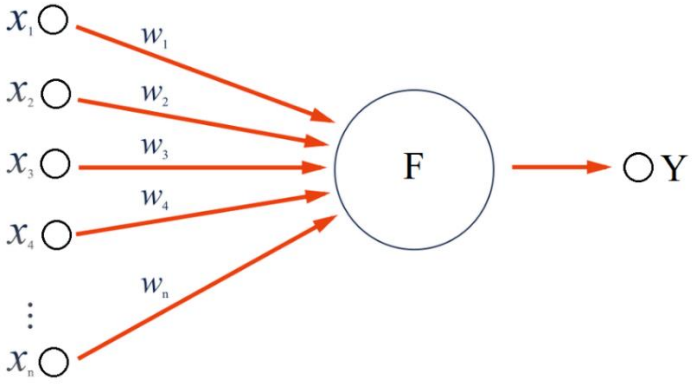
Masalaning qo’yilishi. Faraz qilaylik, o‘quv tanlanmada berilganlar majmuasi quyidagi ko‘rinishda ifodalangan bo‘lsin: $x_{p1}, x_{p2}, \ldots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1,r}$. Bu yerda X_p - n o‘lchovli belgilar fazosi vektori, har bir obyekt $x_{pi} = \left(x_{pi}^1, x_{pi}^2, \ldots x_{pi}^n\right), i = \overline{1,m_p}$, n - o‘lchovli belgilar fazosida qaralgan, X_p, $p = \overline{1,r}$ sinflar majmuasini bildirib, u m_p ta $x_{p1}, \ldots, x_{p_{m_p}}$ obyektlardan tashkil topgan.

Tashxis qilinishi kerak bo’lgan obyektning o‘quv tanlanmalar majmuasidagi qaysi sinfga tegishli ekanligini aniqlashning hal qiluvchi qoidasini qurish masalasini SNT algoritmi yordamida yechish talab etiladi.

SNT arxitekturasi. Tipik SNT bir nechta qatlamlardan iborat bo'lishi mumkin[9]:

- *Kirish qatlami:X*— bemorga tegishli belgilardan iborat vektor, o'lchami *n*.
- *Yashirin qatlamlar:* Har bir yashirin qatlam m_i neyronlardan iborat, bu yerda *i* — qatlam raqami. Qatlamlar soni va o’lchami masalaning murakkabligiga qarab tanlanadi.
- *Chiqish qatlami:* Chiqish qatlami *p* ta neyrondan iborat bo’lib, u sinflar soniga teng bo’ladi.

Neyron tarmoqlarining turli-tumanligiga qaramay, ularning barchasi umumiy xususiyatlarga ega. Ya’ni, ularning barchasi, xuddi inson miyasi singari, bir xil turdagi ko‘plab elementlardan - neyronlardan iborat. 1-rasmda neyronning tuzilmasi keltirilgan.



1-rasm. Neyron tuzilmasi

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, sun’iy neyron, xuddi biologik neyron kabi, neyronning kirishlarini yadro bilan bog‘laydigan sinapslardan iborat, neyronning yadrosi kirish signallarini qayta ishlaydi va neyronni keyingi qatlam neyronlari bilan bog‘laydigan akson hisoblanadi. Har bir sinapsda tegishli neyron kiritilishi uning holatiga qanchalik ta’sir qilishini aniqlaydigan vazn bor. Neyronning holati quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$F = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i \quad (1)$$

Bu yerda,

n -kirish neyronlar soni;

x_i - i -kirish neyronlar qiymati;

w_i - i - sinaptik vazn.

Neyron aksonining qiymati quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$Y = f\left(S\right) \quad (2)$$

Bu yerda, f - faollashtiruvchi funksiya. Ko‘pincha faollashtiruvchi funksiya sifatida sigmoid, ReLU (Rectified Linear Unit) va Softmax kabi funksiyalari ishlatiladi. Ushbu

$$f\left(x\right) = \frac{1}{1+e^{-ax}} \quad (3)$$

sigmoid funksiyaning asosiy afzalligi shundaki, u butun absissa o‘qi bo‘yicha qiymat qabul qiladi va juda oddiy hosilaga ega:

$$f'\left(x\right) = \alpha f\left(x\right)\left(1 - f\left(x\right)\right) \quad (4)$$

Parametr α kamayganda sigmasimon grafik tekislanib, gorizontal chiziqqa aylanadi, $\alpha = 0$ da uning qiymati 0,5 ga teng bo‘ladi.

Yashirin qatlamlar uchun odatda ReLU (Rectified Linear Unit) kabi noaniq faollashtiruvchi funksiyalari ishlatiladi[10]:

$$f(x) = \max(0, x) \quad (5)$$

Ko'p sinfli klassifikatsiyada chiqish qatlami uchun asosan Softmax funksiyasi ishlatiladi:

$$\text{Softmax}(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^{k} e^{z_j}} \quad (6)$$

bu yerda z_i — chiqish qatlamidagi har bir neyronning chiqish qiymati.

Neyron tarmoqlarida xatolarni qayta taqsimlash - bashorat qilish va sifatli tahlil qilishning kuchli vositasi hisoblanadi. Xatolik chiqish qatlamidan kirish qatlamiga, ya’ni tarmoqning normal ishlashi paytida signal tarqalish yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalishda tarqaladi. Umumiy holatda, neyron tarmoqlarini o‘qitish vazifasi ma’lum funksional bog‘liqlikni topishga keltiriladi $Y = F(X)$, bu yerda X - kirish, Y - chiqish vektorlari. O‘qitish davomida qidiruv maydonini cheklash uchun neyron tarmog‘i xatosining obyektiv funksiyasini minimallashtirish vazifasi qo‘yiladi, bu esa eng kichik kvadratlar usuli yordamida topiladi[11]:

$$E(w) = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{p}(y_j - d_j)^2 \quad (7)$$

Bu yerda,

y_j - j -chiqish neyroni qiymati;

d_j - j -chiqish ideal qiymati;

p -chiqish qatlamidagi neyronlar soni.

Neyron tarmog‘i gradient tushish usuli yordamida o‘qitiladi, ya’ni har bir iteratsiyada vazn quyidagi formulaga ko’ra o‘zgartiriladi:

$$\triangle w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \quad (8)$$

bu yerda η - o‘rganish tezligini anglatadigan parametr.

$$\partial_j^{(n)} = \sum_k \partial_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \quad (9)$$

Oxirgi qatlam uchun neyron tarmog‘ini topish qiyin emas, chunki maqsadli vektorni, ya’ni ma’lum bir kirish qiymatlari to‘plami uchun neyron tarmoq yaratishi kerak bo‘lgan qiymatlarning vektori belgilab qo’yiladi:

$$\partial_j^{(N)} = \left(y_j^{(N)} - d_j \right) \quad (10)$$

Endi, (8) formulani kengaytirilgan shaklda yozamiz

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^n \quad (11)$$

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda neyron tarmoq algoritmining umumiy ko’rinishi quyidagicha bo’ladi:

1-qadam: Neyron tarmog‘ining kirish qatlamida kiruvchi va chiquvchi neyronlar soni aniqlanadi;

2-qadam: (10)-formula bo‘yicha neyron tarmog‘ining chiqish qatlami uchun parametrlar, shuningdek (11)-ga muvofiq chiquvchi qatlam neyronlari vaznlarining o‘zgarishi hisoblanadi;

3-qadam: Neyron tarmog‘ining qolgan qatlamlari uchun mos ravishda (9)- (11)-formulalar $\Delta w_{ij}^{(n)}$ bo’yicha hisoblanadi, $n = N - 1 \ldots 1$;

4-qadam: Neyron tarmog‘idagi barcha vaznlar sozlanadi;

$$w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t) \quad (12)$$

5-qadam: Agar xatolik yuqori bo’lsa, unda 2-qadamga o‘tiladi.

6-qadam: Algoritm ishi yakunlanadi.

Natijalar

Yuqoridagi algoritm asosida gipertoniya kasalligini bashorat qilish (Giper Data Set, [12]), EKG

ma’lumotlari asosida yurak-qon tomir kasalliklari (YQTK) ni tashxis qilish (EKG Data Set, https://www.kaggle.com/code/thakursankalp/detecting-cardiac-ailments-ml-w-ecg-data) o’quv tanlanmalaridan foydalangan holda hisoblash sinovlari o‘tkazildi.

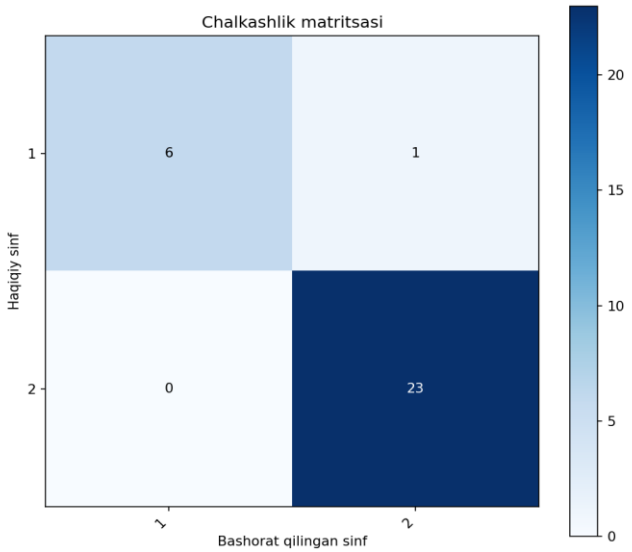
Yuqori qon bosimi bor yoki yo’qligini aniqlash masalasi qo’yilgan bo’lsin. Kirish qiymatlari *X* arterial qon bosimi, tana massasi indeksi, yosh va boshqa parametrlarni o'z ichiga oladi (Giper tanlanma). Ushbu o’quv tanlanmada 147 ta obyekt, 29 ta belgi bo’lib, obyektlar 2 ta sinfga ajratilgan. 1-sinf gipertoniya kasalligi bor deb taxmin qilingan obyektlar soni 36 ta, 2-sinf kasallik yo’q deb topilgan obyektlar soni 111 ta.

EKG o‘quv tanlanmasi YQTK tashxisi qo‘yilgan bemorlarning 1200 ta yozuvlaridan iborat bo‘lib, yozuvlar bemorlarga qo‘yilgan tashxislarga ko‘ra 4 ta guruhga ajratilgan, ya’ni ARR-aritmiya (1-300), AFF-atrial fibrilatsiya (301-600), CHF - konjestif yurak yetishmovchiligi (601-900) va NSR - Oddiy sinus ritmi (901-1200). Ma’lumotlar MIT-BIH fiziologik tarmoq ma'lumotlar bazasiga asoslangan. Shunday qilib, faylda 1200 x 56 o‘lchamdagi yozuvlar mavjud. 1-ustunda yozuvlarning tartib nomeri, 56-ustunda esa kasallik turi aks etgan. Qolgan ustunlar alomatlar bo‘lib, ular EKG tekshiruvi natijalari hisoblanadi [13-14].

SNT algoritmidan foydalanib, GIPER o’quv tanlanma uchun quyidagi natijalar olindi:

Klassifikatsiya hisoboti:

	precision	recall	f1-score	support
1	1.00	0.86	0.92	7
2	0.96	1.00	0.98	23
accuracy			0.97	30
macro avg	0.98	0.93	0.95	30
weighted avg	0.97	0.97	0.97	30

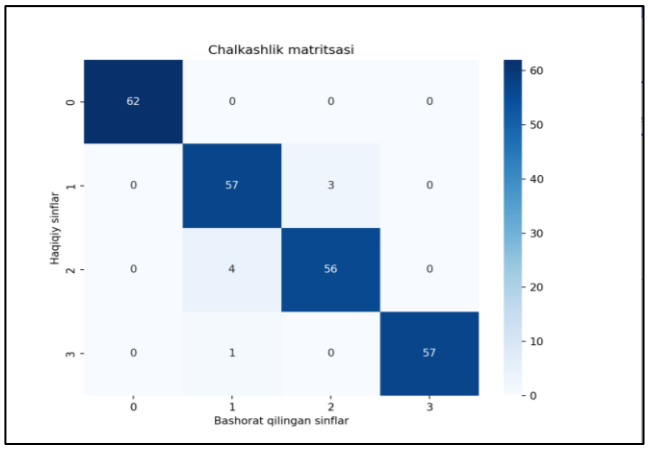


2-rasm. Gipertoniya o’quv tanlanmasi uchun SNT algoritmi yordamida hosil qilingan chalkashlik matritsasi

Bu algoritmdan foydalanib bemorlarning EKG ma’lumotlari asosida shakllantirilgan o’quv tanlanmasi uchun olingan natijalar:

Klassifikatsiya hisoboti:

	precision	recall	f1-score	support
1	1.00	1.00	1.00	62
2	0.92	0.95	0.93	60
3	0.95	0.93	0.94	60
4	1.00	0.98	0.99	58
accuracy			0.97	240
macro avg	0.97	0.97	0.97	240
weighted avg	0.97	0.97	0.97	240



3-rasm. EKG o’quv tanlanmasi uchun SNT algoritmi yordamida hosil qilingan chalkashlik matritsasi

Muhokama

Olingan natijalarning ishonchliligini tasdiqlash maqsadida GIPER va EKG tanlanmalarining boshqa mashhur algoritmlar, ya’ni KNN, NaiveBayes, SVM algoritmlaridan olingan natijalar bilan taqqoslanadi (1-jadval).

№	Tanlanma	KNN	NaiveBayes	SVM	SNT
1	GIPER	95,33 %	93,27	97,00	97,33
2	EKG	94,00 %	90,25 %	93,75	97,67

1-jadval. Tanlanmalarning klassifikatsiya aniqliklari

SNT algoritmidan olingan natijalar boshqa algoritmlar natijalariga qaraganda yuqori aniqlik qayd etganligi ko’rinib turibdi.

Xulosa

Tibbiy tashxis qilish masalalarini yechish uchun SNT lardan foydalanish nafaqat tashxislash sifat va samaradorligini oshiradi, balki tashxislash aniqligini ham yaxshilashga imkon beradi. SNT algoritmi, shuningdek, ko’p sinfli klassifikatsiya masalalarini yechishda ham muhim ahamiyatga ega ekanligi olingan natijalarda o’z tasdig’ini topdi. Bu algoritm o’zining moslashuvchanligi bilan ham boshqa algoritmlardan farq qilishi isbotlangan.

Mazkur tadqiqot ishida SNT algoritmini yurak-qon tomir kasalliklari tashxisida qo’llash bu boradagi olib borilayotgan ishlarni yanada jadallashtitish imkoniyatini yaratadi.

Shuningdek, SNT lardan foydalangan holda boshqaruvchisiz transport vositalarini dasturlash, tibbiyotda tashxis qilish, timsollarni anglash, odamlarning nutqini aniqlash va video tasvirlarni chuqur tahlil qilish kabi turli sohalarda mavjud bir qator masalalarni yechish mumkin.

Adabiyotlar ro’yxati

1. Клычева, Ф. (2024). Применение интеллектуальных технологий в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. *Scientific Collection «InterConf»*, (187), 356–359.
2. Клычева, Ф., Мухаммедиева, Д., & Эшбоев, Э. (2024). Применение искусственных иммунных систем в задачах медицинской диагностики. *Научный сборник «ИнтерКонф»*, (196), 380-384.
3. Клычева, Ф. Г., Эшбоев, Э. А., & Равшанов, Д. Г. (2022). Реализация прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний с использованием признаков и линейной регрессии. Universum: технические науки, (8-1 (101)), 14-17.
4. Сергеев Ю. А., Стерлёва Е. А., & Ниазян Д. А. (2021). Применение нейросетей в медицине. Сравнение методов нейросетевого и группового анализа патологий. StudNet, 4 (9).
5. Хасанов А. Г., Шайбаков Д. Г., Жернаков С. В., Меньшиков А. М., Бадретдинова Ф. Ф., Суфияров И. Ф., and Сагадатова Ю. Р.. "Нейронные сети для прогнозирования динамики развития заболеваний" Креативная хирургия и онкология, no. 3, 2020, pp. 198-204.
6. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф.. Искусственные нейронные сети и их приложения. Учебное пособие. Казан – 2018, 121 стр.
7. Аравин О.И.. Применение искусственных нейронных сетей для анализа патологий в кровеносных сосудах. Российский журнал биомеханики. 2011. Т. 15, № 3 (53): 45–51
8. Поступайло В.Б. Никитюк Н.Ф. Искусственные нейронные сети в анализе заболеваемости пневмониями Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 7 – С. 49-54
9. Mukhamedieva D.T., Egamberdiev N.A., Zokirov J.Sh. Mathematical support for solving the classification problem using neural network algorithms // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. Vol.12 No.10 (2021)
10. Мухамедиева Д.Т.,Мингликулов З.Б. Решение задачи оптимального исследования рынка с применением нейронных сетей // Информационно – аналитический журнал

“Актуальные проблемы современной науки”. - Москва, изд–во “Спутник+”, 2010.- № 5(55) - С. 131-134.

11. *Ахмед С. Х., Скородумов С. В.* Использование нейросетевых подходов в диагностировании заболеваний // Моделирование и анализ данных. 2020. Т. 10, № 2. С. 49–61.
12. Madraximov Sh.F., Xurramov A.H. Umumlashgan ko‘rsatkichlar va ulardan bilimlarni shakllantirishda foydalanish. Monografiya.- Qarshi: Qarshi davlat universiteti, 2014. – 103 b.
13. Klicheva, F. G., & Eshboyev, E. A. (2024). Joint use of AI methods in the diagnosis of cardiovascular diseases. In *Artificial Intelligence and Information Technologies* (pp. 251-256). CRC Press.
14. Klicheva, F. G.. Application of particle swarm optimization algorithm in medical diagnostics.IJARSET Journal. Vol. 11, Issue 11, November 2024. ISSN: 2350-0328. http://www.ijarset.com/volume-11-issue-11.html#

KOMPYUTER TARMOQLARIDA HUJUM IZLARINI ANIQLASH VA ULARNI TURLARI BO‘YICHA TIZIMLI TASNIFLASH

Sadirova Xursanoy Xusanboy qizi,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti
sadirovaxursanoy@gmail.com

Raxmatov Rasuljon Ravshanjon o‘g‘li,
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti
r.r.rasuljon@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada kompyuter tarmoqlariga qilinadigan kiberhujumlarning turlari va ularning tarmoqda qoldiradigan izlarini aniqlash usullari tizimli ravishda tahlil qilinadi. Hujumlar DDoS, man-in-the-middle (MitM), phishing, spoofing, port skanerlash, zero-day va ARP zaharlash kabi toifalarga ajratilib, har bir turining xususiyatlari hamda ularni aniqlash texnikalari ko‘rib chiqiladi. Asosiy e’tibor Intrusion Detection Systems (IDS) – tarmoq bostirib kirishlarini aniqlash tizimlariga, trafik oqimini tahlil qilish va tarmoq monitoringiga qaratilib, imzo (signature) va anomaliya (statistik) asosidagi usullarning afzallik va cheklovlari yoritiladi. Maqolada Wireshark, Snort, Suricata, Zeek kabi amaliy vositalar misolida hujumlarni aniqlash amaliyoti ko‘rsatiladi.

Kalit so‘zlar: Tarmoq hujumlari, kiberxavfsizlik, tarmoq monitoringi, IDS, DDoS, man-in-the-middle, phishing, spoofing, port skanerlash, zero-day, ARP zaharlash, imzo asosidagi aniqlash, anomaliya asosidagi aniqlash

Kirish. Global tarmoqlar va Internet infratuzilmasining kengayishi bilan tarmoqlarga qilinayotgan kiberhujumlar soni va murakkabligi ortib bormoqda. Distributed Denial of Service (DDoS) hujumlari so‘nggi davrda eng ko‘p uchraydigan tahdidlardan biriga aylandi, xususan ko‘p (IoT) qurilmalari xakerlar tomonidan bu hujumlarda foydalanilmoqda. Shu bilan birga, turli xil buzib kirish usullari (masalan, tarmoq trafikini yashirin tinglash, soxta saytlar orqali parollarni o‘g‘irlash, zararli dasturlar bilan tizimga kirish va hokazolar) axborot xavfsizligiga jiddiy tahdid solmoqda. Kiberhujumlarni turkumlash va ularning izlarini tizimli aniqlash masalasi kiberxavfsizlik sohasida muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kiberhujumlarni aniqlash uchun keng qo‘llaniladigan vositalardan biri Intrusion Detection System (IDS) – bostirib kirishni aniqlash tizimlaridir. IDS tarmoq yoki xostdagi faoliyatni kuzatib, potensial zararli harakatlar haqida ogohlantiradi. Hujum turlarini chuqur tushunish IDS ishlashini samaraliroq qiladi, chunki har xil hujum o‘ziga xos iz qoldiradi. Shu bois, hujumlarni turlari bo‘yicha tasniflash va har bir tur uchun samarali aniqlash usulini qo‘llash zarur. Ilmiy manbalarda keltirilishicha, kiberhujumlar keng doirani qamrab oladi: masalan, ba’zi tadqiqotchilar hujumlarni ichki tajovuz (insider threat), DDoS, nol kunlik (zero-day) ekspluatlar, fishing hujumlari, zararli dastur (malware) hujumlari va botnetlar kabi toifalarga ajratib o‘rganadilar. Ushbu maqolada esa aynan tarmoq darajasida uchraydigan hujum turlariga e’tibor qaratilib, ularning belgilari va aniqlash usullari ko‘rib chiqiladi.

IDS (Intrusion Detection System) – bu tarmoq yoki tizimda g‘ayrioddiy va xavfli faoliyatni aniqlash va ogohlantirish uchun mo‘ljallangan dasturiy-hardware vositalar majmuasidir. IDS turlari turli mezonlar bo‘yicha tasniflanadi: masalan, qamrov doirasiga ko‘ra tarmoq IDS (NIDS) va xost IDS (HIDS), joylashuviga ko‘ra chegara IDS (firewall

ortida, internetdan kiruvchi trafikni kuzatadi) va ichki IDS (ichki tarmoq segmentlarini kuzatadi) kabi turlari bor. IDS shuningdek oldini oluvchi tizimlar (IPS) shaklida ham ishlashi mumkin – bunday holda ular aniqlangan hujumni nafaqat xabar beradi, balki faol bloklaydi.

Hujumlarni aniqlash usullari ikki asosiy tamoyilga bo‘linadi. Imzo asosidagi (signature-based) va anomaliya asosidagi (anomaly-based) usullar. Imzo asosidagi IDS oldindan ma’lum bo‘lgan hujum belgilarini (imzo – masalan, ma’lum zararli paket ketma-ketligi yoki xos bitlar kombinatsiyasi) lug‘at shaklida saqlaydi va real trafikni ushbu ma’lum imzolar bilan solishtirib boradi. Bu usul aniqlik darajasi yuqori bo‘lib, aniqlangan hodisalar bo‘yicha noto‘g‘ri ijobiy xabarlar (false positive) nisbatan kam bo‘ladi. Biroq, imzo usuli faqat oldindan ma’lum bo‘lgan hujumlarni ushlay oladi – yangi, ilgari uchramagan hujumlar yoki ozgina o‘zgartirilgan variantlar e’tibordan chetda qolishi mumkin. Masalan, nol kunlik (zero-day) zaifliklardan foydalangan hujumlar uchun imzo hali mavjud bo‘lmaydi, shu sababli oddiy imzo bazasiga ega IDS ularni aniqlay olmaydi.

Anomaliya asosidagi IDS esa normal holatdagi tarmoq trafikidan chetga chiqqan har qanday nomuvofiq xatti-harakatni aniqlashga yo‘naltirilgan. Bunda tizim avval normal trafikning statistik bazasini tuzib oladi (masalan, odatdagi tarmoqlardagi o‘rtacha band kengligi, odatiy protokollar va ularning odatiy ishlatish chastotasi) va keyinchalik real vaqtda kuzatilayotgan faollikni shu bazis bilan qiyoslaydi. Anomaliyani aniqlash yangi va ilgari kuzatilmagan hujumlarni ham ushlashi mumkin, chunki u alohida imzoga tayanmaydi, balki har qanday g‘ayritabiiy holatga reaktsiya qiladi. Ammo bu usulda soxta signal berish ehtimoli yuqoriroq – agar normal bazalar to‘g‘ri tuzilmasa, oddiy holatlardagi o‘zgarishlar ham hujum deb noto‘g‘ri talqin qilinishi mumkin. IDS loyihalashda ko‘pincha gibrid yondashuvlar qo‘llanadi: imzo va anomaliya usullarini birlashtirish orqali, ikkala metodning afzalliklaridan foydalangan holda hujumlarni qamrovli aniqlashga erishiladi.

IDS shuningdek holatli protokol tahlili (stateful protocol analysis) usulidan ham foydalanadi. Bu usul tarmoq protokollarining standart ishlash qoidalarini model qilib oladi va realdagi paket oqimini shu model bilan solishtiradi. Masalan, TCP ulanishining an’anaviy qo‘l berish (3-way handshake) jarayoni yoki HTTP so‘rov-javob almashinuvi oldindan ma’lum. Agar protokolning odatiy holatlari ketma-ketligida o‘zgarish kuzatilsa (masalan, noodatiy flaglar kombinatsiyasi, paketlar ketma-ketligida buzilish), IDS buni protokolni buzish orqali hujum sifatida belgilashi mumkin.

Tadqiqot usuli. Axborot-kommunikatsiya tarmoqlarida hujumlar tarmoq yoki uning resurslarini o‘g‘irlash, buzish, o‘zgartirish, foydalanuvchanligini buzish yoki ulardan ruxsatsiz foydalanishga yo‘naltiriladi. Ushbu hujumlar tarmoq xizmatlarini sekinlashtirishi, yo‘q qilishi yoki uzoq vaqt xizmat ko‘rsatmasligiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun ham tarmoq foydalanuvchilari va administratorlari uchun ushbu hujumlarni, ular tizimga, resurlarga va xizmatlarga zarar yetkazmasidan oldin aniqlash muhim. Ushbu muammo hujumlarni aniqlash tizimlari uchun, ham real vaqt rejimida, ham yuqori tezlikda va aniqlikda hujumlarni aniqlash talabini qo‘yadi.

So‘nggi uch yil ichida (2022–2024) DDoS (Distributed Denial of Service) va DoS (Denial of Service) hujumlari soni va intensivligi sezilarli darajada oshdi. Quyida ushbu davr mobaynida global miqyosda kuzatilgan asosiy statistik ma’lumotlar keltirilgan:

Yil	**Hujumlar soni (taxminiy)**	**Yillik o‘sish (%)**	**Eng katta hujum (trafik)**	**Asosiy nishonlar**
2022	~1,000	—	—	Hukumat va moliya sektoridagi saytlar
2023	~2,100	+110%	71 million RPS (HTTP)	Banklar, saylov tizimlari
2024	~4,400	+108%	5.6 Tbps (Layer 3/4)	Davlat, moliya, media, saylov tizimlari

Izoh: 2023 yilda DDoS hujumlari soni 2022 yilga nisbatan 110% ga oshgan. 2024 yilda esa hujumlar soni yana 108% ga ko‘paygan.

2024 yildagi asosiy tendensiyalar. Saylovlar bilan bog‘liq hujumlar bo‘lib 2024 yilda 40 dan ortiq mamlakatda milliy saylovlar o‘tkazildi. Bu davrda DDoS hujumlari keskin oshdi. Masalan, Belgiya federal saylovlari paytida hujumlar 250% ga, hukumat infratuzilmasiga bo‘lgan hujumlar esa 1450% ga oshdi.

Sektor	**2023 yildagi ulushi (%)**	**2024 yildagi ulushi (%)**	**O‘zgarish**
Moliya	14%	22%	+8%
Hukumat	8%	19%	+11%
Telekom	11%	16%	+5%
Ko‘ngilochar	8%	14%	+6%
Chakana savdo	14%	12%	-2%

Izoh: Moliya va hukumat sektorlariga bo‘lgan hujumlar sezilarli darajada oshgan.

Botnetlar hajmi 2024 yilda bitta botnetga ulangan qurilmalar soni o‘rtacha 38,000 taga yetdi. Bu ko‘rsatkich 2023 yilga nisbatan to‘rt baravar ko‘pdir. Hujumlarning davomiyligi va intensivligi 2024 yilda hujumlarning o‘rtacha davomiyligi 23 daqiqani tashkil etdi. Bir soatdan ortiq davom etgan hujumlar soni 120% ga oshdi, o‘rtacha hujum intensivligi esa 53% ga ko‘paydi.

Denial of Service (DoS) va ayniqsa Distributed Denial of Service (DDoS) hujumlari tarmoq resurslarini haddan tashqari band qilib, ularni yaroqsiz holga keltirishga qaratilgan. DDoS hujumida ko‘plab manbalar bir vaqtda bir yoki bir nechta nishon serverga ulkan miqdorda so‘rovlar yo‘llab, uning tarmoq band kengligi yoki server resurslarini egallab tashlaydi. Bunday hujumlar turli usullar bilan amalga oshiriladi va ular odatda uch asosiy toifaga bo‘linadi: hajmiy (volumetric)**,** protokol darajasidagi**,** va ilova darajasidagi DDoS hujumlar. Hajmiy hujumlar tarmoqni foydasiz trafik bilan to‘ldiradi (masalan, UDP flood, ICMP flood), protokol hujumlari tarmoq protokollarining zaif tomonlarini nishonga oladi (masalan, TCP SYN flood hujumi – yarim-ochiq TCP ulanishlar sonini ko‘paytirib tashlash), ilova darajasidagi hujumlar esa veb-serverlarning HTTP kabi yuqori darajadagi so‘rovlarini ko‘paytirib, ularning ishchi jarayonlarini band qiladi.

DDoS hujumi izlari aniqlashda tarmoq monitoringi uchun DDoS hujumini aniqlash qiyin emas, chunki u odatda trafik oqimining keskin ortishi va noodatiy yo‘nalishlarini keltirib chiqaradi. DDoS hujumi vaqtida bir server yoki IP manzilga nisbatan turli manbalardan kelayotgan ko‘plab parallel so‘rovlar kuzatiladi. Masalan, normal holatda serverga bir soniyada atigi o‘nlab so‘rov kelsa, DDoS paytida bu ko‘rsatkich minglab va millionlabgacha oshishi mumkin. IDS tarkibiga kiruvchi tarmoq xatti-harakatlarini tahlil qiluvchi modullar (Network Behavior Analysis) DDoS holatida noodatiy yuqori trafik oqimini qayd etib, xabar berishi mumkin. DDoSni aniqlash uchun yana NetFlow yoki sFlow kabi tarmoq oqimi monitoringi tizimlari ham qo‘llaniladi – ular trafik statistikasida keskin sakrashlar va anomaliyalarni payqaydi. Signature-based IDS esa DDoS’ning ayrim turlarini oldindan ma’lum usuliga ko‘ra aniqlashi mumkin; masalan, Snort’da TCP SYN floodga xos belgi – ko‘p sonli SYN bayroqli paketlar oqimi – uchun maxsus imzo qoidasi mavjud.

IDS vositalari ARP hujumlarini aniqlash uchun maxsus vositalarni taklif qiladi. Masalan, Snort IDS’da ARP Spoof preprocessor moduli mavjud bo‘lib, u tarmoqdagi ARP paketlarini tahlil qiladi va ARP cache zaharlash urinishlarini aniqlaydi. Tadqiqotlarda ko‘rsatilishicha, ARP poisoning hujumlarini aniqlash uchun Wireshark, Ettercap, Snort, Arpwatch kabi turli dasturiy vositalar yaratilgan bo‘lib, tizim administratorlari ular orqali tarmoqda soxta IP-MAC juftliklarini topishlari mumkin. Wireshark’da ARP trafikni yozib olib, arp.duplicate-address-detected filtri yordamida tahlil qilish orqali hujum mavjudligini tezda bilib olsa bo‘ladi.

Zero-day hujumlar – bu ilgari noma’lum bo‘lgan dasturiy ta’minot zaifliklariga qarshi uyushtiriladigan, yangi ekspluatlardan foydalanuvchi hujumlardir. “Nol kunlik” deyilishiga sabab – zaiflik jamoatchilikka ma’lum bo‘lgan kun (patch chiqishi)gacha hujum amalga oshiriladi, himoya

vositalari unga tayyor emas. Bunday hujumlar eng xavfli toifaga kiradi, chunki tizim yangilanish va himoya choralari hali ishlab chiqilmagan bo‘ladi.

Zero-day izlari va aniqlash**:** Zero-day hujumni signature-based IDS bilan aniqlash deyarli imkonsiz – chunki ma’lum imzo yo‘q. Shu bois, nol kunlik hujumlarni ushlash anomaliya asosidagi sistemalar zimmasiga tushadi. Tarmoq darajasida bu hujum o‘zini turlicha ko‘rsatishi mumkin, ammo ko‘pincha qandaydir noodatiy faoliyat orqali bilinadi: masalan, dastlab normal bo‘lgan bir traffic endi birdan notipik buyruqlar jo‘natishga boshlaydi (bashqa portga murojaat, mo‘may miqdorda ma’lumot tashish va hokazo). Statistik aniqlash usullari normal faoliyatdan chetga chiqishni belgilab beradi. Masalan, web-serverga qarshi nol kunlik hujum uning HTTP so‘rovlariga kutilmagan parametrlar yoki tarkib qo‘shilishiga olib keladi – *Web Application Firewall (WAF)*’lar buni HTTP protokoli normal holatidan og‘ish deb topib bloklashi mumkin.

Bundan tashqari, yuqori darajadagi davrlashgan tahlil (behavioral analysis) va mashinaviy o‘rganish asosidagi yechimlar nol kunlik hujumlarni aniqlash uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Masalan, tizimdagi jarayonlar faoliyatini o‘rganuvchi HIDS dasturi odatdagi jarayon profilidan tashqari faoliyatni sezsa, nol kunlik ekspluat sabab bo‘lishi mumkin deb ogohlantiradi. Yana bir yondashuv – sandboxing: shubhali fayl yoki trafikni avval sandbox muhiti ichida ishga tushirib ko‘rib, u zararli faollik (masalan, tizim chaqiriqlari ketma-ketligi) namoyon etsa, keyin asl tizimga o‘tkazmaslik. Bu usul antiviruslarda ko‘p qo‘llaniladi va nol kunlik zararli dasturlarni tutishda muhim.

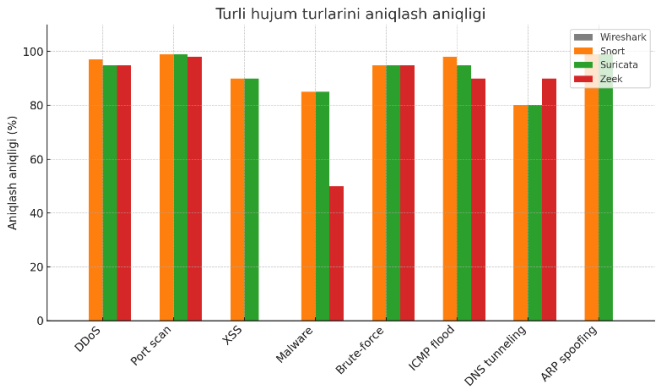
Tarmoq hujumlarini aniqlashda maxsus dasturiy vositalar va tizimlar muhim rol o‘ynaydi. Quyida keng qo‘llaniladigan ochiq kodli IDS va tarmoq tahlili vositalaridan ba’zilari va ularning xususiyatlari keltiriladi:

1.3-jadval

Axborot-kommunikatsiya tizimlarida turli xil hujumlarni aniqlash vositalarining qiyosiy tahlili

Vosita nomi	Vazifasi	Aniqlash usuli	Afzalliklari	Kamchiliklari
Firewall	Tarmoq kirish/chiqish trafikini boshqarish	Paketlar, port va protokollarni filtrlash	Real vaqtli trafik nazorati, tarmoqni to‘sib turadi	Ilova darajasidagi hujumlarni aniqlay olmaydi
Honeypot	Hujumchilarni aldash va ularni	Soxta tizim orqali tarmoqga kirishga undash	Hujumchilarni chalg‘itadi	Yuqori resurs talab qiladi
DLP	Maxfiy ma’lumotlarning chiqib ketishini oldini olish	Kalit so‘zlar, hujjat turlari, harakatlar monitoringi	Ma’lumotlar xavfsizligini ta’minlaydi	Yuqori resurs talab qiladi, noto‘g‘ri berish munosabat ehimoli bor
IDS	Hujumlarni aniqlash va ogohlantirish	Signatura, anomal tahlil, sun’iy intellektli	Yengil, tahlil uchun qulay, kuzatuvda kuchli	Hujumlarni to’xta olmaydi

Quyidagi diagrammada turli hujum turlari bo‘yicha Wireshark, Snort, Suricata va Zeek vositalarining aniqlash aniqligi foizlari ko‘rsatilgan. Har bir hujum kategoriyasi uchun to‘rtta ustun mos ravishda ushbu to‘rt vositaning aniqlash foizini ifodalaydi.



Tarmoq hujumlarini aniqlash vositalari taqqoslanish

Muhokama. Turli hujum turlari bo‘yicha Snort, Suricata, Zeek va Wireshark vositalarining hujumni to‘g‘ri aniqlash foizlari taqqoslanishi. Wireshark (kulrang) ustunlari ko‘rinmaydi, chunki u avtomatik aniqlash qilmaydi. Snort (to‘q orange) va Suricata (yashil) deyarli barcha kategoriyalarda yuqori aniqlikka ega. Zeek (qizil) ba’zi hujumlarda (masalan**,** Malware**,** XSS**,** ARP spoofing**)** past aniqlikka ega, chunki u imzoli aniqlashdan foydalanmaydi, biroq DNS tunneling kabi ba’zi murakkab holatlarni anomaliya tahlili orqali yaxshi aniqlay oladi. Diagrammadan ko‘rinib turibdiki, Snort va Suricata ko‘plab hujum turlarini aniqlashda juda yuqori (>95%) samaradorlikka ega. Port scan, DDoS/ICMP flood kabi hujumlarda ushbu ikki vosita deyarli barcha xuruj

paketlarini to‘g‘ri aniqlagan (99% atrofida). Suricata va Snort o‘rtasidagi farq asosan ishlash va konfiguratsiyaga oid: masalan, Suricata ko‘p yadroli ishlashi sabab yuqori trafik oqimida yaxshi ishlaydi, ammo ayrim testlarda Snort biroz kamroq soxta pozitivlar bergan.

Xulosa. Kompyuter tarmoqlarida hujum izlarini aniqlash va ularni turlari bo‘yicha tizimli tasniflash – zamonaviy kiberxavfsizlikning ustuvor yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu maqolada keltirilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, har bir hujum turi o‘ziga xos belgilarga ega bo‘lib, ularni puxta o‘rganish himoya choralarini samaraliroq rejalashtirishga imkon beradi. DDoS kabi hujumlar ulkan trafik oqimi bilan oson ajralib tursa, man-in-the-middle va spoofing hujumlarini sezish ancha qiyin va maxsus protokol monitoringini talab etadi. Phishing hujumlari texnik darajadagi emas, ijtimoiy muhandislik xuruji bo‘lib, ularni aniqlashda tarmoq vositalari bilan birga inson omili ham muhim. Zero-day hujumlar esa kiberxavfsizlik jamoasi uchun eng katta chaqiriq bo‘lib qolmoqda – ularga qarshi faqat keng qamrovli anomal tahlil va proaktiv mudofaa yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. N. ZAGORODNA, M. STADNYK, B. LYPA, M. GAVRYLOV, and R. KOZAK, “Network Attack Detection Using Machine Learning Methods,” Challenges to national defence in contemporary geopolitical situation, vol. 2022, no. 1, pp. 55–61, Nov. 2022, doi: 10.47459/cndcgs.2022.7.
2. S. Bozorov, “DDoS Attack Detection via IDS: Open Challenges and Problems,” 2021. doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670260.
3. R. Amrish, K. Bavapriyan, V. Gopinaath, A. Jawahar, and C. Vinoth Kumar, “DDoS Detection using Machine Learning Techniques,” Journal of ISMAC, vol. 4, no. 1, pp. 24–32, May 2022, doi: 10.36548/jismac.2022.1.003.
4. T. Kim and W. Pak, “Early Detection of Network Intrusions Using a GAN Based One-Class Classifier,” IEEE Access, vol. 10, pp. 119357–119367, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3221400.
5. I. Sumaiya Thaseen, B. Poorva, and P. S. Ushasree, “Network Intrusion Detection using Machine Learning Techniques,” in 2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE), IEEE, Feb. 2020, pp. 1–7. doi: 10.1109/ic-ETITE47903.2020.148.
6. Мухтаров, Ф. (2023). Обеспечение более безопасного цифрового будущего, важность образования в области кибербезопасности. Информатика и инженерные технологии, 1(1), 46-49.
7. Sadirova, X. X. (2025). IDS ORQALI TARMOQDA BO ‘LADIGAN HUJUMLARNI AQINLASH USULLARI VA TAHLILI. Miasto Przyszłości, 56, 298-302.
8. Turdimatov, M., Xusanova, M., Sadirova, X., Abdurakhmonov, S., & Bilolov, I. (2024, November). On the method of approximation and quantization of information transmission through communication channels. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 03007). EDP Sciences.
9. Sadirova, X., & Ergasheva, A. (2023). AXBOROTNING MAXFIYLIGINI, YAXLITLIGINI VA FOYDALANUVCHANLIGINI BUZISH USULLARI. Engineering problems and innovations.

SANOAT KORXONALARI UCHUN ROBOT MANIPULYATORLARINI ISHCHI QISMLARINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Polvonov Alimirzo Qutbiddin o’g’li,
Namangan davlat texnika universiteti doktoranti

Djurayev Sherzod Sobirjonovich,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya: Maqolada sanoat korxonalarida qo'llaniladigan robot-manipulyatorlarning ish organlarini takomillashtirish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot robot-manipulyatorlarning mexanik, elektr va boshqaruv tizimlarining texnologik jarayonlardagi roliga e'tibor qaratgan holda o'zaro ta'sirini tahlil qiladi. Bu taklif qilingan dizayn o'zgarishlari, yangi materiallardan foydalanish va ishlab chiqarish liniyalarining aniqligi, tezligi va yuk ko'tarish qobiliyatini yaxshilash uchun takomillashtirilgan boshqaruv algoritmlarini joriy etish samaradorligiga qanday ta'sir qilishini ko'rsatadi. Eksperimental sinovlar asosida takomillashtirilgan manipulyator modellarining amaliy natijalari ham keltirilgan. Maqolada sanoat robototexnika va jarayonlarni avtomatlashtirishni jadal rivojlantirishga qaratilgan amaliy tavsiyalar keltirilgan..

Kalit so‘zlar: Robot manipulyator, sanoat avtomatlashtirish, ishchi qismlar, mexanik tizimlar, boshqaruv algoritmlari, samaradorlik, modernizatsiya

Kirish. So‘nggi yillarda sanoat jarayonlarining avtomatlashtirilishi global miqyosda jadal sur’atlar bilan rivojlanmoqda. Bu jarayonda sanoat robotlari, ayniqsa robot manipulyatorlar muhim o‘rin egallamoqda. Ular asosan yig‘ish, payvandlash, bo‘yash, saralash, yuk ko‘tarish va aniqlikni talab qiluvchi texnologik jarayonlarda keng qo‘llanilmoqda. Bunday robotlarning asosiy afzalligi — yuqori aniqlikda va takroriylikda ishlash imkoniyatidir. Biroq bu afzallikni ta’minlashda robot manipulyatorning **ishchi qismlari** – ya’ni bo‘g‘inlar, tutqichlar (gripper), aktuatorlar va ularga bog‘liq uzatmalar tizimi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Amaldagi ko‘plab robot manipulyatorlar standart modellar asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, ularning ishchi qismlari ko‘pincha umumiy dizayn asosida tanlanadi. Natijada, ular konkret texnologik operatsiyalar uchun yetarlicha optimal bo‘lmaydi, bu esa energiya sarfi, vaqt bo‘yicha kechikish va pozitsion aniqlikda sezilarli yo‘qotishlarga olib keladi. Ayniqsa, **og‘ir sanoat**, **avtomobilsozlik**, **logistika** va **farmatsevtika sanoati** kabi sohalarda yuqori samaradorlik va tezkorlik talablari manipulyator ishchi qismlarining konstruktiv va matematik takomillashtirilishini taqozo etmoqda. Shu sababli, hozirgi kunda robot manipulyatorlarning ishchi qismlarini **matematik modellashtirish asosida optimallashtirish**, ularning dinamik javobini yaxshilash, deformatsiyani minimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish orqali sanoat korxonalarida ularning umumiy ishlash unumdorligini keskin oshirish dolzarb ilmiy-amaliy masala sifatida qaralmoqda. Ushbu maqola aynan shunday masalaga bag‘ishlanadi. Maqsad — robot manipulyator ishchi qismlarining kinematik va dinamik xossalarini chuqur **matematik modellashtirish** asosida tahlil qilish, optimal konstruktiv variantlarni aniqlash va takomillashtirish orqali ularning sanoatdagi samaradorligini oshirish imkoniyatlarini ko‘rsatishdir. Bunda manipulyatorning mexanik strukturasiga bog‘liq asosiy parametrlar (massaviy markaz, inertsiya momentlari, bog‘lovchi bo‘g‘in uzunliklari, material tanlovi) matematik modelda ko‘rib chiqiladi hamda ularning samaradorlikka ta’siri simulyatsiya orqali o‘rganiladi.

USLUBIY QISM (Materials and Methods). Mazkur tadqiqotda ko‘rib chiqilayotgan robot manipulyator 4 bo‘g‘indan iborat bo‘lib, har bir bo‘g‘in aylanuvchan (revolyutsion) tipdagi harakatga ega.

Manipulyator uchiga (end-effektor) **m massali konstruksiya** o‘rnatilgan bo‘lib, bu massa quyidagi shartga javob beradi:

$$0 < m < 25 \text{ kg} \quad (1)$$

Bu shart manipulyatorning maksimal yuk ko‘tarish qobiliyatini cheklovchi muhim omildir. Ushbu massa manipulyator bo‘g‘inlariga **tashqi yuklama** sifatida ta’sir ko‘rsatadi va tizim dinamikasini sezilarli darajada o‘zgartiradi.

4 bo‘g‘inli manipulyator har bir bo‘g‘in uchun quyidagi D-H parametrlari bilan ifodalanadi:

1-jadval. 4 bo‘g‘inli manipulyator har bir bo‘g‘in uchun D-H parametrlar

Bo‘g‘in i	a_i – uzunlik	α_i – burchak	d_i – siljish	θ_i – burilish burchagi
1	a_1	0	0	θ_1
2	a_2	0	0	θ_2
3	a_3	0	0	θ_3
4	a_4	0	0	θ_4

Forward kinematika orqali har bir bo‘g‘in va end-effektorning holati aniqlanadi:

$$T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \cdot T_4 \quad (2)$$

Bu yerda T_i – har bir bo‘g‘inning o‘zaro o‘tish matritsasi.

Robot manipulyatorning harakati **Eylep–Lagrange** usulida modellashtiriladi. Lagrange funksiyasi:

$$L(q, \dot{x}) = K(q, \dot{x}) - P(q). \quad (3)$$

Bu yerda:

• $q = [\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4]^T$ – umumiy burchak holati,

• K – kinetik energiya,

• P – potensial energiya.

Har bir bo‘g‘inning kinetik energiyasi:

$$K_i = 1/2\ m_i \dot{r}_i^T \dot{r}_i + 1/2 \omega_i^T I_i \omega_i \quad (4)$$

End-effektorga o‘rnatilgan **m massali** yukning kinetik energiyasi:

$$K_m = \frac{1}{2} m \cdot v_m^2 \quad (5)$$

Har bir bo‘g‘in va yuk uchun:

$$P = \sum_{i=1}^{4} m_i g h_i + m g h_m \quad (6)$$

Harakat tenglamasi (torque):

$$\tau_i = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_i} \quad (7)$$

End-effektorga qo‘shilgan har qanday massa (m):

- Og‘irlik markazini (CoG) yuqoriga suradi → moment kuchlarini oshiradi;
- Bo‘g‘inlardagi momentlar (torque) quyidagicha ortadi:

$$\tau_{new} = \tau_{old} + m \cdot g \cdot l_{eff} \cdot \sin(\theta) \quad (8)$$

Bu yerda l_{eff} – yuk og‘irlik markazidan oxirgi bo‘g‘inga bo‘lgan masofa.

Inertsiya momentining o‘zgarishi:

Yuk qo‘shilgandan so‘ng umumiy inertsiya:

$$I_{total} = I_{bo'g'inlar} + m \cdot r^2 \quad (9)$$

bu yerda r – og‘irlik markazidan aylanma o‘qqa bo‘lgan masofa.

Yangi og‘irlik markazi quyidagicha hisoblanadi:

$$\vec{r}_{CoG} = \frac{\sum_{i=1}^{4} m_i \vec{r}_i + m\vec{r}_m}{\sum_{i=1}^{4} m_i + m} \quad (10)$$

Bu og‘irlik markazi yuqoriga siljib, manipulyatorning muvozanatini zaiflashtiradi va barqarorlik talablarini kuchaytiradi.

NATIJALAR (Results). Ushbu tadqiqotda 4 bo‘g‘inli sanoat robot manipulyatorining yuk ortgandagi dinamik holati MATLAB muhitida tahlil qilindi. Simulyatsiya natijalari manipulyator ishchi qismlariga yuk tushirilganda qanday dinamik o‘zgarishlar ro‘y berishini ko‘rsatdi.

Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, manipulyator bo‘g‘inlari $\theta1=30^\circ$, $\theta2=45^\circ$, $\theta3=60^\circ$, $\theta4=30^\circ$ holatda bo‘lganda, end-effektorning koordinatalari quyidagicha aniqlandi:

x=0.60 y=1.04

Yuk m = 10 kg ortilgan holatda manipulyator har bir bo‘g‘iniga quyidagi momentlar (torque) ta’sir qiladi:

Manipulyator ishchi qismlari dinamik o’zgarishlari

2-jadval

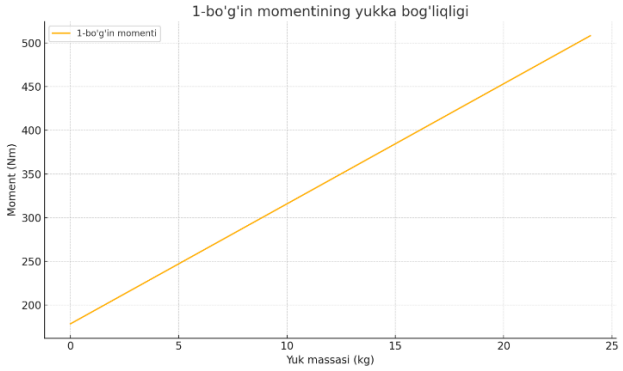
Bo'g'in raqami	Bo'g'in uzunligi (m)	Yuk massasi (kg)	Hisoblangan moment (Nm)
1	0.5	23 kg	112.88
2	0.4	19.5 kg	76.52
3	0.3	16 kg	47.10
4	0.2	13 kg	25.48

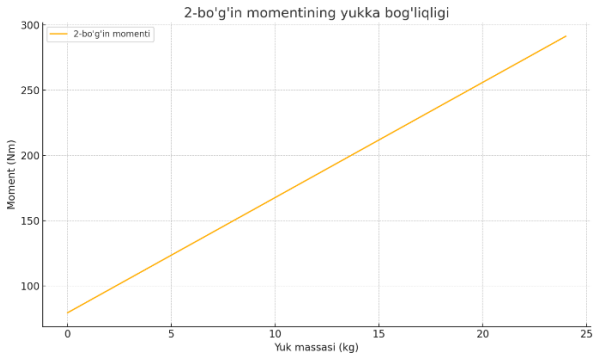
Bo‘g‘inlar inertsiya momentlari quyidagi formula asosida hisoblandi:

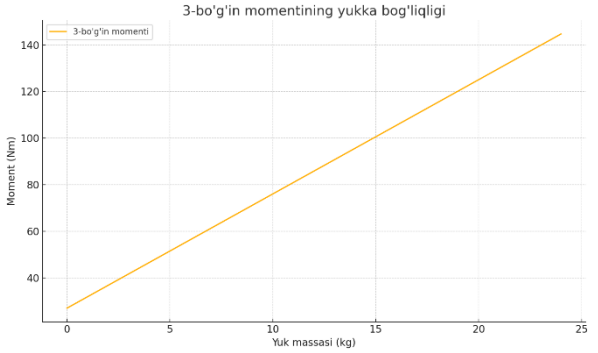
$$I_i = \frac{1}{3} m_i l_i^2 \qquad (11)$$

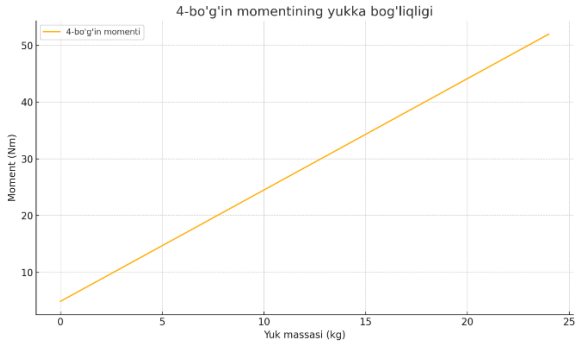
3-jadval. Manipulyator ishchi qismlari inertsiya momentlari

Bo'g'in	m_i (kg)	l_i (m)	I_i(kg · m^2)
1	4	0.5	0.333
2	3.5	0.4	0.187
3	3	0.3	0.090
4	2.5	0.2	0.033









1-rasm. Robor manipulyator bo’g’inlari momentlarini yukka bog’liqlik grafiklari.

Bu inertsiya qiymati butun manipulyator dinamikasini **keskin oshiradi**, ayniqsa yuqori tezlikda ishlaganda tebranishga olib keladi.

Yuk og‘irlik markazini manipulyator oldingi qismiga suradi. Bu esa quyidagi oqibatlarga olib keladi:

- Harakat paytida **tebranish chastotasi oshadi**
- End-effektorda **elastik deformatsiya** ehtimoli yuzaga keladi (ayniqsa nozik sensorli ishlarda)
- Real vaqt monitoringi orqali bu tebranishlar aniqlanib, ularni **damping tizimi** yordamida kamaytirish mumkin
- Yuk ortilishi manipulyatorning harakatini sekinlashtiradi, moment va inertsiya ortadi.
- Bo‘g‘inlarning kuchlanishi asosan 1- va 2-bo‘g‘inlarda ko‘proq bo‘ladi.
- Yuk massasi < 25 kg bo‘lish sharti saqlanganda manipulyator muvozanatini yo‘qotmaydi, biroq samaradorlikka sezilarli ta’sir qiladi.

Yuqoridagi grafiklar orqali quyidagi natijalarni kuzatish mumkin:

1. **Trayektoriya (x, y koordinatalari):** Yuk massasi oshgani sayin manipulyator trayektoriyasi geometriyasi o‘zgarmaydi (bo‘g‘inlar burchaklari o‘zgarmasa), lekin bu trayektoriya davomida harakatga ketadigan **moment va energiya** ortadi.
2. **Bo‘g‘inlardagi momentlar:** Har bir bo‘g‘in uchun momentlar **chiziqli tarzda ortadi**, ayniqsa 1- va 2-bo‘g‘inlar eng katta yukni ko‘taradi. Bu grafiklar mexanik kuchlanish taqsimotini aniq ko‘rsatadi va qay bo‘g‘inga

mustahkamlovchi konstruksiya zarurligini aniqlashga yordam beradi.

3. **Inertsiya momenti:** Yuk ortganda umumiy inertsiya momenti **kvadratik tarzda oshadi**, chunki inertsiya formulasi $I=m\cdot r^2$ bo‘yicha hisoblanadi. Bu tebranish xavfini oshiradi, ayniqsa yuqori tezlikda ishlaganda.

MUHOKAMA (Discussion). Ushbu tadqiqotda 4 bo‘g‘inli robot manipulyatorga turli massali yuk o‘rnatilgan holatda kinematik va dinamik modellar orqali tahlillar olib borildi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, manipulyatorning ishchi qismiga ortilgan yuk miqdori 25 kg chegaradan oshmagan holda bo‘lsa-da, u harakatda quyidagi muhim dinamik ta’sirlarni yuzaga keltiradi:

Momentlar taqsimoti: Har bir bo‘g‘inga tushadigan moment chiziqli ravishda oshadi. Ayniqsa birinchi va ikkinchi bo‘g‘inlar maksimal yukni ko‘tarib, ularda kuchlanish va energiya sarfi eng yuqori bo‘ladi. Bu holat mexanik mustahkamlikka bo‘lgan talabni oshiradi. Inertsiya momenti: Yukning massasi manipulyator uzunligi kvadratiga ko‘paygani sababli inertsiya momenti tez ortadi. Bu manipulyatorning tezlik va tezlanishga bo‘lgan javob vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi. Tebranish va deformatsiya: Yuk ortganda og‘irlik markazi oldinga siljiydi. Natijada manipulyatorning uchida kichik elastik tebranishlar kuzatiladi. Bu ayniqsa nozik sanoat amaliyotlari (elektronika yig‘ish, mikrobo‘yash)da aniqlikka salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Trayektoriya barqarorligi: Yuk miqdori manipulyator geometriyasini bevosita o‘zgartirmaydi, lekin dinamik xossalar (vaqt, javob berish, energiya sarfi)ni o‘zgartiradi. Trayektoriya o‘zgarmagan holda yuqori yuk bilan ishlashda manipulyator ish unumdorligi kamayadi.

Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, manipulyatorning ishchi qismlarini material tanlovi, geometrik optimallashtirish, va real vaqtli monitoring orqali takomillashtirish zarur. Shu bilan birga, bu model kelajakda adaptiv boshqaruv tizimlari bilan birlashtirilsa, yuk o‘zgarishlariga avtomatik moslasha oladigan samarali manipulyatorlar yaratish imkonini beradi.

XULOSA (Conclusion). Tadqiqot natijalariga asoslanib quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi: 4 bo‘g‘inli robot manipulyatorga turli massadagi yuk o‘rnatilganda, uning dinamik xossalari sezilarli darajada o‘zgaradi. Ayniqsa bo‘g‘inlardagi momentlar va umumiy inertsiya momenti ortadi. Matematik modellashtirish orqali har bir bo‘g‘inning yuk ostidagi momentlari aniq hisoblab chiqildi. Bu esa manipulyator mexanik qismlarini loyihalashda asosiy mezon bo‘lib xizmat qiladi. Yuk massasi oshgani sayin manipulyatorda tebranishlar kuchayadi va aniqlik pasayadi. Shuning uchun real sanoat ilovalarida yukni doimiy nazorat qilish va moslashtirilgan boshqaruv strategiyalarini joriy etish muhimdir. Taklif etilgan model asosida manipulyatorning strukturasini optimallashtirish, material tanlash, va energetik samaradorlikni oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (References)

1. Craig, J. J. (2005). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Pearson Prentice Hall.
2. Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2006). *Robot Modeling and Control*. Wiley.
3. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
4. Khalil, W., & Dombre, E. (2004). *Modeling, Identification and Control of Robots*. Butterworth-Heinemann.
5. Matlab Documentation – Robotics Toolbox. https://www.mathworks.com/help/robotics
6. Sciavicco, L., & Siciliano, B. (2000). *Modelling and Control of Robot Manipulators*. Springer.
7. Yoshikawa, T. (1990). *Foundations of Robotics: Analysis and Control*. MIT Press.
8. Zatsiorsky, V. M. (2002). *Kinetics of Human Motion*. Human Kinetics – muqobil inertsiya tahlili uchun.
9. Pieper, D. L. (1968). *The Kinematics of Manipulators Under Computer Control*. Stanford Research.
10. Gafurov, U., & Ergashev, M. (2022). *Robototexnika asoslari va dasturlash*. Toshkent: TDPU nashriyoti.

Intelligent Algorithms for Evaluating Economic Indicators Based on Machine Learning Models

Nazarov Fayzullo Makhmadiyarovich,
Dean of the Faculty of Intelligent Systems and Computer Technologies,
Associate Professor, Doctor of Technical Sciences (PhD),
Samarkand State University after name Sharof Rashidov

Sayidqulov Asliddin Khusniddin o‘g‘li,
Assistant at the Department of Artificial Intelligence and Information Systems,
Samarkand State University after name Sharof Rashidov

Abstract. This study focuses on the development of intelligent algorithms for evaluating economic indicators based on artificial intelligence models. In particular, the research addresses the intellectual assessment of the balance between supply and demand in sales, considered as key economic indicators. The process of predicting delays in product sales, viewed as an imbalance between supply and demand, is thoroughly examined. To this end, the problem is formulated as a classification task, and solutions are proposed using machine learning models of artificial intelligence. Specifically, intelligent algorithms based on logistic regression, decision trees, and the K-Nearest Neighbors (K-NN) methods have been developed for evaluating economic indicators. Experimental results demonstrating the effectiveness of the proposed approaches are presented.

Keywords: Artificial intelligence, classification problem, economic indicators, machine learning, logistic regression, decision tree, K-NN.

I. Introduction

The rapid advancement of artificial intelligence mechanisms is significantly enhancing the processes of forecasting socio-economic indicators. Across the world, digital technologies and artificial intelligence systems are developing at a remarkable pace and are being actively integrated into various sectors, particularly into socio-economic fields. This integration focuses primarily on automating processes in economics, the social sector, public administration, and security systems through the application of digital technologies and artificial intelligence. It also involves the intellectualization of information analysis within automated control systems and the development of methods and algorithms for evaluating economic indicators.

Currently, the development of new intelligent algorithms based on the enhancement of machine learning models in artificial intelligence is progressing rapidly. Machine learning models are designed to generate statistical rules based on both structured and unstructured data. In this study, the issue of the intellectual assessment of the balance between supply and demand in sales — recognized as key economic indicators — has been explored. Intelligent algorithms for evaluating economic indicators have been developed based on logistic regression, decision tree, and K-Nearest Neighbors (K-NN) machine learning methods, and experimental results have been obtained.

II. Development of Intelligent Algorithms for Analyzing Economic Indicators Based on Machine Learning Models

The process of intellectually assessing the balance between supply and demand in sales has been carried out as a key economic indicator. In this study, the evaluation of the balance between supply and demand has been approached through the early detection of delays in product sales. The problem of predicting such delays has been formulated as a classification task and solved using machine learning models of artificial intelligence.

Initially, a dataset was created for the machine learning models, incorporating the following features:

ID – Product identifier

B_date – Order date

P_type – Product type

P_volume – Product volume

P_stock – Quantity of the product in the warehouse

Status – Delay status in product sales

Based on the above features, a dataset for machine learning was developed and processed through the following steps:

1. **Data Collection:** Gathering raw data;
2. **Feature Selection:** Calculating correlations using Pearson and Kendall methods to select relevant features;
3. **Data Cleaning:** Identifying duplicate records and retaining the necessary ones, standardizing incorrectly formatted values, and imputing missing values (NaN) using regression techniques;
4. **Data Normalization:** Scaling values to the [0,1] range;
5. **Data Encoding:** Converting textual data into numerical form;
6. **Data Splitting:** Dividing the dataset into training and testing subsets.

After the data preprocessing was completed, algorithms based on logistic regression, decision tree, and K-Nearest Neighbors (K-NN) methods were developed.

Logistic regression is one of the statistical techniques commonly used to solve classification and regression problems [1,2]. This model predicts the probability of a dependent variable based on one or more independent variables from the dataset. Logistic regression is considered effective for making decisions related to the identification of economic indicators [2,3,5]. In this context, data concerning the factors contributing to sales delays were collected and prepared as economic indicators. These features were used as independent variables in the model.

During the development of the logistic regression-based algorithm, coefficients (gamma values) were determined from the training dataset, which represent the influence of each independent variable on the dependent variable. Once the model was trained, new data could be input, and the probability of sales delays could be predicted accordingly. Thus, logistic regression in machine learning serves as an effective tool for forecasting economic indicators by modeling probabilities and improving classification through consideration of multiple influencing factors.

The mathematical model of the logistic regression method in machine learning can be generalized as follows:

$$p(X) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (1)$$

Here, T represents the linear combination of the input features and is expressed through equation (2).

$$T = \gamma_0 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \ldots + \gamma_n X_n \quad (2)$$

here, the $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$ coefficients correspond to each $X_1, X_2, \ldots, X_n$ feature.

The output $p(X)$ represents the predicted probability $Y = 1$ of the dependent variable, taking into account the input features X. In the classification of economic indicators, specifically in predicting sales delays, if $p(X) > 0{,}5$ occurs, the model predicts class 1; otherwise, it predicts class 0. The coefficients are defined as the ratio of the probability of an event occurring to the probability of it not occurring, and this relationship is expressed by equation (3):

$$Odds = \frac{p(X)}{1 - p(X)} \quad (3)$$

The **Maximum Likelihood Estimation (MLE)** method is used to evaluate the (γ) coefficients in the logistic regression model of machine learning. The likelihood function of logistic regression is defined as follows in equation (4):

$$L(\gamma) = \prod_{i=1}^{n} p(x_i)^{y_i} (1 - p(x_i)^{(1-y_i)} \quad (4)$$

here, y_i represents the actual binary classification outcomes (0 or 1). The goal is to find the

coefficients that maximize this likelihood function [2,4]. In this method, the loss function is commonly used to assess how well the model predicts probabilities, and it is expressed as follows in equation (5):

$$L(\gamma) = -\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[y_i \log(p(x_i)) + (1-y_i)\log(1-p(x_i))\right] \quad (5)$$

Step 1: Initialization;

Step 2: Data Preparation;

Step 3: Splitting the data into training and testing sets; $X_{test} \cup X_{o'quv} \in X$

Step 4: Calculate $T = \gamma_0 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + ... + \gamma_n X_n$;

Step 5: Determine the probability $p(X) = \frac{1}{1+e^{-z}}$;

Step 6: Estimate the coefficients $L(\gamma) = \prod_{i=1}^{n} p(x_i)^{y_i} (1-p(x_i)^{(1-y_i)}$;

Step 7: Compute the loss function $L(\gamma) = -\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[y_i \log(p(x_i)) + (1-y_i)\log(1-p(x_i))\right]$;

Step 8: Accept new data;

Step 9: If the probability is greater than 0.5, classify as *Y=1* otherwise, predict the *Y=0* class;

Step 10: End.

Developing an Algorithm Based on the Decision Tree Method to Assist in Decision-Making for Identifying Sales Delays as Economic Indicators

The decision tree model in machine learning is widely used in the fields of machine learning and artificial intelligence and is one of the most effective methods for the intellectual analysis of economic indicators. In this research, an algorithm based on the decision tree method was developed to assist in decision-making for identifying sales delays as economic indicators. The decision tree in machine learning is primarily composed of nodes and leaves [6,8]. Each internal node in the decision tree makes a decision based on a particular feature. Intellectual analysis of economic indicators using machine learning's decision tree method is performed based on the feature data of sales delays. The leaves represent the final outcome [7,10]. That is, they define whether a delay exists and its severity. In constructing a decision tree for machine learning, various criteria are used for splitting the data, and the following are some of the criteria that can be listed:

Gini Impurity. This criterion measures the accuracy of the data set and is expressed as follows [9,11]:

$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^{n} p_i^2 \quad (6)$$

Entropy. This criterion measures the uncertainty of the data and is expressed as follows [12]:

$$Entropy(D) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2(p_i) \quad (7)$$

The decision tree in machine learning is trained based on the existing data set, where at each node, the best features are selected, and the data is divided according to those features. In the next step, new data is input, and the tree is traversed to determine the outcome. An algorithm based on the decision tree method has been developed to assist in decision-making for identifying sales delays as economic indicators, and it is executed in the following steps:

Step 1: Start;

Step 2: Prepare the data;

Step 3: Split the data into test and training sets $X_{test} \cup X_{o'quv} \in X$, $Y_{test} \cup Y_{o'quv} \in Y$;

Step 4: Train the model based on the data;

Step 5: Calculate the loss function $L(\gamma) = -\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[y_i \log(p(x_i)) + (1-y_i)\log(1-p(x_i))\right]$;

Step 6: Compute the confusion matrix;

Step 7: Evaluate the model's accuracy;

Step 8: Accept new data;

Step 9: Make predictions based on the decision tree;

Step 10: End.

Developing an Algorithm Based on the K-NN Model to Assist in Decision-Making for Identifying Sales Delays as Economic Indicators.

In this research, the K-Nearest Neighbors (K-

NN) method is one of the effective tools for intellectual analysis of economic indicators, such as identifying sales delays. In the K-NN algorithm, distance measures play an important role as they define the similarity between each data point. The following commonly used distance measures were analyzed [11,13].

Euclidean Distance: The Euclidean distance measure is one of the most commonly used distance metrics and is expressed as follows.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2} \quad (8)$$

here x_i and y_i represent the coordinates of two points in an n - dimensional space.

Manhattan Distance: The Manhattan distance, also known as the L1 distance, is defined as follows.

$$d = \sum_{i=1}^{n}|x_i - y_i| \quad (9)$$

Minkowski Distance: This distance measure is a generalization of both the Euclidean and Manhattan distances, and it is defined as follows (10).

$$d = \left(\sum_{i=1}^{n}|x_i - y_i|^p\right)^{1/p} \quad (10)$$

In the formula above, the parameter ***p*** defines the order of the norm. An algorithm based on the K-NN method to assist in decision-making for detecting delays in sales as economic indicators was developed, and it is implemented through the following steps:

Step 1: Start.

Step 2: A dataset $S = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., (x_n, y_n)\}$ is created, where x_i represents feature vectors, and y_i represents corresponding class values.

Step 3: The distance for a new data point is calculated.

$$d(x_{yangi}, x_i) = masofa(x_{yangi}, x_i)$$

Step 4: The K nearest neighbors are determined.

$$N_k = \{x_{i_1}, x_{i_2}, ..., x_{i_k}\}$$

Step 5: The classification class is assigned, and the model value is computed.

$$y_{yangi} = M\{y_{i_1}, y_{i_2}, ..., y_{i_k}\}$$

Step 6: End.

The developed K-NN algorithm is effective in performing intellectual analysis of economic indicators such as identifying sales delays, and it helps detect delays by considering various factors affecting sales delays.

III. Experimental Results

To assist in decision-making for identifying sales delays as economic indicators, the logistic regression-based machine learning algorithm was evaluated on an experimental dataset of sales data, and its results are presented in Table 1.

Table 1. Results of the Logistic Regression-based Machine Learning Algorithm.

Algorithm Name	Evaluation Metrics Results			
	Accuracy	Recall	Precision	F1 Score
Logistic Regression-based Algorithm	0,81	0,80	0,82	0,80

The Logistic Regression-based algorithm developed to assist in making decisions for identifying delays in sales as economic indicators achieved effective accuracy results.

Experimental studies were also conducted on the K-NN-based algorithm developed to assist in making decisions for identifying delays in sales as economic indicators, and the experimental results were presented in Table 2.

Table 2. Results of the Machine Learning Algorithm Based on the K-NN Method

Algorithm Name	Evaluation Metrics Results			
	Accuracy	Recall	Precision	F1 Score
Algorithm Based on the	0,83	0,85	0,84	0,84

K-NN Method				

Experimental studies were conducted based on the developed decision tree algorithm for assisting decision-making in identifying sales delays as economic indicators, and the experimental results are presented in Table 3.

Table 3. Results of the machine learning algorithm based on the decision tree method.

Algorithm Name	**Evaluation Metrics Results**			
	Accuracy	**Recall**	**Precision**	**F1 Score**
Algorithm based on the decision tree method	0,89	0,90	0,88	0,89

Effective indicators were achieved based on the algorithm using the decision tree method.

The infographic of the experimental results is presented in Figure 1 below.

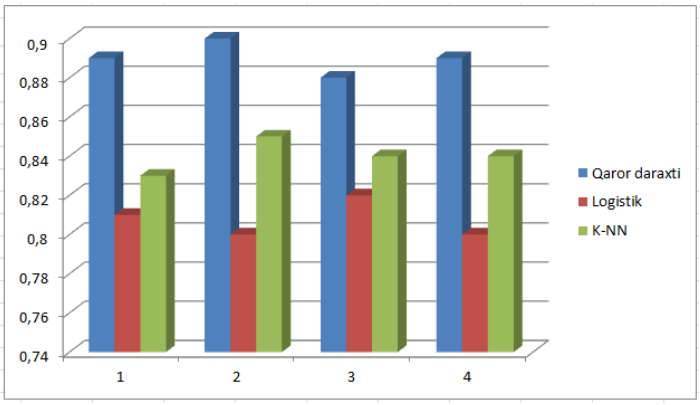


Figure 1. Performance indicators of machine learning-based algorithms.

The experimental results were carried out on algorithms based on machine learning methods such as Logistic Regression, K-NN, and Decision Tree. The experimental results show that the algorithm developed based on the Decision Tree method achieved the most effective performance.

IV. Conclusion

In this research work, a classification problem of artificial intelligence was solved to assist in decision-making for identifying delays in sales as economic indicators. The classification problem of artificial intelligence was addressed using machine learning models. Logistic Regression, K-NN, and Decision Tree methods were selected as machine learning models. As a result, algorithms based on Logistic Regression, K-NN, and Decision Tree methods were developed, and the effectiveness indicators of the developed algorithms were analyzed.

V. References

1. Yang Z., Li D. “Application of Logistic Regression with Filter in Data Classification”, In Proceedings of the 2019 Chinese Control Conference (CCC), Guangzhou, China, 27–30 July 2019; pp. 3755–3759.

2. Ahmed Neloy A., Sadman Haque H.M., Ul Islam M. “Ensemble Learning Based Rental Apartment Price Prediction Model by Categorical Features Factoring,” In Proceedings of the 2019 11th International Conference on Machine Learning and Computing, Zhuhai, China, 22-24 February 2019; pp. 350-356.

3. Friedman J.H. “Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. Ann. Stat. 2001, 29, 1189-1232.

4. Gromping U. “Relative Importance for Linear Regression in R: The package relaimpo.” J. Stat. Softw. 2006,17, 27.

5. Ceh M., Kilibarda M., Lisec A., Bajat B. “Estimating the Performance of Random Forest versus Multiple Regression for Predicting Prices of the Apartments.” ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018, 7, 168.

6. Korobov M. “Explaining behavior of Machine Learning models with eli5 library.” In Proceedings of the EuroPython Congress 2017, Rimini, Italy, 9-16 July 2017.

7. Ho W.K.O., Tang B.-S., Wong, S.W. “Predicting property prices with machine learning algorithms.” J. Prop. Res. 2021, 38, 48-70.

8. Nazarov F.M., Yarmatov Sh.Sh. “Development of algorithms for predictive evaluation of investment projects based on machine learning,” Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and

Security Volume 2. eBook ISBN: 9781032684994, pages 681 – 685. 2024.

9. Chatterjee S., Simonoff J.S., “Handbook ofRegression Analysis; John Wiley & Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2013, p. 240.

10. FM Nazarov, S Yarmatov, M Xamidov. Machine learning price prediction on green building prices. 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), 906-911.

11. F Bolikulov, R Nasimov, A Rashidov, F Akhmedov, C Young-Im. Effective methods of categorical data encoding for artificial intelligence algorithms. Mathematics 12 (16), 2553

12. Pai P.-F., Wang W.-C. “Using Machine Learning Models and Actual Transaction Data for Predicting Real Estate Prices. Appl. Sci. 2020, 10, 5832.

13. Sangani D., Erickson K., Hasan M. A., “Predicting Zillow Estimation Error Using Linear Regression and Gradient Boosting,” 2017 IEEE 14th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS), Orlando, FL, USA, 2017, pp. 530-534, doi: 10.1109/MASS.2017.88.

UO’K: 621.383.51:621.039.64:620.9

MOBIL QUYOSH ENERGETIK QURILMALARINING TEXNOLOGIK TURLARI VA ULARNING ISHLASH PRINSIPLARI TAHLILI

Axtamov Tohir Zuhriddin o'g'li,
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi,
S.A.Azimov nomidagi Fizika-texnika instituti,
kichik ilmiy xodim.
tohiraxtamov@gmail.com

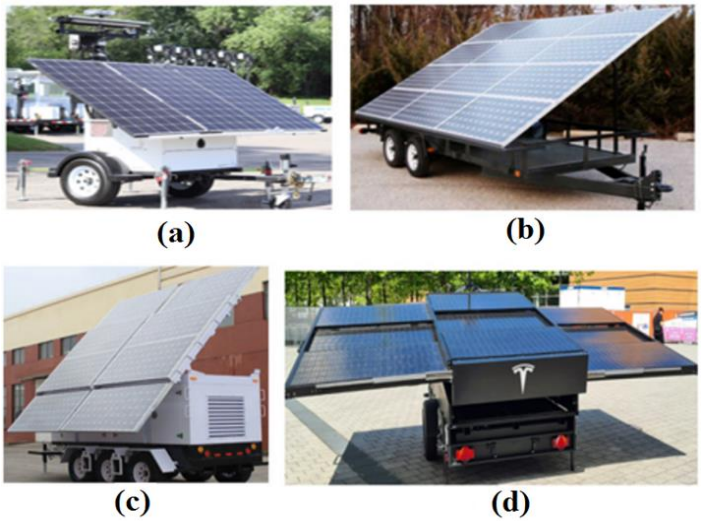
Annotatsiya. Bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalari, xususan quyosh energiyasidan foydalanishga qiziqish jahon miqyosida ortib bormoqda. global iqlim o‘zgarishlari, an’anaviy energiya resurslarining kamayishi va ekologik barqarorlikka intilish natijasida mobil quyosh energetik qurilmalar (MQEQ) ustida olib borilayotgan tadqiqotlar dolzarb ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolada mobil quyosh energetik qurilmalarining umumiy analitik parametrlari va hozirgi mavjud turlari ko'rib chiqiladi.

Tayanch so'zlar: fotoelektrik batareya, mobil fotoelektrik/issiqlik qurilmasi, ko’chma konstruktsiya, quyosh treyleri, quyosh radiatsiyasi, quvvat, invertor, kontroller, akkumulator, samaradorlik.

Kirish: So‘nggi yillarda tarmoqdan mustaqil (off-grid) quyosh energiyasi tizimlariga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada oshdi. Bunday tizimlarga elektr minibus taksilari (eMBTs) kabi mobil qurilmalarga integratsiyalashgan quyosh panellari orqali gibrid energiya echimlarini yaratish, shuningdek, tortiluvchi quyosh treylerlariga o‘rnatilgan quyosh tizimlari va yuqori quvvat ishlab chiqarish imkoniyatiga ega bo‘lgan logistika maqsadlarida ko‘chma energiya stansiyalari kiradi. Toza energiya texnologiyalarini jadal joriy etishga qaratilgan sa’y-harakatlar, jumladan, innovatsion tizimlar — masalan, buklanuvchi mobil quyosh energetik tizimi (Foldable Mobile Solar Power System, FMSPS) ni qo‘llash, ushbu mintaqalarda mavjud bo‘lgan energiya muammolarini hal qilish va millionlab insonlarning turmush tarzini yaxshilash yo‘lida muhim qadam hisoblanadi [1, 2].

Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Bunday tizimlardan birining amaliy qo‘llanilishi ZeroBase Energy kompaniyasi tomonidan Keniyaning Lokichoggio hududida joylashgan qochqinlar lagerida tashkil etilgan. Bu yerda 80 kW quvvatga va 360 kW·soat sig‘imli batareyaga ega tarmoqdan mustaqil quyosh-gibrid tizimi o‘rnatilgan [3]. Bir qator kompaniyalar bozorda turli xil dizaynga ega quyosh treylerlarini taqdim etmoqda (1-rasmga qarang). Masalan, MPS kompaniyasi tashqi muhitda ishlovchi mobil kameralar uchun 320 W quyosh energiyasi bilan ta’minlovchi ixchamroq FMSPS (buklanuvchi mobil quyosh tizimi) ni ishlab chiqqan (1 (a) - rasm) [4]. TWT kompaniyasi esa 2,1 kW quyosh generatori va 15 kW·soat energiya saqlash tizimiga ega treylerni ishlab chiqdi (1 (b) - rasm) [5]. OkSolar kompaniyasining quyosh treyleri esa 2,4 kW quvvat ishlab chiqaruvchi tizim bilan jihozlangan bo‘lib, 57 kW·soat sig‘imdagi saqlash quvvatiga ega bo‘lishi bilan ajralib turadi (1 (c) - rasm) [6].

Natijalar. Bozordagi ilg‘or FMSPS namunalaridan biri sifatida Tesla kompaniyasi tomonidan 2022 yil iyul oyida ishlab chiqilgan quyosh treyleri ko‘rsatib o‘tiladi. Ushbu tizim 2,7 kW quvvat ishlab chiqaradi va Starlink sun’iy yo‘ldosh tizimini energiya bilan ta’minlashga mo‘ljallangan (1 (d) - rasm) [7].



1-rasm. Ilmiy adabiyotlarda keltirilgan FMSPS (buklanuvchi mobil quyosh tizimlari) namunalaridan ba’zilari: (a) MPS: 320 W [4]; (b) TWT: 2,1 kW [5]; (c) OkSolar: 2,4 kW [6]; va (d) Tesla: 2,7 kW [7].

Bozor talabiga asosan tijoratlashtirilgan ko’plab MQEQ larning turlari mavjud. Masalan, YGNE YST-7000SH kuzatuv treylerlari (2 (e) – rasm) elektr tarmog'i bo'lmagan joylar uchun professional monitoringni ta'minlaydi. U quyosh panellari, batareyani saqlash, pan/tilt tizimi, boshqaruv tizimi, kamera, treyler ramkasi, elektr ko'taruvchi va teleskopik ustun va boshqalar bilan ishlaydi.

2-rasm. YGNE YST-7000SH kuzatuv treylerlari

U aeroportlarda, qurilish maydonchalarida, harbiy, kon yoki tabiiy gaz konlarida ish joylarida keng qo'llanilishi mumkin.

3-rasm. YGNE YST-7000SH kuzatuv treylerlari

FMSPS (buklanuvchi mobil quyosh energiyasi tizimlari) bozoridagi aksariyat konstruksiyalar murakkab avtomatik buklanish mexanizmlarini o‘z ichiga oladi, bu esa ishlab chiqarish xarajatlarining oshishiga hamda ayniqsa sub-Sahroi Afrika (SSA) va Markaziy Osiyo kabi murakkab hududlarda texnik xizmat ko‘rsatish talabining ortishiga olib keladi [8]. Aksincha, mazkur tadqiqotda taklif etilayotgan FMSPS modeli soddalik tamoyiliga asoslangan bo‘lib, uning arzonligi va xizmat ko‘rsatishdagi qulayligi ta’minlangan. Ushbu tizim 4 kW quvvatga ega quyosh generatori hamda 20 kW·soat hajmdagi energiya saqlovchi akkumulyator bilan ta’minlangan bo‘lib, SSA hududlarida quyosh nurlanishining maksimal darajasida atigi 5 soat ichida to‘liq zaryad olish imkonini beradi va kun davomida turli xil zaruriy elektr ehtiyojlarini ta’minlay oladi.

Xulosa. Yuqoridagi ma’lumotlar asosida shuni ta’kidlash kerakki O‘zbekiston hududlarining iqlimiy sharoitlari keskin farq qiladi va ekstremal holatlar keng tarqalgan. Ushbu sharoitlarda moslashtirilgan texnologik yechimlar — xususan, quyosh asosidagi integratsiyalashgan fotoelektik issiqlik (FEI) tizimlari — energiya samaradorligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy tejamkorlikni ta’minlay oladi. Shu bois, ekstremal iqlimga moslashtirilgan energiya strategiyalarining markaziga FEI tizimlarini joylashtirish dolzarb ilmiy-texnik vazifa bo‘lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Giliomee, J.H. & Booysen, M.J., Decarbonising South Africa’s long-distance paratransit: Battery swapping with solar-charged minibus trailers. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 117, 103647, 2023. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103647.
2. Podmore, R., Larsen, R., Louie, H. & Waldron, B., Affordable energy solutions for developing communities. 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, Pp. 1–8, 2011. DOI: 10.1109/PES.2011.6039517.
3. Franceschi, J., Rothkop, J. & Miller, G., Off-grid solar PV power for humanitarian action: From emergency communications to refugee camp micro-grids. Procedia Engineering, 78, Pp. 229–235, 2014. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.07.061.
4. Mobile Pro Systems, MPS offers a true camera trailer solar solution, Mar. 21, 2021. https://www.mobileprosystems.com/product-news/mps-offers-a-true-camera-trailersolar-solution/. Accessed on: 10 Aug. 2023.
5. Triangularwave Technologies Inc., Mobile solar power unit. https://www.twtwatertreatment.com/water-treatment/product.php?productid=392& cat=111&page=1. Accessed on: 10 Aug. 2023.
6. OkSolar, Energy on demand. https://www.oksolar.com/. Accessed on: 10 Aug. 2023.
7. Ryan Kennedy, Tesla’s solar trailer for range extension, Jul. 08, 2022. https://www.pvmagazine.com/2022/07/08/teslas-solar-trailer-for-range-extension/. Accessed on: 10 Aug. 2023.
8. Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, Ҳ. Сабиров, Т.З. Ахтамов. Ясси рефлекторлар билан жиҳозланган кўчма фотоиссиқлик курилманинг самарадорлигини ошириш. "Irrigatsiya va melioratsiya" jurnali №4(34). Toshkent. 2023. B. 48-53.

O'ZBEKISTON VA RIVOJLANGAN DAVLATLAR TA'LIM TIZIMIDA AVTOMATLASHTIRILGAN DARS JADVALINI TUZISH TAJRIBALARI

M.T.To‘xtasinov,
dotsent, texnika fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim,
Namangan davlat texnika universiteti
mumtozali@gmail.com

X.N.Sadritdinov,
doktorant, Namangan davlat texnika universiteti
sadritdinovnizomiddin@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston va rivojlangan davlatlar ta’lim tizimida avtomatlashtirilgan dars jadvalini tuzish tajribalari tahlil qilinadi. Zamonaviy ta’lim jarayonida axborot texnologiyalarining keng qo‘llanilishi natijasida dars jadvalini avtomatlashtirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Rivojlangan mamlakatlarning tajribasi shuni ko‘rsatadiki, bunday tizimlar darslarni samarali rejalashtirish, o‘qituvchilar va talabalar yuklamasini muvozanatlashtirish, auditoriya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi. O‘zbekistonda ham avtomatlashtirilgan dars jadvali tizimlarini joriy etish bo‘yicha olib borilayotgan ishlar va ularning samaradorligi o‘rganilgan. Tadqiqotda turli dasturiy ta’minotlar, sun’iy intellekt yondashuvlari va algoritmlardan foydalanishning afzalliklari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, avtomatlashtirish jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan muammolar va ularni hal etish yo‘llari haqida fikr yuritiladi.

Kalit so‘zlar: Ta’lim tizimi, avtomatlashtirilgan dars jadvali, axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt, rejalashtirish, ta’lim innovatsiyalari.

1. Kirish

Zamonaviy ta’lim tizimida samaradorlik va resurslardan oqilona foydalanish muhim omillardan biri hisoblanadi. Dars jadvalini avtomatlashtirish ta’lim jarayonini rejalashtirishning muhim qismi bo‘lib, u o‘qituvchilar va talabalar uchun qulaylik yaratish, yuklamani muvozanatlashtirish hamda auditoriya va resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. Rivojlangan davlatlarda dars jadvalini tuzishda turli avtomatlashtirilgan tizimlar va sun’iy intellekt texnologiyalaridan keng foydalaniladi. Ushbu yondashuvlar ta’lim muassasalarining boshqaruv jarayonlarini optimallashtirishga, inson omili sababli yuzaga keladigan xatoliklarni kamaytirishga hamda ta’lim sifatini oshirishga xizmat qiladi. O‘zbekiston ta’lim tizimida ham axborot texnologiyalaridan foydalanish darajasi ortib bormoqda. Shunga qaramay, avtomatlashtirilgan dars jadvalini yaratish va joriy etish bo‘yicha hali ham yechimini kutayotgan muammolar mavjud. Ushbu tadqiqotda rivojlangan mamlakatlarning tajribasi, O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan ishlar, mavjud muammolar va ularni hal etish yo‘llari o‘rganiladi. Shuningdek, zamonaviy dasturiy yechimlar va algoritmik yondashuvlarning samaradorligi tahlil qilinadi.[1]

2. Tahlil

O'zbekiston tajribasi: O'zbekistonda so'nggi yillarda ta'lim sohasida raqamlashtirish jarayonlari faol olib borilmoqda. Ayrim yirik ta'lim muassasalari va universitetlarda elektron tizimlar joriy etilgan bo'lsa-da, keng ko'lamli yagona dars jadvalini boshqarish tizimi hali to'liq shakllanmagan.

Asosiy rivojlanish yo'nalishlari: "Kundalik.com" va "Edupage" kabi platformalarning ayrim maktablarda joriy etilishi, oliy ta'lim muassasalarida individual tizimlarning shakllanishi hamda "Hemis" yagona axborot tizimining rivojlantirilishini ko’rishimiz mumkun.[1, 8]

Janubiy Koreya tajribasi: Janubiy Koreya ta'lim tizimi texnologik integratsiada eng ilg'or mamlakatlardan biri hisoblanadi. NEIS (National Education Information System) - barcha maktablar uchun yagona platforma, KMOOC (Korean Massive Open Online Course) - oliy ta'lim uchun dars jadvallarini ham qamrab oluvchi tizim, Smart School Initiative - raqamli maktab konsepsiyasi, yuqori darajadagi internet infratuzilmasi (5G) hamda mobil ilovalar orqali dars jadvallarini real vaqtda yangilab turish imkoniyati.

Kanada tajribasi: Kanada ta'lim tizimida har bir provinsiya o'z yondashuviga ega, ammo umumiy tendensiyalar mavjud: D2L (Desire2Learn) platformasi keng qo'llaniladi, PowerSchool SIS (Student Information System) - maktablar uchun mashhur tizim, Blackboard va Canvas LMS tizimlari universitetlarda faol qo'llaniladi, ta'lim muassasalari avtonomiyasi yuqori - har bir muassasa o'z ehtiyojlariga mos tizimni tanlaydi va onlayn platformalarda dars jadvali va o'qituvchilar band vaqtini sinxronlashtirish imkoniyati.

Singapur tajribasi: Singapur ta'lim tizimi innovatsiyalarga ochiq va texnologik jihatdan rivojlangan: Student Learning Space (SLS) - milliy darajadagi yagona platforma, AsknLearn - dars jadvali, uy vazifalari va boshqa ta'lim jarayonlarini integratsiyalashgan tizim, Data-driven scheduling systems - o'quvchilar ehtiyojlariga qarab dars jadvalini optimallashtirish, School Cockpit - o'qituvchilar uchun maxsus ishlab chiqilgan tizim. mobil qurilmalar bilan to'liq integratsiya.

Estoniya tajribasi: Estoniya raqamli ta'lim sohasida global liderlardan biri hisoblanadi: eKool platformasi - dars jadvali, baholash va ota-onalar bilan aloqani birlashtirgan tizim, X-Road - barcha ta'lim ma'lumotlarini bog'lovchi infratuzilma, stuudium - universitetlar va maktablar uchun kompleks tizim, 99% ta'lim muassasalari raqamlashtirilgan, dars jadvalini o'zgartirish uchun o'qituvchilar va ma'muriyat o'rtasida tezkor aloqa.[4-5, 14]

3. Usullar

Rivojlangan mamlakatlar tajribasidan O'zbekiston uchun foydali bo'lgan jihatlar:

1) Markazlashtirilgan yagona tizim yaratish (Janubiy Koreya, Estoniya)
2) Mobil qurilmalar bilan integratsiya (barcha mamlakatlar)
3) Real vaqt rejimida yangilanish imkoniyati (Singapur, Estoniya)
4) O'qituvchilar va ma'muriyat o'rtasida samarali kommunikatsiya kanallari (Estoniya)
5) Data-driven yondashuv orqali optimallashtirilgan jadval tuzish (Singapur, Janubiy Koreya)

Data-driven hozirgi kunda optimallashtirilgan jadval tuzishda Singapur va Janubiy Koreya kabi ilg‘or ta’lim tizimlariga ega davlatlarda dars jadvalini optimallashtirishda quyidagi asosiy matematik modellar va algoritmlar qo‘llaniladi:

- Chiziqli dasturlash modeli (Linear Programming - LP)

Chiziqli dasturlash orqali dars jadvalini optimallashtirishni quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

Maqsad funksiyasi (Objective Function)

$$min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} C_{ij} X_{ij}$$

Bu yerda:

- X_{ij} – i-fan j-vaqtda o‘tilishini bildiruvchi binar (0 yoki 1) o‘zgaruvchi.
- C_{ij} – fan va vaqt uchun aniqlangan baho (masalan, muayyan vaqtni afzal ko‘rish yoki rad etish.[3, 7]

2. Hozirgi kunda ko‘p davlatlarda intelektual texnologiyalardan foydalanib platformalar bilan ishlab kelinmoqda. O'zbekistonda texnologik yondashuvlar va platformalar taqqoslanishi bo‘yicha qo'llanilayotgan texnologik yechimlar

Platforma	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanilish darajasi
Kundalik.com	O'zbek tilidagi interfeys, mahalliy ehtiyojlarga moslanganlik, ota-onalar bilan aloqa tizimi	Barcha maktablarda joriy etilmagan, dars jadvalini optimallashtirishda cheklangan	O'rta maktablarning bir qismida
Hemis	Oliy ta'lim uchun maxsus ishlab chiqilgan, yagona ma'lumotlar bazasi, davlat tomonidan qo'llab-quvvatlanadi	Foydalanuvchi interfeysining murakkabligi, ayrim universitetlarda to'liq integratsiya qilinmagan	Deyarli barcha OTMlarda joriy etilgan
Edupage	Ko'p funksionalli, xalqaro standartlarga mos	Mahalliy sharoitga to'liq moslashtirilmagan, narxining yuqoriligi	Ayrim xususiy maktablarda

3. Rivojlangan mamlakatlar platformalari:

1) Janubiy Koreya:

Platforma	Asosiy xususiyatlari	Texnologik yechimlar
NEIS	Milliy darajadagi yagona tizim, barcha ta'lim jarayonlarini qamrab oladi, yuqori darajadagi xavfsizlik	Bulutli texnologiyalar, Big Data tahlili, AI asosidagi jadval optimallashuvi
KERIS	Digital textbook integration, Research-based scheduling, O’qituvchilar uchun maxsus bo'lim	Digital Twin texnologiyasi, 5G integratsiyasi, IoT qurilmalar bilan ishlash

2) Kanada:

Platforma	Asosiy xususiyatlari	Texnologik yechimlar
PowerSchool	Kompleks ERP yechimi, Jadval tuzish algoritmik yondashuvi, Kengaytirilgan analitika	API integratsiyasi, vBulutli arxitektura, real-time yangilanish
D2L	Ta'lim resurslari bilan integratsiya, moslashuvchan jadval tuzish, yuqori darajadagi foydalanuvchi tajribasi	Machine Learning algorithmlari, predictive analytics, Microsoft/Google Calendar integratsiyasi

3) Singapur:

Platforma	Asosiy xususiyatlari	Texnologik yechimlar
AsknLearn	O'quvchilar kontekstiga qarab jadval tuzish, resurslarni boshqarish, performance analytics	Data mining, Neural networks, constrainted programming
School Cockpit	O'qituvchilar uchun maxsus interfeys, To'liq integratsiyalashgan, Modulli tuzilish	Microservices arxitektura, containerization, Progressive Web App

4) Estoniya:

Platforma	Asosiy xususiyatlari	Texnologik yechimlar
eKool	Ochiq arxitektura, barcha ta'lim jarayonlarini birlashtiradi, fuqarolar ID tizimi bilan integratsiya	X-Road bilan integratsiya, Blockchain texnologiyasi, API-first yondashuv
Stuudium	Kichik maktablardan universitetlargacha, modulli tuzilish, yuqori darajada moslashuvchan	Progressive Web App, Offline mode, Real-time collaboration

Texnologik tendensiyalar:

1) **AI va Machine Learning integratsiyasi**

Singapur va Janubiy Koreyada dars jadvalini optimallashtirishda qo'llaniladi, o‘qituvchilar yuklamasini muvozanatlashtiradi, hamda resurslardan samarali foydalanishni ta'minlaydi.

2) **Mobil-birinchi yondashuv**

Barcha zamonaviy platformalar mobil qurilmalarda ishlash uchun optimallashtirilgan, push-notifications orqali tezkor o'zgarishlar haqida xabar berish hamda offline rejimda ishlash imkoniyati (Estoniya, Singapur).

3) **Bulutli texnologiyalar**

Markazlashtirilgan ma'lumotlar saqlash va qayta ishlash, yuqori mavjudlik va ishonchlilik va Tezkor masshtablanish.[7-12]

4) **API ekotizimi**

Boshqa tizimlarga integratsiya imkoniyati, ta'lim muassasalarining o'z ehtiyojlariga mos kengaytmalar yaratishi, uchinchi tomon dasturiy ta'minotlarini ulash.

5) **Big Data tahlili**

Dars jadvaliga ta'sir etuvchi omillarni tahlil qilish, o‘qituvchilar samaradorligini oshirish hamda resurslardan foydalanishni optimallashtiruvi.

4. Munozara

Tajriba natijasiga ko’ra O'zbekistonda qilinishi kerak bo‘lgan ishlar va tavsiyalar:

1) **Yagona milliy standart va platforma yaratish**
   - Estoniya modeliga o'xshash ochiq arxitektura bilan
   - Mahalliy ehtiyojlarga moslashtirish imkoniyati
   - Bosqichma-bosqich joriy etish strategiyasi
2) **Texnologik infratuzilmani rivojlantirish**

- Maktablar va universitetlarni yuqori tezlikdagi internet bilan ta'minlash
- O'qituvchilarni zamonaviy qurilmalar bilan jihozlash
- Bulutli texnologiyalarga o'tish

3) **O'qituvchilar va ma'muriyat uchun maxsus dasturlar**
- Singapur tajribasidan kelib chiqqan holda o'qituvchilar uchun maxsus interfeys
- Mobil qurilmalarda ishlash imkoniyati
- Ish yuklamasini monitoring qilish tizimi

4) **Ta'lim ekotizimini yaxlit integratsiyalash**
- Dars jadvali, baholash tizimi, resurslar va ota-onalar bilan aloqani birlashtirish
- Milliy ID tizimi bilan integratsiya
- Turli ta'lim muassasalari o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini standartlashtirish

5. Xulosa

O'zbekiston uchun eng maqbul yechim - milliy xususiyatlarni hisobga olgan holda, rivojlangan mamlakatlar tajribasining eng yaxshi jihatlarini birlashtirgan yaxlit tizim yaratishdir. Ayniqsa, Estoniyaning eKool platformasi va Janubiy Koreyaning NEIS tizimi tajribasi foydali bo'lishi mumkin. O'zbekistonda dars jadvalini onlayn boshqarish tizimini joriy etish nafaqat vaqt va resurslarni tejash, balki butun ta'lim jarayonini transformatsiya qilish imkoniyatini beradi. Janubiy Koreya, Kanada, Singapur va Estoniya tajribasidan foydalangan holda, O'zbekiston milliy xususiyatlarni hisobga olgan, zamonaviy texnologiyalarga asoslangan o'z yondashuvini ishlab chiqishi mumkin. Bu esa ta'lim sifatini oshirish, o'qituvchilar mehnatini yengillashtirish va maktab ma'muriyati uchun boshqaruv jarayonlarini samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov A., Xolbo‘tayev B. Ta’lim jarayonlarini raqamlashtirish: O‘zbekiston tajribasi – Toshkent, 2022.
2. Lee J., Park S. Digital Transformation in Korean Education System – Seoul: K-EdTech Press, 2021.
3. Singh R., Tan J. Smart Education in Singapore: Policies and Implementation – Singapore: NUS Publishing, 2020.
4. Kivisaar M., Lauristin M. E-*Estonia and the Future of Digital Learning* – Tallinn: Estonian Academy of Sciences, 2019.
5. Kivisaar M., Lauristin M. E-Estonia and the Future of Digital Learning – Tallinn: Estonian Academy of Sciences, 2019.
6. Gagné R., Smith L. Online Scheduling in Canadian Schools: Innovations and Challenges – Toronto: University of Toronto Press, 2021.
7. Qodirov, B., & A'zimov, A. (2020). "O‘zbekiston ta'lim tizimida raqamli texnologiyalarni qo‘llash: muammolar va yechimlar." O‘zbekiston ta'limi: muammolar va yechimlar.
8. Jasurbekov, O., & Yunusov, A. (2021). "Dars jadvalini rejalashtirishda samarali algoritmlarni qo‘llash." *Xalqaro ta'lim tizimlari*.
9. Lee, S., & Choi, Y. (2018). "Optimizing Timetable Scheduling using Genetic Algorithms." Computers & Education, 127, 1-15.
10. Yun, K. S., & Park, H. J. (2020). "Application of Heuristic Algorithms in Educational Timetable Management." Educational Information Technology.
11. Kundalik.com – O‘zbekistonda ta’limni raqamlashtirish platformasi (www.kundalik.com).
12. Korea Smart Education Portal – Janubiy Koreyada onlayn dars jadvalini boshqarish tizimi (www.koreaedtech.kr).
13. Ministry of Education Singapore – Singapur ta’lim vazirligi sayti (www.moe.gov.sg).
14. E-Estonia Education Hub – Estoniyada raqamli ta’lim bo‘yicha rasmiy portal (www.e-estonia.com).
15. Canada Education Digital Strategy – Kanadada ta’limni raqamlashtirish dasturi (www.educanada.ca).

Elliptik egri chiziqlarning kriptografiyada qo‘llanilishi

Toshboyeva Feruza To‘lqin qizi,
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti,
feruzatoshboyev35@gmail.com

Abduraximov Baxtiyor Fayziyevich,
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston milliy universiteti,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU,
a_baxtiyor@mail.ru

Boyquziyev Ilxom Mardanoqulovich,
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston milliy universiteti,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU,
salyut2017@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada elliptik egri chiziqlarga (ECC) asoslangan kriptografik algoritmlar va ularning samaradorligi tahlil qilingan. ECC ning asosiy murakkabligi diskret logarifm muammosining yechilish qiyinligiga bog‘liq bo‘lib, u hozirgi zamonaviy hisoblash texnologiyalarida yuqori xavfsizlik darajasini ta’minlaydi. Maqolada ECC algoritmlarining qiyosiy tahlili keltirilgan, ularning afzalliklari, zaif tomonlari va amaliy qo‘llanilish sohalari yoritilgan. Shuningdek, ECC algoritmlariga nisbatan mavjud hujumlar va ularni oldini olish bo‘yicha tavsiyalar berilgan. Kelajakda kvant kompyuterlarning rivojlanishi ECC xavfsizligiga tahdid solishi mumkinligi sababli, maqolada post-kvant kriptografiyaga o‘tish bo‘yicha strategik tavsiyalar ham taqdim etilgan.

Kalit so‘zlar: elliptik egri chiziqlar, ECC, diskret logarifm muammosi, ECDH, ECDSA, EdDSA, post-kvant kriptografiya, xavfsizlik.

KIRISH

Zamonaviy axborot xavfsizligi tizimlarida kuchli va samarali kriptografik mexanizmlar talab etiladi. Ushbu sohada elliptik egri chiziqlar kriptografiyasi (ECC) muhim o‘rin tutadi. ECC klassik RSA va Diffie-Hellman kabi an’anaviy algoritmlarga nisbatan yuqori xavfsizlikni ta’minlab, qisqa kalit uzunligi va samaradorligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, ECC asosidagi algoritmlar mobil qurilmalar, IoT va resurslari cheklangan tizimlar uchun juda mos keladi.

Elliptik egri chiziqlarning xavfsizligi diskret logarifm muammosining hisoblash murakkabligiga asoslanadi. Ushbu murakkablik tufayli ECC algoritmlarida kalit uzunligini oshirmasdan ham yuqori darajadagi himoya ta’minlash mumkin. Masalan, 256-bit ECC kaliti taxminan 3072-bitli RSA kaliti bilan teng xavfsizlikni ta’minlaydi.

Ushbu maqolada ECC algoritmlarining ishlash prinsiplari, qiyosiy tahlili, afzalliklari va zaif tomonlari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, post-kvant kriptografiya, ECC xavfsizligi va uning kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlari haqida tavsiyalar beriladi.

Asosiy qism

Elliptik egri chiziqlarga asoslangan kriptografiya (ECC) zamonaviy axborot xavfsizligining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Quyida tanlangan adabiyotlarning ECC bo‘yicha ilmiy va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi.

Neal Koblitz (1987) [1] va Victor S. Miller (1986) [2] tomonidan elliptik egri chiziqlarning kriptografiyaga tatbiqi taklif qilingan. Ushbu ishlar ECC ning fundamental nazariy asoslarini yaratib, ularning klassik RSA va Diffie-Hellman algoritmlariga nisbatan afzalliklarini asoslab bergan. Millerning ishi ECC ning hisoblash murakkabligi diskret logarifm muammosiga bog‘liq ekanligini tushuntiradi.

Darrel Hankerson, Alfred Menezes va Scott Vanstone (2004) [6] tomonidan yozilgan *Guide to Elliptic Curve Cryptography* kitobida ECC algoritmlarining amaliy qo‘llanilishiga urg‘u berilgan.

Kitobda ECC asosidagi kalit almashish (ECDH), raqamli imzo (ECDSA, EdDSA) va shifrlash usullari (ECIES) haqida batafsil ma’lumot keltirilgan. Bu asar ECC ni real tizimlarda qanday ishlatish mumkinligini tushunish uchun asosiy manbalardan biridir.

Nigel Smart (2003) [7] kitobida ECC va boshqa kriptografik tizimlar taqqoslanadi. Muallif ECC ni RSA bilan qiyoslab, uning kichik kalit uzunligida ham yuqori xavfsizlikni ta’minlash xususiyatiga ega ekanligini asoslaydi. Bu esa ECC ni resurslar cheklangan muhitlarda samarali qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi.

Daniel J. Bernstein va Tanja Lange (2014) [8] tomonidan taqdim etilgan *SafeCurves* tadqiqotida ECC uchun xavfsiz parametrlarni tanlash masalasi muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ba’zi klassik ECC egri chiziqlari zaif bo‘lib, ularning o‘rniga Curve25519 va Curve448 kabi xavfsizroq egri chiziqlardan foydalanish tavsiya etiladi. Bu ish ECC asosida xavfsiz tizimlar qurish uchun muhim manbalardan biridir.

Ian F. Blake, Gadiel Seroussi va Nigel P. Smart (1999) [9] kitobida ECC matematik modellarining chuqur tahlili keltirilgan. Tadqiqot ECC ning hisoblash murakkabligi va unga nisbatan potensial hujumlarni ko‘rib chiqadi.

Steven Galbraith (2012) [10] tomonidan yozilgan *Mathematics of Public Key Cryptography* kitobida ECC bilan bir qatorda boshqa ommaviy kalitli kriptotizimlarning matematik asoslari ham bayon etilgan. Muallif ECC ning diskret logarifm muammosiga bog‘liqligini va bu muammoning hozirgi zamonaviy hisoblash tizimlarida yechilishi juda qiyin ekanligini ko‘rsatadi.

NIST Special Publication 800-186 (2019) [11] va RFC 7748 (2016) [13] hujjatlarida ECC ning xavfsiz parametrlarini tanlash bo‘yicha tavsiyalar berilgan. Xususan, Curve25519 va Curve448 kabi egri chiziqlarning afzalliklari, ularning yuqori samaradorligi va xavfsizligi asoslangan. Bu hujjatlar real kriptografik tizimlarni yaratishda muhim amaliy manbalar hisoblanadi.

Douglas Stinson va Maura Paterson (2018) [12] kitobida ECC, Diffie-Hellman va RSA kabi ommaviy kalitli kriptografik algoritmlar chuqur tahlil qilinadi. Kitobda ECC asosidagi tizimlarning xavfsizlik darajasi, ularning yutuqlari va zaif tomonlari haqida batafsil ma’lumot berilgan.

Yuqoridagi adabiyotlar ECC ning nazariy asoslari, amaliy tatbiqlari va xavfsizlik jihatlarini chuqur o‘rganish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki:

ECC kichik kalit uzunligida ham yuqori xavfsizlikni ta’minlaydi, bu esa uni resurslari cheklangan muhitlarda samarali ishlatish imkonini beradi.

Ba’zi egri chiziqlar zaif bo‘lishi mumkin, shuning uchun Curve25519 va Curve448 kabi xavfsiz egri chiziqlar tavsiya etiladi.

Kvant kompyuterlar rivojlanishi bilan ECC algoritmlari xavfsizligiga tahdid paydo bo‘lishi mumkin, shu sababli post-kvant ECC variantlarini o‘rganish dolzarb masala hisoblanadi.

Kelajakda ECC ning yanada xavfsiz variantlarini ishlab chiqish, yanma-kanal hujumlariga qarshi chora-tadbirlar ishlab chiqish va post-kvant ECC algoritmlarini o‘rganish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

METODOLOGIYA

Elliptik egri chiziqlarga asoslangan kriptografiyaning (ECC) xavfsizligi diskret logarifm muammosi (ECDLP) ga bog‘liq bo‘lib, bu muammoni yechish hozirgi zamonaviy algoritmlar uchun juda murakkab hisoblanadi. Asosiy murakkablik quyidagi omillarga bog‘liq:

- Diskret logarifm muammosining qiyinligi;
- Arifmetik operatsiyalarni bajarishdagi murakkablik;
- Maxsus hujum usullariga chidamlilik;
- Kvant kompyuterlarga qarshi himoya.

Diskret logarifm muammosining murakkabligi

Diskret logarifm muammosi quyidagicha ifodalanadi:

Agar elliptik egri chiziq ustida generator nuqta P va undan hosil qilingan $Q = kP$ nuqtasi berilgan bo‘lsa, k ni topish juda qiyin.

Murakkablik darajasi Shartli ravishda eksponensial – hozirgi algoritmlar uchun bu masala eksponensial vaqt talab qiladi [1].

Arifmetik operatsiyalar murakkabligi

Elliptik egri chiziqlarda nuqtalar qo‘shilishi va skalyar ko‘paytirish operatsiyalari modulli arifmetikadan ko‘ra murakkabroq ishlaydi:

– Nuqtalar qo‘shilishi – modulli operatsiyalarni talab qiladi;
– Galois maydonlarida hisob-kitoblar – $GF(p)$ yoki $GF(2^m)$ maydonlari asosida murakkab arifmetik amallar bajariladi.

Bu esa ECC algoritmlarining dasturiy va apparat jihatdan samarali optimizatsiyasini talab qiladi [2].

ECC ga qarshi maxsus hujumlar

ECC ning murakkabligi mavjud hujum usullariga ham bog‘liq. Asosiy hujumlar:

– Pohlig-Hellman hujumi – faqat kichik tartibli guruhlarga ta’sir qiladi;
– Pollard’s Rho algoritmi – $\sqrt{n}$ murakkablikka ega, lekin ECC parametrlarini to‘g‘ri tanlash orqali oldini olish mumkin [3];
– MOV hujumi va Frey-Rück hujumi – faqat maxsus tuzilishga ega bo‘lgan egri chiziqlarga ishlaydi.

Shuning uchun ECC tizimlarida to‘g‘ri egri chiziq parametrlarini tanlash katta ahamiyatga ega.

Kvant kompyuterlarning tahdidi

Hozirgi klassik kompyuterlar ECC ni buzishga qodir emas. Ammo kvant kompyuterlar uchun Shor algoritmi ECC uchun xavf tug‘dirishi mumkin:

– Kvant kompyuterlarda ECC ning murakkabligi eksponensial emas, balki polynomial darajaga tushadi [4].
– Bu esa ECC ni post-kvant kriptografik tizimlarga almashtirish zaruratini tug‘diradi.

NATIJALAR

Quyidagi jadvalda elliptik egri chiziqlarga asoslangan mashhur kriptografik algoritmlarning qiyosiy tahlili keltirilgan.

1-jadval. Elliptik egri chiziqlarga asoslangan algoritmlarning qiyosiy tahlili

Algoritm	Foydalanish maqsadi	Xavfsizlik darajasi	Amaliyotdagi samaradorlik	Hujumlarga chidamlilik	Tavsiya etilgan kalit uzunligi (bit)
ECDH (Elliptic Curve Diffie-Hellman)	Kalit almashish	Yuqori	O‘rtacha	Diskret logarifm muammosiga bog‘liq, kvant kompyuterlarga zaif	256-bit (RSA 3072-bit ekvivalenti)
ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)	Raqamli imzolar	Yuqori	Tez (RSA ga nisbatan samaraliroq)	Pollard's Rho hujumiga nisbatan bardoshli, kvant hujumlarga zaif	256-bit (RSA 3072-bit ekvivalenti)
EdDSA (Edwards-curve Digital Signature Algorithm)	Raqamli imzolar	Juda yuqori	ECDSA ga qaraganda tezroq	Yanada samarali va xavfsiz variant	256-bit (Ed25519 standarti)
ECIES (Elliptic	Shifrlash	Yuqori	Tez	Xavfsiz blok shifrlash bilan	256-bit

Algoritm	Foydalanish maqsadi	Xavfsizlik darajasi	Amaliyotdagi samaradorlik	Hujumlarga chidamlilik	Tavsiya etilgan kalit uzunligi (bit)
Curve Integrated Encryption Scheme)				qo‘llaniladi, kvant hujumlarga zaif	
SM2 (Chinese ECC Standard)	Shifrlash va raqamli imzolar	Yuqori	O‘rtacha	Xitoy kriptografiya standarti, ECDSA va ECDH asosida	256-bit
ECC-based Zero-Knowledge Proofs (ZKP)	Maxfiylik va autentifikatsiya	Juda yuqori	O‘rtacha	Post-kvant hujumlarga bardoshli bo‘lishi mumkin	256-bit va undan yuqori
Algoritm	Foydalanish maqsadi	Xavfsizlik darajasi	Amaliyotdagi samaradorlik	Hujumlarga chidamlilik	Tavsiya etilgan kalit uzunligi (bit)

MUHOKAMA

– **ECDH** – TLS/SSL, VPN va boshqa xavfsiz aloqa protokollarida ishlatiladi.
– **ECDSA** – Raqamli imzolar uchun RSA ga nisbatan samaraliroq variant.
– **EdDSA** – ECDSA ning tezroq va xavfsizroq varianti, Ed25519 va Ed448 formatlarida ishlatiladi.
– **ECIES** – Ochiq kalitli shifrlashda samarali foydalaniladi.
– **SM2** – Xitoy standartida ishlatiladigan maxsus ECC algoritmi.
– **ECC-based ZKP** – Maxfiylikni oshirish uchun qo‘llaniladi (masalan, blokcheynda).

Hozirgi kunda **EdDSA va ECDSA eng ko‘p ishlatilayotgan ECC algoritmlari** hisoblanadi, chunki ular xavfsizlik va samaradorlik nuqtayi nazaridan eng optimal hisoblanadi.

Elliptik egri chiziqlarning murakkabligi quyidagilarga bog‘liq [6-13]:

– Diskret logarifm muammosining yechilishi qiyinligi;
– Arifmetik operatsiyalarning murakkabligi;
– Maxsus hujumlarga bardoshlilik;
– Kvant kompyuter tahdidiga qarshi chidamlilik.

Hozirda 256-bitli ECC 3072-bitli RSA bilan teng darajada xavfsiz hisoblanadi [5]. Shu sababli, ECC ko‘plab xavfsiz aloqa protokollarida (TLS/SSL, blokcheyn, IoT) qo‘llanilmoqda.

Elliptik egri chiziqlarga (ECC) asoslangan algoritmlar yuqori xavfsizlik va samaradorlikni ta’minlaydi. Quyida ushbu algoritmlarni tanlash va qo‘llash bo‘yicha asosiy taklif va tavsiyalar berilgan.

Algoritm tanlash bo‘yicha tavsiyalar:

– Kalit almashish uchun – ECDH (Elliptic Curve Diffie-Hellman) ishlatish tavsiya etiladi. Muqobil variant: Agar yanada yuqori xavfsizlik talab qilinsa, X25519 (Edwards egri chizig‘iga asoslangan) varianti ishlatilishi mumkin;

– Raqamli imzo uchun – EdDSA (Ed25519 yoki Ed448) tavsiya etiladi. ECDSA ham ishlatilishi mumkin, lekin u tasodifiy sonlar avlodiga bog‘liq bo‘lgani uchun, noto‘g‘ri implementatsiya xavfi yuqori;

– Shifrlash uchun – ECIES (Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme) ishlatish maqsadga muvofiq. Muqobil variant: Agar post-kvant hujumlarga bardoshlilik talab qilinsa, ECC bilan simmetrik algoritmlarni birgalikda ishlatish tavsiya etiladi;

– Blokcheyn va maxfiylik uchun – ECC asosida Zero-Knowledge Proofs (ZKP) yoki Ring Signature ishlatish mumkin. Bu ayniqsa kriptovalyuta va anonim tranzaksiyalar uchun juda muhim.

Kalit uzunligini tanlash:

– Kamida 256-bit ECC kalitlari ishlatish tavsiya etiladi. ECC ning 256-bit kaliti (masalan, secp256r1) 3072-bitli RSA kalitiga teng xavfsizlikni ta’minlaydi. Yuqori xavfsizlik talab qilingan hollarda 384-bit yoki 521-bit ECC variantlari (secp384r1, secp521r1) tavsiya etiladi;

– Post-kvant kriptografiyaga tayyor turish uchun alternativlarga e’tibor qaratish. Post-quantum ECC variantlari yoki lattice-based kriptografiya (masalan, CRYSTALS-DILITHIUM) ga o‘tish strategiyasini ishlab chiqish lozim.

ECC xavfsizligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar:

– To‘g‘ri egri chiziq parametrlarini tanlash. NIST tomonidan tavsiya etilgan egri chiziqlar (secp256r1, secp384r1) yoki Curve25519, Curve448 ishlatilishi tavsiya etiladi. Maxsus (custom) egri chiziqlarni ishlatishdan ehtiyot bo‘lish lozim, chunki ular zaif bo‘lishi mumkin;

– Tasniflangan ECC hujumlariga qarshi ehtiyot choralarini ko‘rish. Yonma-yon kanal hujumlariga (Side-Channel Attacks) qarshi himoya uchun tasodifiylashtirish (blinding) va doimiy vaqtli algoritmlarni ishlatish lozim. Pollard’s Rho hujumiga qarshi kalit uzunligini oshirish mumkin;

– Implementatsiya xavfsizligini ta’minlash. ECC-ni dasturiy ta’minotda noto‘g‘ri amalga oshirish xavfsizlik zaifliklariga olib kelishi mumkin. Ochiq kodli kriptografik kutubxonalar (OpenSSL, libsodium, Bouncy Castle) dan foydalanish tavsiya etiladi.

Kelajak strategiyalari:

– Post-kvant kriptografiyaga tayyorgarlik. Kvant kompyuterlarning rivojlanishi bilan Shor algoritmi ECC ni zaiflashtirishi mumkin. Shu sababli, post-kvant ECC alternativlari bo‘yicha izlanishlar olib borish kerak;

– IoT va cheklangan resurslarga ega qurilmalar uchun ECC afzal. ECC kam quvvat sarflaydi va kam xotira talab qiladi, shuning uchun IoT, mobil qurilmalar va aqlli kartalar uchun juda mos keladi;

– Blokcheyn va maxfiylikka e’tibor berish. ECC asosida Zero-Knowledge Proofs (ZKP) va homomorfik shifrlash kabi yangi texnologiyalarni o‘rganish va rivojlantirish lozim.

XULOSA

Elliptik egri chiziqlarga asoslangan kriptografiya (ECC) bugungi kunda samarali va xavfsiz kriptografik tizimlardan biri sifatida keng

qo‘llanilmoqda. Uning asosiy afzalligi kichik kalit uzunligida yuqori xavfsizlikni ta’minlashi bo‘lib, bu uni ayniqsa mobil qurilmalar, IoT tizimlari va cheklangan resurslarga ega muhitlar uchun moslashtiradi.

Maqolada ECDH, ECDSA, EdDSA va ECIES kabi mashhur ECC algoritmlarining qiyosiy tahlili taqdim etildi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, EdDSA imzo algoritmi xavfsizlik va samaradorlik nuqtayi nazaridan ECDSA ga nisbatan ustun, ECDH esa xavfsiz kalit almashish uchun samarali echimdir. Shuningdek, ECC asosidagi Zero-Knowledge Proofs (ZKP) texnologiyalari maxfiylikni oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Biroq, ECC ham ba’zi zaifliklarga ega. Yanma-kanal hujumlari va tasodifiy sonlar avlodining noto‘g‘ri ishlatilishi ECC algoritmlarining xavfsizligiga ta’sir qilishi mumkin. Shuningdek, Shor algoritmi asosidagi kvant kompyuterlar rivojlanishi ECC ning kelajakdagi xavfsizligiga jiddiy tahdid tug‘diradi. Shu sababli, post-kvant kriptografiyaga o‘tish strategiyasi ishlab chiqilishi zarur.

Kelajakda post-kvant ECC variantlari, ECC asosidagi yangi autentifikatsiya va maxfiylik mexanizmlarini rivojlantirish ustida tadqiqotlar olib borish muhim. Kriptografik tizimlarning bardoshliligini oshirish uchun ECC va simmetrik shifrlash algoritmlarini kombinatsiyalash ham samarali yondashuv bo‘lishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Koblitz, N. (1987). "Elliptic curve cryptosystems". *Mathematics of Computation*, 48(177), 203-209.

2. Miller, V. (1985). "Use of elliptic curves in cryptography". *Advances in Cryptology - CRYPTO’85*, Lecture Notes in Computer Science, 218, 417-426.

3. Hankerson, D., Menezes, A., & Vanstone, S. (2004). *Guide to Elliptic Curve Cryptography*. Springer.

4. Shor, P. (1997). "Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer". *SIAM Journal on Computing*, 26(5), 1484-1509.

5. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2013). *Recommendation for Key Management - Part 1: General*. Special Publication 800-57.

6. Darrel Hankerson, Alfred Menezes, Scott Vanstone, Guide to Elliptic Curve Cryptography, Springer, 2004.

7. Nigel Smart, Cryptography: An Introduction, McGraw-Hill, 2003.

8. Daniel J. Bernstein, Tanja Lange, "SafeCurves: Choosing Safe Parameters for ECC", 2014.

9. Ian F. Blake, Gadiel Seroussi, Nigel P. Smart, Elliptic Curves in Cryptography, Cambridge University Press, 1999.

10. Steven Galbraith, Mathematics of Public Key Cryptography, Cambridge University Press, 2012.

11. NIST Special Publication 800-186, Recommendations for Discrete Logarithm-Based Cryptography: Elliptic Curve Domain Parameters, National Institute of Standards and Technology, 2019.

12. Douglas R. Stinson, Maura Paterson, Cryptography: Theory and Practice, CRC Press, 2018.

13. RFC 7748, Elliptic Curves for Security (by Adam Langley, Mike Hamburg, Sean Turner), Internet Engineering Task Force (IETF), 2016.

SHARTLI TASODIFIY MAYDONLAR MODELI ASOSIDA O‘ZBEK TILI MATNLARINI PUNKTUATSION TAHLIL QILISH

Sharipov Maqsud Siddiqovich,
Urganch davlat universiteti,
Kompyuter ilmlari kafedrasi dotsenti,
maqsbek72@gmail.com

Adinayev Xushnudbek Saylboyevich,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Urganch filiali
o‘quv-uslubiy boshqarma boshlig‘i,
hushnudbek.adinaev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda o‘zbek tili matnlarini punktuatsion tahlil qilish uchun Shartli Tasodifiy Maydonlar (Conditional Random Fields, CRF) modeli asosida yondashuv taklif qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — o‘zbek tili matnlaridagi tinish belgilarini aniqlash va to‘g‘ri joylashtirish orqali matnlarning strukturaviy yaxlitligini ta’minlashdan iborat. CRF modeli ketma-ketlikka asoslangan tahlil imkoniyatlari orqali so‘zlar va ularning kontekstual xususiyatlarini chuqur o‘rganib, tinish belgilarining joylashuvini bashorat qiladi.
Loyiha doirasida o‘zbek tili uchun maxsus korpus yaratiladi, unda har bir so‘z va tinish belgi orasidagi bog‘liqliklar belgilab chiqiladi. Matnlar morfologik va sintaktik xususiyatlarga asoslangan holda belgilab beriladi va xususiyatlar to‘plami (feature set) aniqlanadi. Modelni o‘qitish va test qilish jarayonlarida an’anaviy statistik ko‘rsatkichlar — aniqlik (precision), qamrov (recall) va F1-mezonlardan foydalaniladi. Tadqiqot natijalari CRF modelining o‘zbek tilida punktuatsion tahlil vazifasida samarador va ishonchli ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Tinish belgilari, NLP, CRF model, F1 mezonlar

Kirish

Punktuatsiya belgilarini bashorat qilish tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasida muhim muammolardan biri hisoblanadi. Matnlarda to‘g‘ri va izchil tinish belgilarining mavjudligi matnni o‘qish va tushunishni sezilarli darajada osonlashtiradi, shuningdek, undan keyingi vazifalar, masalan, so‘z turkumlarini aniqlash, sintaktik tahlil, ma’lumotlarni ajratib olish va mashina tarjimasi sifatini oshiradi. Shu sababli, transkriptsiya qilingan nutq matnlariga yoki punktuatsiyasi yo‘q matnlarga tinish belgilarini qo‘shish dolzarb masalalardan biridir[1].

So‘nggi yillarda punktuatsiya bashorat qilish uchun shartli tasodifiy maydonlar (CRF) va ularning kengaytirilgan shakli — dinamik shartli tasodifiy maydonlar (DCRF) modellari keng qo‘llanilmoqda. CRFlar ketma-ketliklarni belgilashda samarali ishlaydi va murakkab xususiyatlar orasidagi bog‘liqlikni modellash imkonini beradi. DCRF esa ko‘plab ketma-ket belgilarni birgalikda ko‘rib chiqish, uzoqdagi bog‘liqliklarni hisobga olish va bir nechta subtizimlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni modellashtirish imkonini beradi.

Turli tadqiqotlar, xususan Sutton va McCallum (2004, 2007) tomonidan taqdim etilgan DCRF modellari, Lu va Ng (2010) tomonidan conversational speech matnlarida punktuatsiya aniqligi oshirilgan metodlar, hamda Pham va hamkorlari (2014) tomonidan Vetnam tilida CRF asosida punktuatsiya bashorati bo‘yicha o‘tkazilgan dastlabki tajribalar, ushbu sohadagi yondashuvlarning samaradorligini ko‘rsatadi. Yana bir qator ishlanmalar esa (Yavuz va Nalci, 2014) CRF modellarining optimallashtirish usullarini chuqur o‘rganib, punktuatsiya aniqligini oshirishga qaratilgan.

Ushbu tadqiqotda biz mavjud metodlardan ilhomlanib, punktuatsiya belgilarini bashorat qilishning yangi modelini ishlab chiqamiz. Modelimiz, xususan, DCRF asosida tashkil qilinadi va nafaqat gaplarning chegaralarini aniqlash, balki gap turini

(nuqta, vergul, so‘roq va hokazo) aniqlash va to‘liq punktuatsiya tiklash vazifalarini birgalikda hal qilishga yo‘naltirilgan. Shuningdek, punktuatsiya bashorat qilish jarayonida faqat matnli ma’lumotlardan foydalaniladi, ovozga asoslangan prosodik xususiyatlar talab etilmaydi.

2.METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot punktuatsiya belgilarini bashorat qilish uchun Conditional Random Fields (CRF) modelidan foydalanishni taklif etadi.

Shartli tasodifiy maydonlar (Conditional Random Fields — CRF) (Lafferty va boshq., 2001) — bu tuzilmalangan kuzatuv x hamda unga mos tuzilmalangan yorliq y o‘rtasidagi turli bog‘lanishlarni ifodalay oladigan diskriminativ, yo‘naltirilmagan Markov modellaridir. Quyida amaliyotda, xususan ketma-ketlikni yorliqlash (sequence labeling) masalalarida keng qo‘llaniladigan maxsus tur — chiziqli-zanjirli CRF bo‘yicha qisqa kirish beriladi.

CRF ni formal ta’riflash uchun X va Y tasodifiy vektorlarini, x — X ning, y — Y ning qiymatlarini olaylik: $x = (x_1, x_2, \ldots, x_T)$ va $y = (y_1, y_2, \ldots, y_T)$. CRF uchun $\{f_k(y, y', x_t)\}^K_{k=1}$ ko‘rinishidagi haqiqiy qiymatli belgi (xususiyat) funksiyalar to‘plami bo‘lsin hamda har bir f_k ga mos vazn λ_k biriktirilgan bo‘lsin. Shuni esda tutingki, $\{f_k(y, y', x_t)\}^K_{k=1}$ belgi funksiyasi faqat x_t ga emas, balki butun x ketma-ketligiga ham bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Chiziqli-zanjirli CRF shartli taqsimotni quyidagicha aniqlaydi:

$$p(y|x)=\frac{1}{Z(x)}\exp\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}\lambda_k f_k(y_t, y_{t-1}, x_t)\right),$$

bu yerda

$$Z(x)=\sum_y \exp\left(\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}\lambda_k f_k(y_t, y_{t-1}, x_t)\right)$$ normalizatsiya (partitsiya) funksiyasidir. O‘qitish ma’lumotlari

$D=\{(x^i,y^i)\}_i$ berilganida, model parametrlarini $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2 \ldots \lambda_K)$ quyidagi regulyarizatsiyalangan shartli log-ehtimollikni maksimal qiluvchi tarzda tanlaymiz:

$$L(\lambda)=\sum_i \ln p\left(y^i|x^i\right) - \sum_{k=1}^{K}\frac{\lambda_k^2}{2\,\sigma^2}$$

bu yerda σ — regulyarizatsiya darajasini nazorat qiluvchi parametr. L(λ) funksiyasi konkav bo‘lgani sababli global optimumni har qanday konveks optimallashtirish algoritmi yordamida topish mumkin.

Bunday optimallashtirish algoritmlari odatda CRF da inferensiyani talab qiladi. Yashirin Markov modellarida (Rabiner, 1989) bo‘lgani kabi, CRF da ham inferensiya oldinga va orqaga (forward/backward) o‘zgaruvchilarni aniqlash va ularni dinamik dasturlash algoritmlari yordamida samarali hisoblash orqali bajariladi[2].

Test bosqichida yangi namunaga mos yorliq ketma-ketligi o‘xshash Viterbi algoritmi (Sutton va McCallum, 2006) yordamida tanlanadi; u tayyor modelga ko‘ra eng yuqori ehtimollikka ega yorliq ketma-ketligini qaytaradi. Bizning tinish belgilarini bashorat qilish tizimimizda aynan shu algoritmlardan foydalaniladi.

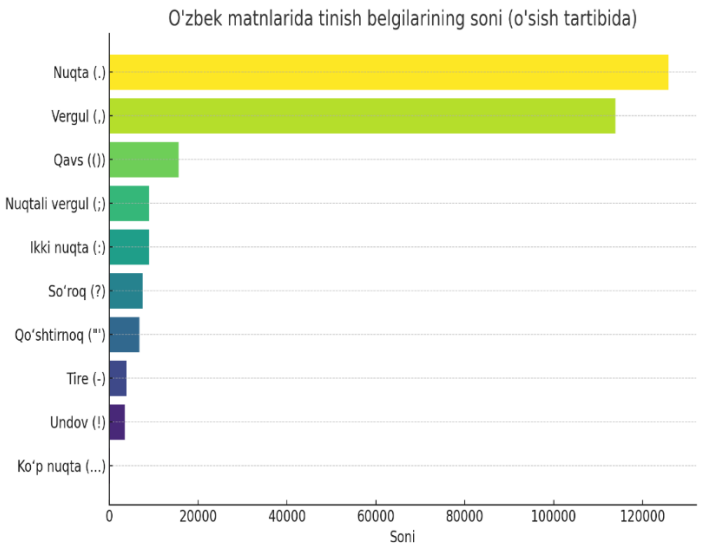
Punktuatsiya bashorati korpusi o‘zbek tilida mavjud bo‘lmagani uchun biz o‘z korpusimizni IT yo‘nalishidagi manbalardan tuzdik. Aniqlik kiritadigan bo‘lsak, dasturlash, informatika va texnika yo‘nalishlaridagi o‘quv qo‘llanmalar, maqolalar va darsliklardan korpus yaratdik. Oldindan qayta ishlash bosqichida biz matndagi keng uchraydigan yozuv xatolarini hamda tinish belgilarining me’yoriy bo‘lmagan ishlatilish holatlarini tuzatamiz. Bunga, masalan, gap oxirida ketma-ket ikkita yoki undan ortiq tinish belgisi qo‘yilishi (ellipsisdan keyin nuqta, uchta savol belgisi va hokazo) yoki tinish belgisining qo‘shtirnoq tashqarisida paydo bo‘lishi kiradi. Ushbu bosqich yakunlangach, taxminan **1 500 000** dan ziyod so‘zdan iborat korpusga ega bo‘lamiz. Natijada taxminan **1 500 000** dan ziyod so‘z va 10 xil tinish belgisini (vergul – ,; nuqta– .; ikki nuqta– :; nuqtali vergul – ;; ko‘p nuqta – …; savol belgisi – ?; undov belgisi – !; qo‘shtirnoq-“”; qavs (); tire –) o‘z ichiga olgan korpusga ega bo‘ldik.

Quyidagi jadvalda yaratilgan korpusning punktuatsiya belgilarining statistikasi keltirilgan.

№	**Punktuatsiya belgisi**	**soni**
1	Nuqta (PERIOD)	125823
2	Vergul (COMMA)	113909
3	Ikki nuqta (COLON)	8936
4	Nuqtali vergul (SCOLON)	8979
5	So‘roq belgisi (QMARK)	7479
6	Undov belgisi (EMARK)	3492

7	Ko‘p nuqta (ELLIPSIS)	132
8	Tire (DASH)	3897
9	Qo‘shtirnoq (QUOTE_L/R)	6791
10	Qavs (PAREN_L/R)	15574
	jami	**295012**

2.1-jadval punktuatsiya korpusidagi tinish belgilarining soni keltirilgan.



2.1-diagramma punktuatsiya korpusdagi punktuatsiya belgilarining statistikasi keltirilgan.

10 ta asosiy O‘zbekcha tinish belgisini CRF yordamida boshqarish to‘liq amalga oshadi.

Qoidalarni *xususiyat funktsiyalari* ko‘rinishida modelga berasiz, CRF esa ularni statistik ravishda og‘irlashtirib, kontekst va juftlik cheklovlarini global Viterbi orqali hisobga oladi. Natijada qo‘lda yozilgan “if-else” ga qaraganda moslashuvchanroq va F1 baland bo‘lgan sistema hosil bo‘ladi.

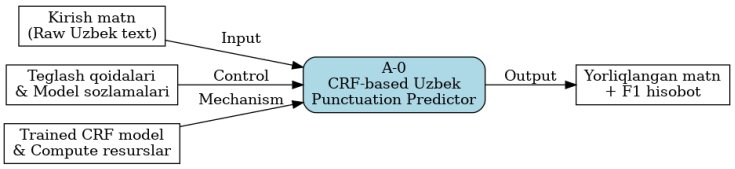
Quyidagi 2.2-jadval punktuatsiya belgilarini qoidalari keltirilgan.

Belgi	**Qoidaga ishora qiluvchi xususiyatlar (f_k)**
Nuqta (PERIOD)	<nuqta> <before> <word>Ammo</word> <word>Lekin</word> <word>Biroq</word> <word>Chunki</word> <word>Shuning uchun</word> <word>Go‘yo</word> </before> <after> <word>edi</word> <word>ekan</word> <word>emish</word> <word>kerak</word> <word>lozim</word> <word>darkor</word> </after> </nuqta>
Vergul (COMMA)	<vergul> <before> <word>chunki</word> <word>negaki</word> <word>toki</word> <word>go'yo</word> <word>shuning uchun</word> <word>shu sababli</word> <word>shu bois</word> <word>ya’ni</word> </before> <after> <word>Ha</word> <word>Yo‘q</word> <word>Rahmat</word> <word>Xo‘sh</word> <word>Qani</word> <word>Xayr</word> <word>Ofarin</word> <word>Salom</word> </after> <both> <word>darvoqe</word> <word>albatta</word> <word>avvalo</word> </both> <sent_start_after> <word>Qani</word> <word>Nima</word> <word>Xo‘sh</word> </sent_start_after> <sent_mid_both> <word>Qani</word> <word>Nima</word> <word>Xo‘sh</word> </sent_mid_both> <sent_end_before> <word>Qani</word> <word>Nima</word> <word>Xo‘sh</word> </sent_end_before> </vergul>

Ikki nuqta (COLON)	<Ikki nuqta> <after> <word>quyidagi</word> <word>masalan</word> <word>reja</word> <word>qaror qiladi</word> <word>qaror qilindi</word> </after> </Ikkinuqta>
Nuqtali vergul (SCOLON)	parallel_np=1 (bir xil tuzulma ketma-ketligi)pos_t==VERB & next_pos==VERB
So‘roq belgisi (QMARK)	word.lower() in {'kim','nima','qachon','necha'}verb_form=='mi?' (so‘roq affiksi)
Undov belgisi (EMARK)	pos_t==INTJ (undov so‘zlar: “Voy!”)prev_word.isupper() → hayajon verb_mood==IMP (buyruq fe’l)
Ko‘p nuqta (ELLIPSIS)	prev_pos==ADJ & unfinished_clause=1char_seq=='...'
Tire (DASH)	prev_pos==NOUN & next_pos==NOUN (appozitsiya)word=='— 'dialogue_start=1
Qo‘shtirnoq (QUOTE_L/R)	char=='«' or char=='“' / », ”prev_word.endswith(':') (nutqdan oldin)
Qavs (PAREN_L/R)	char=='(' or char==')'inside_enum=1 (ro‘yxat ichida)

2.2-jadval punktuatsiya belgilarining qoidalari.

CRF modeli orqali o‘zbek tili matnlarini punktuatsion tahlil qilish uchun ishlatamiz, CRF modelining IDEF0 modelini ishlab chiqamiz va dasturiy ta’minotini yaratamiz. Ushbu dastur to‘plamining asosiy dasturlash tili — Python. Python dastur interfeysi va boshqa kutubxonalar bilan integratsiyani ta’minlaydi. Dastur shuningdek, zarur bo‘lgan qo‘shimcha kutubxonalardan ham foydalanadi. Mazkur dastrur quyidagi IDEF0 model diagrammalari orqali batafsil tushuntiriladi.



2.1-rasm. CRF modeli asosida o‘zbek tili matnlarini punktuatsion tahlil qilishning IDEF0 modeli.

NATIJA

Tajriba sifatida IT sohasi bo‘yicha muvozanatlangan, jami 1500 000 so‘zdan iborat ortiqroq o‘zbek korpusi tanlandi. Ishlab chiqilgan korpusda jami 295012 ta tinish belgisi mavjud edi. CRF modeliga asoslangan punktuatsiya bashorat modeli umumiy hisobda qariyb 87.5 foiz aniqlikka erishib, e’tiborga molik natija ko‘rsatdi.

XULOSA

O‘zbek tili punktuatsiya korpusini ishlab chiqish tabiiy tilni qayta ishlash va avtomatik punktuatsiya tizimlarini rivojlantirish uchun muhim jarayondir. To‘g‘ri yig‘ilgan va annotatsiya qilingan korpus yuqori sifatli NLP modellarini ishlab chiqishga yordam beradi. Punktuatsiya korpusimiz tinish belgilarining qo‘llanilishini o‘rganish va avtomatlashtirish uchun tuzilgan maxsus matnlar to‘plamidan iborat. Bu korpus mashinada o‘qiladigan formatda bo‘lib, avtomatik punktuatsiya tiklash, nutqni matnga aylantirish, grammatik xatolarni tekshirish va mashinali tarjima kabi jarayonlarda muhim rol o‘ynaydi. Bu korpus sun’iy intellekt va tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasida katta foyda keltirishi mumkin.

Ishlab chiqilgan korpusimizda o‘zbek tilining IT sohasidagi matnlardan 1 500 00 dan siyod so‘z va **295012** ta punktuatsiya belgilaridan iborat. Ushbu ishning davomi sifatida keljakda o‘zbek tili matnlarini punktuatsion tahlil qilish masalasini sun’iy intellekt modellaridan foydalanib yechish va yaxshiroq aniqlikdagi natijalarni olish maqsad qilingan.

FOYADALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Pham Q.H., Nguyen B.T., Cuong N.V. Punctuation Prediction for Vietnamese Texts Using

Conditional Random Fields // ACML Workshop: Machine Learning and Its Applications in Vietnam (MLAVN 2014). – 2014. – B. 1–9.

[2] Yavuz S., Nalci A. Punctuation using Conditional Random Fields // University of California, San Diego, Course Project Report. – 2013. – 7 bet.

[3] D. Hardt, “Comma checking in Danish,” 2001.

[4] U. Salaev, E. Kuriyozov, and C. Gómez-Rodríguez, “SimRelUz: Similarity and Relatedness scores as a Semantic Evaluation Dataset for Uzbek Language,” in 1st Annual Meeting of the ELRA/ISCA Special Interest Group on Under-Resourced Languages, SIGUL 2022 - held in conjunction with the International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2022 - Proceedings, 2022, pp. 199 – 206. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85138700420&partnerID=40&md5=bf476cd74317f06577dd0548c5c600d6

[5] A. M. Abdurashetona and I. O. Ismailovich, “Methods of Tagging Part of Speech of Uzbek Language,” in Proceedings - 6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2021, 2021, pp. 82 – 85. doi: 10.1109/UBMK52708.2021.9558900.

[6] A. M. Abdurashetona and U. Mokhiyakon, “Software Features and Linguistic Features of Uzbek Synonymizer,” in Proceedings - 7th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2022, 2022, pp. 171 – 175. doi: 10.1109/UBMK55850.2022.9919447.

[7] B. Mengliyev, S. Shahabitdinova, S. Khamroeva, S. Gulyamova, and A. Botirova, “The morphological analysis and synthesis of word forms in the linguistic analyzer,” Journal of Language and Linguistic Studies, vol. 17, no. 1, pp. 558 – 564, 2021, [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103797274&partnerID=40&md5=8a4052419f721c3c734f8fe1c48984ec

[8] K. Madatov, S. Bekchanov, and J. Vičič, “Dataset of Karakalpak language stop words,” Data Brief, vol. 48, 2023, doi: 10.1016/j.dib.2023.109111.

[9] M. Sharipov and O. Sobirov, “Development of a Rule-Based Lemmatization Algorithm Through Finite State Machine for Uzbek Language,” in CEUR Workshop Proceedings, 2022, pp. 154 – 159. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85146112590&partnerID=40&md5=e1080c39d101c0e351cfed1a8228d391

[10] M. Sharipov and O. Yuldashov, “UzbekStemmer: Development of a Rule-Based Stemming Algorithm for Uzbek Language,” in CEUR Workshop Proceedings, 2022, pp. 137 – 144. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85146120714&partnerID=40&md5=b86a3c26c4ac5cdc4a0365e91374f052

[11] D. Mengliev, E. Akhmedov, V. Barakhnin, Z. Hakimov, and O. Alloyorov, “Utilizing Lexicographic Resources for Sentiment Classification in Uzbek Language,” Jan. 2023, pp. 1720–1724. doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347765.

[12] M. Sharipov, J. Mattiev, J. Sobirov, and R. Baltayev, ‘Creating a Morphological and Syntactic Tagged Corpus for the Uzbek Language’, CEUR Workshop Proceedings, vol. 3315, pp. 93–98, 2022.

[13] Цуканова О. А. Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов: учебное пособие – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 100 с.

[14] K. Madatov, S. Bekchanov, and J. Vicic, “Dataset of stopwords extracted from Uzbek texts”, Data in Brief, vol. 43, 2022.

FOYDALANISHNI ROLLI CHEKLASH TIZIMINI QURISH USULLARI VA ALGORITMLARI MASALASI

Irgasheva D.Y.,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish tarmoq markazi direktori, durdona.ya@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola foydalanishni boshqarishning dinamik modelining tahlili, dinamik modeldagi rasmiy spetsifikatsiya va algoritmlari hamda ishlab chiqilgan foydalanishni rolli cheklash tizimi modeli algoritmining tavsifiga bag‘ishlangan. Taklif etilgan model kombinatsiyalangan model sifatida ishlaydi, rollarga vakolatlarni dinamik tarzda tayinlaydi, hamda turli atributlar yordamida rollarga foydalanuvchilarni tayinlaydi. Ushbu yondashish faqat RBACning asosiy obyektlariga taalluqli. Undan tashqari, taklif etilgan model SODni vakolatlar sathida amalga oshiradi.

Kalit so‘zlar: kompyuter tizimlari, xavfsizlik modellari, konfidensiallik, foydalanuvchanlik, foydalanishning cheklash tizimi, RBAC (Role-Based Access Control), SOD (Segregation Of Duties), ME (Mutually Exclusive), MER (Mutually Exclusive Roles), MEP (Mutually Exclusive Permissions), COI (Conflict Of Interest)

Kirish

Xavfsizlikning rolli modelining (RBAC) qo‘llanishi kompyuter tizimlarida foydalanishni cheklash tizimini ma’murlashda jiddiy soddalashtiradi.

An’anaviy RBACda foydalanuvchilar, ishlash muhitini amalga oshirmasdan, rollar va mos amallar bo‘yicha muayyan vakolatga ega, bu xavfsizlikning yashirin muammolarini osongina vujudga keltiradi. Dinamik RBAC ushbu oqimda bajarilishi lozim bo‘lgan joriy vakolatni tekshiradi va vakolatning bajarilishi mumkinligini yoki mumkin emasligini aniqlaydi [2,6,9,11,12,13].

Foydalanishni rolli boshqarish tizimini, murakkab iyerarxiyali va ko‘p sonli taqsimlanuvchi amallar mavjud yirik tashkilotlarda ishlatish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bunday tizimda ma’lumotlar, odatdi, foydalanuvchilarga emas, tizimga tegishli bo‘ladi. Xattoki, resurslardan, foydalanishni boshqarish resurslarning tegishligiga emas, balki tashkilotdagi foydalanuvchi funksiyalariga asoslanadi [2,4,5,7,8,10].

Asosiy qism

RBACning ichki muvofiqligini va ba’zi algebraik xususiyatlarini tekshirishda soddalashtirilgan modellash tizimi Alloydan foydalaniladi. Alloy-birinchi tartibli mantiqiy modellash tili [1]. Modelda Java singari, obyektga yo‘naltirilgan dasturlash tillari sinfiga ekvivalent bo‘lgan, sig Name {} tilining konstruksiyasi ishlatiladi. Uning tarkibida sinfning barcha obyektlari va ushbu obyektlar orasidagi munosabatlar mavjud. RBAC modelidagi asosiy naborlar va funksiyalar 1-jadvalda keltirilgan. Ushbu naborlar va funksiyalar RABACga ham qo‘llaniladi. Maqolada [2,6,9,11,12,13], atributlar asosida foydalanish siyosatini yaratish uchun, naborlar va funksiyalar qo‘shiladi (2-jadval):

1-jadval

RBAC modelidagi asosiy naborlar va funksiyalar

- USERS, ROLES, OPS i OBS (foydalanuvchilar, rollar, amallar va obyektlar); - PERMS ∈ 2(OPS×OBS), vakolatlar nabori; - SESSIONS, seans (sessiya)lar nabori; - user sessions (u:USERS)→2SESSIONS, foydalanuvchi u-ni seanslar naboriga akslantirish; - avail_sessiya_roles (u:USERS)→2ROLES, foydalanuvchi u-ni rollar naboriga akslantirish; - avail_session_perms (rs:2ROLES) → 2PERMS, rollar naborini, vakolatlar to‘plamiga akslantirish;

- UA⊆USERS×ROLES foydalanuvchilar va rollarning qiyoslash;
- PA⊆ROLES×PERMS rol bilan vakolatni qiyoslash.

- avail_session_roles: ushbu funksiya seans o‘rnatilishining birinchi fazasida ishlatiluvchi, foydalanuvchilar va rollar orasidagi munosabatlarni ifodalaydi, ya’ni Sessions_Step1;
- avail_session_perms: ushbu funksiya senas o‘rnatilishining ikkinchi fazasida, ishlatiluvchi rollar va vakolatlar orasidagi munosabatlarni ifodalaydi, ya’ni Sessions_Step2;
- Set ENV: ushbu nabor dinamik nabor bo‘lib, uning elementlari muhit atributlariga mos keluvchi joriy qiymatlarni ifodalaydi.
- filter_r: ushbu funksiya rolga asoslanib, ushbu rol uchun ishlatilishi mumkin bo‘lgan barcha foydalanishni boshqarish siyosatini tanlab oladi. Har bir foydalanishni boshqarish siyosati foydalanuvchi atributlarga, rol atributlarga va muhit qiymatlariga asoslangan. Funksiya qiymati Tga teng bo‘lsa, bu foydalanuvchilar va rollar o‘rtasidagi munosabatlarning amalga kirishini bildiradi, aks holda munosabatlar yaroqsiz hisoblanadi. Ushbu funksiya Sessions_Step2da foydalanuvchilar rollarining qiyoslanishlarini dinamik aniqlash uchun ishlatiladi.
- filter_p: ushbu funksiya vakolatlarga muvofiq barcha foydalanuvchi foydalanishni boshqarish siyosatlarini tanlab oladi. Har bir foydalanishni nazoratlash siyosati yangi rol atributlariga (RATT), obyekt atributlariga va muhit qiymatlariga asoslangan. Ushbu funksiya Sessions_Step2da rollar vakolatlari qiyoslanishlarini dinamik aniqlash uchun ishlatiladi.

2-jadval. RABAC uchun qo‘shimcha naborlar va funksiyalar

- ENV vaqt, harorat va namlik kabi atrof-muhit xususiyatlarining joriy qiymatlarini ifodalaydi.
- UATT, RATT va OATT, mos ravishda, foydalanuvchi, rol va obyekt atributlari funksiyalarining cheklangan naborini ifodalaydi.
- UATT∪RATT∪OATT dagi har bir atribut uchun Range (att) atributning diapazonini, elementar qiymatlarining cheklangan naboriini ifodalaydi.
- attType:UATT∪RATT∪OATT→{set, atomic}. Atributlarni belgilangan qiymatlar bo‘yicha o‘rnatadi.
- Har bir atribut funksiyasi USERS va OBSdagi elementlarni berilgan qiymatlarga qiyoslanadi.

$$\forall ua \in UATT.\,ua: USERS \rightarrow \begin{cases} \text{Range (ua) if att Type (ua)} = \text{atomic} \\ 2^{\text{Range (ua)}} \text{if att Type (ua)} = \text{set} \end{cases}$$

$$\forall ra \in RATT.\,ra: ROLES \rightarrow \begin{cases} \text{Range (ra) if att Type (ra)} = \text{atomic} \\ 2^{\text{Range(ra)}} \text{if att Type (ra)} = \text{set} \end{cases}$$

$$\forall oa \in OATT.\,oa: PERMS \rightarrow \begin{cases} \text{Range (oa) if att Type (oa)} = \text{atomic} \\ 2^{\text{Range (oa)}} \text{if att Type (oa)} = \text{set} \end{cases}$$

- filter_r (r:ROLES)→2 POLICIES_R, rollar va siyosatlar to‘plamini akslantirish.
- Har bir pr∈POLICIES_R.
- pr: USERS×ROLES×2 UATT×2 RATT×2 ENV→{T,F}.
- filter_p(p:PERMS)→2POLICIES_P, vakolatlar siyosati to‘plamini akslantirish.
- Har bir pp∈POLICIES_P.
- pp:USERS×ROLES×PERMS×2RATT×2OATT×2ENV→{T,F},
- bu yerda RATT′=UATT∪RATT.

Ushbu yangi naborlar va funksiyalardan tashqari, maqolada [2,6,9,11,12,13] OATT atributining funksiyasi o‘zgaradi, u endi obyektdan qiymatga akslanishi, balki vakolatni qiymatga akslanishi, chunki maqolada obyekt vakolat atributi sifatida ko‘riladi, shuning uchun obyekt atributi ham vakolat atributi hisoblanadi.

3-jadval. Taklif etilayotgan modeldagi qo‘shimcha naborlar va funksiyalar

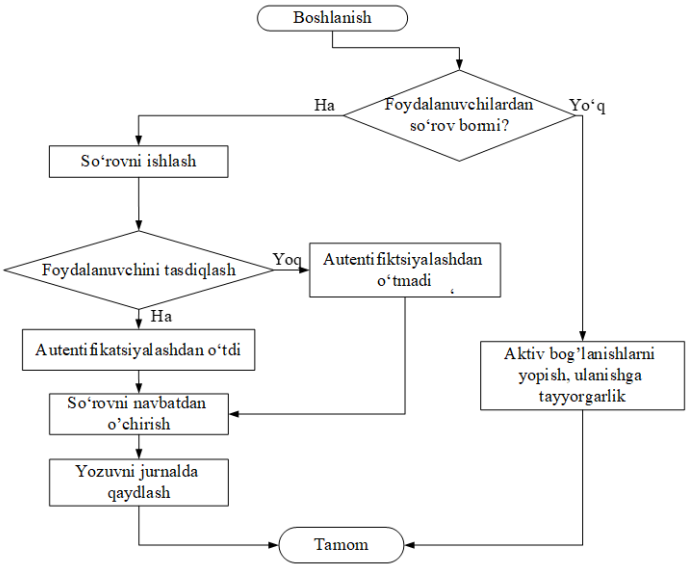
- CatCon: tarkibida atributli obyektlar bo‘lgan kategoriyalar konteynerlari uchun ishlatiladi.
- GActS: tarkibida manfaatlar ixtilofi (COI) bo‘lgan harakatlarning umumiy nabori uchun ishlatiladi.
- ops (g_act:GActS)→{ops⊆OPS}, COIli harakatlar harakatlarning umumiy naboriga akslantirish. Shunday qilib, umumiy harakatlar bilan bog‘langan COIli harakatlar, g_act ni o‘rnatadi.
- obj (cat_con: CatCon)→{obj⊆OBJ}, obyekt atributlarini kategoriyalarning konteynerlariga akslantirish. Shunday qilib, orttirilgan obyektlar kategoriyalangan konteyner cat_con bilan bog‘langan.

- PERMS∈2(OPS×OBS)∪2(OPS×CatCon)∪2(GActS×CatCon)∪2(GActS×OBS), nizolashuvchi va nizolashmaydigan atributli vakolatlar nabori.
- PASIGN⊆PERMS×ROLES orttirilgan vakolatlarni, orttirilgan rollarga akslantirish.
- Permission_auto_assigned (r:ROLES)→2PERMS, atributlardan foydalanib, nizolashuvchi va nizolashmaydigan vakolatlar naboriga, atributli rol-R ni avtomatik akslantirish.
- Permission_auto_assigned (r)={p∈ PERMS|(p, r)∈ PASIGN}
- UASIGN⊆USERS×ROLES atributli foydalanuvchilarni atributli rolga tayinlash munosabati.
- Users_auto_assigned:(r:ROLES)→2USERS, atributlar yordamida orttirilgan foydalanuvchilar naboriga, r-atributli rolni avtomatik qiyoslash.
- Users_auto_assigned (r)={u∈USERS|(u, r)∈UASIGN}
- Activate: foydalanuvchi vakolatlarni aktivlashtirish uchun, ma’lum bir vakolatli foydalanuvchiga foydalanish huquqini beruvchi funksiY.
- ¬Activate: ushbu funksiya foydalanuvchining ma’lum bir vakolatdan foydalanishini cheklash uchun ishlatiladi.
- Activated: bu ko‘rsatkichni qaytarish uchun ishlatiladigan funksiY. Bundan tashqari, u foydalanuvchi qaytish qiymatidan ma’lum bir vakolatni aktivlashtirgani haqida ham xabar beradi.
- ¬Activated: ushbu funksiya foydalanuvchining muayyan vakolatni aktivlashtirmaganini ko‘rsatish uchun ishlatiladi.
- ConfP: nizolashuvchi ikkita vakolatni tayinlovchi funksiY. Bundan tashqari, bir foydalanuvchi bu ikki vakolatni aktivlashtira olmaydi.
- ConfOP: ikki harakatni nizoli deb e’lon qiluvchi funksiY. Bu foydalanuvchi bir vaqtning o‘zida COIli, ikkita vakolatdan foydalanish huquqini olmasligi uchun bajarilgan.
- User_request_activate: ma’lum bir vakolatni ko‘rsatilgan roldan aktivlashtirish uchun ishlatiladigan so‘rov; ushbu so‘rov foydalanuvchidan keladi.

∀ p8, p10, p18, p20 ∈ PERMS, user6, user7 ∈ USERS, role3, role4 ∈ ROLES, user6 ∈ role3, role4, user7 ∈ role3, role4,
p8, p10 ∈ role3, p18, p20 ∈ role4:mex (p8, p18), mex (p10, p20)∧
user6_request_activate (user6, role3, p8) ∧
user6_request_activate (user6, role3, p10)∧
user7_request_activate (user7, role4, p18) ∧
user7_request_activate (user7, role4, p20)∧
¬activated (user6, role4, p18)⇒activates (user6, role3, p8)∧
¬activated (user6, role4, p20)⇒activates (user6, role3, p10)∧
¬activated (user7, role3, p8)⇒activates (user7, role4, p18)∧
¬activated (user7, role3, p10)⇒activates (user7, role4, p20)

Metodologiya

Autentifikatsiyani amalga oshirish. Tizimga kirishda foydalanuvchi tizimda ro‘yxatdan o‘tishi lozim, ushbu bosqichni muvaffaqiyatli o‘tkazgan foydalanuvchi autentifikatorga ega bo‘ladi. Autentifikator, foydalanuvchi so‘rovi bo‘yicha servislarni taqdim etishga xizmat qiluvchi, axborot moduliga taqdim etiladi. Modulning ijobiy javob holida (foydalanuvchi tanilgan va foydalanishning yetarli huquqlariga ega) aloqaning xavfsiz kanalini muvofiqlashtirish boshlanadi. 1-rasmda autentifikatsiya moduli ishlashi algoritmining blok-sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Autentifikatsiya moduli ishlashi algoritmining blok-sxemasi

Axborot serveri foydalanuvchi so‘rovlariga xizmat ko‘rsatish uchun servislarni taqdim etadi. Amalga oshiriluvchi xavfsizlik siyosatiga bog‘liq holda, resurslardan foydalanish ruxsati barcha foydalanuvchilarga (jumladan autentifikatsiyadan o‘tmaganlarga) yoki oldindan ma’lum vakolatlarga ega foydalanuvchilar guruhiga berilishi mumkin. Axborot tizimi serveri ishlashi algoritmining blok-sxemasi 6-rasmda keltirilgan.

Umuman holda, axborot tizimi serveri vazifasiga, autentifikatsiyadan o‘tgan

foydalanuvchilarning o‘zlarining serverlardan foydalanish so‘rovlariga xizmat ko‘rsatish kiradi. Buning uchun axborot serveri foydalanuvchilar taqdim etgan, unga ma’lum autentifikatsiya serverlaridan olinishi lozim bo‘lgan, identifikatorni tekshiradi.

Autentifikatsiya siyosatining maqsadi-foydalanuvchi belgilarini, ma’lumotlar belgilarini va SQL so‘rovlarini tekshirish va avtorizatsiya qoidalariga muvofiq yakuniy natijani generatsiyalash.

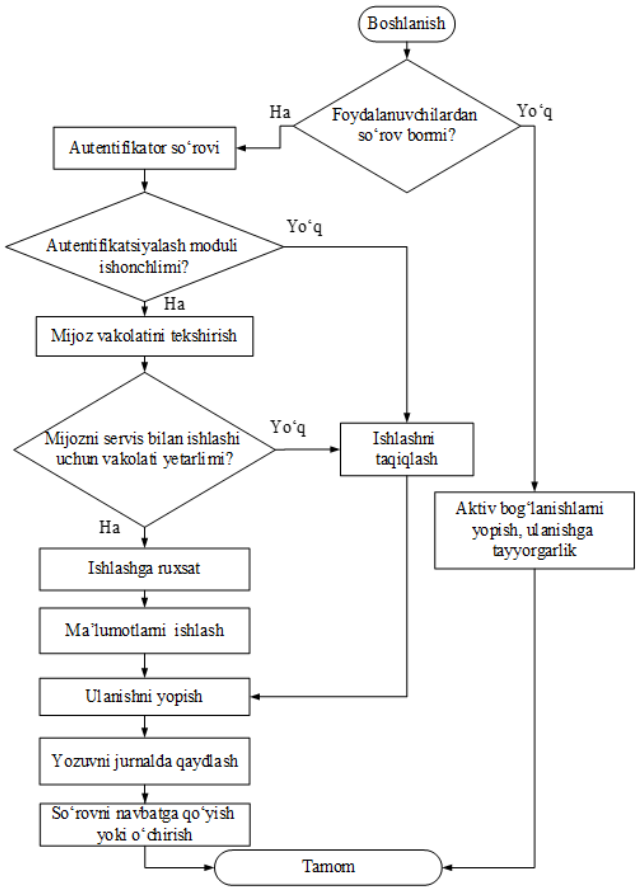
Avtorizatsiya qoidalari tavsifi quyida keltirilgan:

Agar tahlillangan foydalanuvchi belgisi bo‘sh va barcha ma’lumotlar jadvallari xavfsizlik siyosati bilan himoyalanmagan bo‘lsa, foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi beriladi.

Faraz qilaylik, tahlillangan foydalanuvchi belgisi bo‘sh emas, va ma’lumotlar jadvali xavfsizlik siyosati bilan himoyalangan. Foydalanuvchi belgisining barcha ustunlar uchun mos xavfsizlik funksiyalari mavjud emas. Bu ma’lumotlar jadvalining foydalanish cheklashlariga ega ekanligini, ammo foydalanuvchining mos foydalanish huquqiga ega emasligini anglatadi. Shunday qilib foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi berilmaydi.

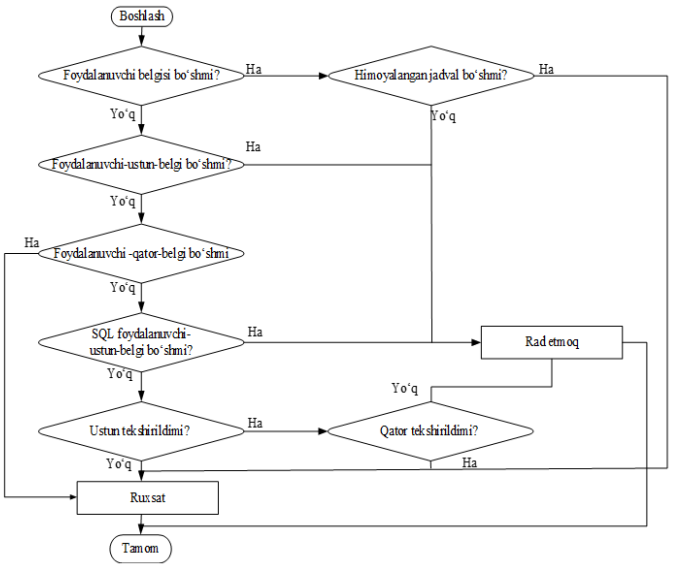
Faraz qilaylik, tahlillangan foydalanuvchi belgisi bo‘sh emas, ma’lumotlar jadvali esa xavfsizlik siyosati bilan himoyalangan. Foydalanuvchi belgisining barcha satrlari uchun uchun mos xavfsizlik funksiyalari mavjud emas. Bu foydalanuvchi belgisining mos satridan foydalanish vakolati odatiy holda ruxsat etilganligini bildiradi. YA’ni vakolatlar diapazoni-ma’lumot jadvalining barcha satrlari va, demak, foydalanuvchiga tizim kirish huquqi beriladi.

Faraz qilaylik, tahlillangan foydalanuvchi belgisi bo‘sh emas, ma’lumotlar jadvali esa xavfsizlik siyosati bilan himoyalangan. Tahlillangan SQL-so‘rovi natijasidagi taklifda ma’lumotlar jadvalining ustunlari mavjud emas, bu SQL taklifning noto‘g‘ri ekanligini ko‘rsatadi. Shunday qilib, foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi berilmaydi.



2-rasm. Axborot tizimi serveri ishlashi algoritmining blok - sxemasi

3-rasmda yuqorida tavsiflangan qoidalar asosida vakolatlarni tekshirish algoritmining blok-sxemasi keltirilgan. Birinchidan, agar foydalanuvchi belgisi bo‘sh bo‘lsa va so‘rovlar jadvali himoya siyosatiga ega bo‘lmasa, 1-qoida bo‘yicha foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi beriladi. Ikkinchidan, agar foydalanuvchi belgisi bo‘sh va so‘rovlar jadvali himoya siyosatiga ega bo‘lsa 2-qoida bo‘yicha foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi berilmaydi. So‘ngra so‘rov va foydalanuvchi ma’lumotlari tekshiriladi.



3-rasm. Vakolatlarni tekshirish algoritminingblok-sxemasi

So‘rov ma’lumotlari himoyalangan va foydalanuvchi ushbu ma’lumotlardan foydalanish huquqiga ega. Foydalanuvchi belgisiga kiritilgan ustun belgisining bo‘shligi, foydalanuvchining himoyalangan ma’lumotlardan foydalanish huquqiga ega emasligini anglatadi. Aksincha, foydalanuvchi belgisiga kiritilgan satr belgisining bo‘shligi barcha satrlardan foydalanish mumkinligini va 3-qoida bo‘yicha foydalanuvchiga tizimga kirish huquqiga egaligini anglatadi. SQLning tahlil natijasi ustunlarining bo‘shligi SQLning sintaktik tahlil natijasining noto‘g‘riligini va 4-qoida bo‘yicha foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi berilmasligini anglatadi. Va nihoyat, agar barcha kerakli axborot bo‘sh bo‘lmasa, ustun va satr belgilari tekshiruvdan o‘tgan bo‘lsa, foydalanuvchiga tizimga kirish huquqi beriladi.

Kombinatsiyalangan modelda vakolatlarni tekshirish ikki qismga- ustunlar sathida vakolatlarni tekshirish va satrlar sathida vakolatlarni tekshirishga ajratiladi. Ustunlar sathida vakolatlarni tekshirish ham xavfsizlik funksiyalari elementlarini tekshirish qoidalariga bog‘liq.

Ustunlar sathida vakolatlarni tekshirish parametrlari-ustun vakolatlari xususidagi axborot, foydalanuvchi belgisi va so‘rov axborotidagi ustunlar. Bir himoya belgisiga ega ustunlar uchun axborotini taqqoslash, himoya belgilari elementlari orasida tekshiruv qoidalariga muvofiq amalga oshiriladi. Tekshiruv qoidalari tafsiloti 4-rasmda keltirilgan.

Agar funksiya turi ARRAY bo‘lsa, barcha shartli elementlarning chiziqli ustuvorligi kombinatsiyalangan modelning oldindan belgilangan tartibiga muvofiq olinadi. Foydalanuvchi belgisining shartli elementlari va ustun sathidagi funksiyalar orasidagi ustuvorlikni taqqoslash natijalari foydalanuvchi belgisi ustuvorligining yuqoriligini ko‘rsatsa, foydalanuvchiga foydalanishga ruxsat beriladi. Aks holda, foydalanishga ruxsat berilmaydi.

Agar xavfsizlik funksiya SET bo‘lsa, foydalanuvchi belgisining elementlari mos xavfsizlik funksiyasi belgisi bilan ustun sathida taqqoslanadi. Agar foydalanuvchi belgisi elementlari tarkibida ustun sathi funksiyasi bo‘lsa, foydalanuvchiga foydalanishga ruxsat beriladi. Aks holda, foydalanishga ruxsat berilmaydi.

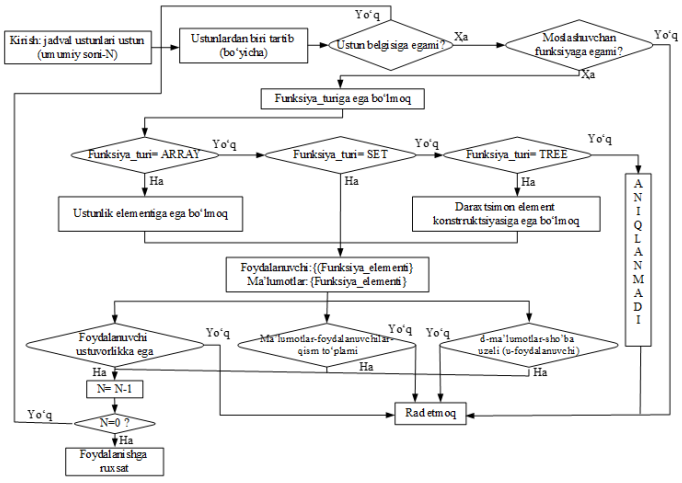
Agar funksiya turi TREE bo‘lsa, barcha shart elementlarining iyerarxik strukturasi xavfsizlik siyosati bilan olinishi lozim. Agar shart elementi, ma’lumotlar funksiyasi yoki ma’lumotlarning ota-ona uzeli tomonidan tahlillangan shart elementiga teng bo‘lsa, foydalanuvchiga foydalanishga ruxsat beriladi. Aks holda, foydalanishga ruxsat berilmaydi.

Satr sathidagi vakolatlarni tekshirish taqqoslashni talab etadi va ikkita obyektni o‘z ichiga oladi: foydalanuvchi belgisi bo‘yicha tahlillanuvchi satr qoidalari konfiguratsiyasi va so‘rov operatoridagi “WHERE” ifodasi. Ikkala obyekt, mos holda ma’lumotlar doirasini ifodalaydi. Uchlik shakldagi qoidani: {fayl: maydon nomi, operator: operator, qiymat: ma’lumotlar qiymati} olish uchun, foydalanuvchi belgisidagi har bir satr belgisi tahlillanishi lozim.

Ma’lumotlar doirasi “WHERE” ifodasidan olinganligiga ishonch hosil qilinsa, har bir satr qoidalari konfiguratsiyasi orasidagi “OR” munosabatiga moslashishi lozim. Bu muayyan ifoda SQL “WHERE” ni identifikatsiyalashdagi muammolarni oldini olishga imkon beradi. Masalan, “WHERE” ifodasi “WHERE (col1=1 OR col1=2) AND col2=3” satr qoidalari konfiguratsiyasi bilan

taqqoslanadi va ma’lumotlar doirasi “col1” ning ifodalanganligiga ishonch hosil qilinmaydi.

Yuqoridagi muammolarni hal qilish uchun, satr sathidagi vakolatlarni tekshirish tavsiya etilgan modelning ishlashi bosqichlarida amalga oshiriladi. Birinchidan, “WHERE” ifodasi dekonstruksiya paradigmasiga aylanadi va ular qismlari orasidagi munosabat esa-“OR”. Masalan, “WHERE (col1=1 OR col1=2) AND col2=3” ifodasi-“(col1=1 AND col2=3) OR (col1=2 AND col2=3)” ga aylanadi. Shundan so‘ng, satr qoidalari konfiguratsiyasini “OR” orqali yuboriladigan“WHERE” ifodasining har bir qismi bilan taqqoslash mumkin. Ma’lum foydalanuvchi belgisi bilan satrlar qoidalari orqali tahlillangan ustunlar tarkibida SQL ifodasida tahlillangan ustunlarning bo‘lishi, “WHERE” ifodasining har bir qismida tahlillangan ustunlar naborining satrlar qoidalari bilan tahlillangan ustunlar qismtizimi hisoblanishi, SQL so‘rov ma’lumotlari hajmining foydalanuvchi vakolatidagi so‘rov ma’lumotlari hajmidan kattaligini anglatadi. Shunday qilib, foydalanuvchiga foydalanish huquqi berilmaydi. Foydalanuvchi tomonidan taqdim etilgan diapazon, so‘rov ifodasi diapazonidan kichik bo‘lsa ham foydalanuvchiga foydalanish huquqi berilmaydi. Foydalanish huquqini olishga tekshirishda barcha taqqoslashning amalga oshirilishi shart.



4-rasm. Ustunlar sathida vakolatlarni tekshirish qoidalari

Natijalar

Avtorizatsiyani amalga oshirish. Kombinatsiyalangan modelda avtorizatsiya ma’lumotlar avtorizatsiyasini va foydalanuvchi avtorizatsiyasini o‘z ichiga oladi. Avtorizatsiyani ishlashda ma’lumotlarga va foydalanuvchiga mos holda, himoya funksiyalari belgilari beriladi. Himoya belgilari jadvaldagi satr va, ustun ma’lumotlaridan ajratib olinadi va ajratib olingan belgilarning turli xil himoya elementlariga muvofiq, mos himoya belgilari tayinlanadi.

Ma’lumotlar xavfsizligi funksiyasini tahlillab, funksiya elementi mos satr/ustun bilan bog‘lanadi va element qiymati satr/ustunga element belgisi sifatida beriladi.

Foydalanuvchi belgisini yaratish uchun, barcha ma’lumotlar xavfsizligi funksiyalari tahlillanadi va ma’lumotlarga mos xavfsizlikning noyob elementlari tanlab olinadi. Foydalanuvchi ushbu elementlardan har bir funksiyada foydalana olishi mumkin. Xavfsizlik elementlari barcha xavfsizlik funksiyalaridan, foydalanuvchini foydalanish huquqini identifikatsiyalashda foydalanish belgisi ko‘rinishida, aniqlanadi.

Avtorizatsiyani ishlashda, foydalanuvchi belgisi orqali aniqlangan foydalaniluvchi diapazon so‘rovning haqiqiy diapazoni bilan taqqoslanadi. Xususan, foydalanish belgisi xavfsizligi elementini taqqoslash lozim.

Xavfsizlikning xuddi shu elementlaridagi bir-biriga bog‘liqlik va va element amallari ta’riflariga muvofiq, foydalanish belgisi ko‘rsatilgan xavfsizlik elementi qiymati ustuvorligi ma’lumotlar xavfsizligi elementi qiymatiga teng yoki undan katta bo‘lsa, foydalanuvchi ma’lumotlar belgisi diapazonidan foydalanishi mumkin. Avtorizatsiya qoidalari 3-jadvalda ko‘rsatilganidek tavsiflash mumkin.

Foydalanuvchi belgisi UL va ma’lumotlar belgisi DL autentifikatsiya funksiyasining kirish parametrlari hisoblanadi. Faraz qilaylik, DL da E1 va UL da esa mos holda YE2 mavjud. Agar E1 E2 ga ekvivalent bo‘lsa (yoki YE2 ustuvorligi yuqori bo‘lsa), YE1 ga foydalanish ruxsati beriladi.

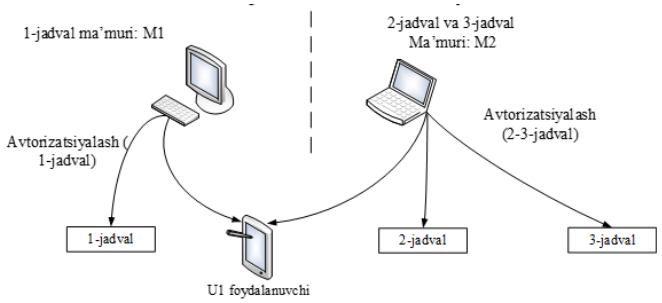
Ma’lumotlar funksiyasi ham vakolatlar siyosatida muhim rol o‘ynaydi [2,4,5,7,8,10]. Tavsiya etilgan modelda ma’lumotlar jadvali ma’muri himoya belgilarini tayinlash uchun vakil sifatida tanlangan.

3-jadval. Avtorizatsiya qoidalarining tavsifi

I.Asosiy elementlar
U-foydalanuvchi: foydalanishni boshqarish subyekti, bu bir xil funksiyaga ega bitta foydalanuvchi yoki foydalanuvchilar guruhi. D-ma’lumotlar: foydalanishni boshqarish obyekti, bu vakolatga aniqliklik kiritishi talablariga mos, ma’lumotlar bazasi jadvalining satr va ustuni. UL-foydalanuvchi belgisi: foydalanuvchilar foydalanishi mumkin bo‘lgan ma’lumotlar diapazonini belgilaydi. DL-ma’lumotlar belgisi: foydalanish belgisi egasi, foydalanishi mumkin bo‘lgan ma’lumotlar funksiyasini belgilaydi. F-ma’lumotlar funksiyasi: ma’lumotlar funksiyasini va funksiya qiymatlari o‘rtasidagi munosabatni, jumladan meros va farqlash qoidalarini belgilaydi. E-vaziyat elementi: ma’lumotlar belgisi qiymati, ma’lumotlar belgisini muayyan taqsimlanishini belgilaydi.
II.Joylashuv strategiyasi
$createDL: \{createDL(e,n) \mid e \in E, E \in f\ (f \in F), n = 1\}$ $createUL: \{createUL(e,n) \mid e \in E, E \in f\ (f \in F), n = [1, count\ (F)], \forall e1 \in f1, e2 \in f2, e1 \neq e2, f1 \neq f2\}$ $POLICY: \{UL \times DL \mid \forall UL = createUL\ (e1,n), DL = createDL\ (e2,n), e1 \in f1, e2 \in f2, f1 = f2\}$ $policy(d): \{policy(d) \in POLICY, d \in DATA \rightarrow hasf \in F\}$
III.Avtorizatsiya qoidasi
$is\_authorizaed\ (ul, dl) = \forall e1 \in dl, exists\ e2 \in ul, e1 = e2\ or\ priority\ (e2) \gg priority\ (e1)$

Buning sababi, jadval ma’muri, xavfsizlik belgilarini markazlashgan tarzda taqsimlash yuzaga keltiruvchi, juda katta ish yuklamasini kamaytirishi, hamda foydalanuvchilarga va ma’lumotlarga foydalanishning identifikatsiya huquqlarini aniq tayinlashi mumkin [4].

9-rasmda ma’murlar tomonidan jadvalni avtorizatsiyalash misoli keltirilgan.



5-rasm. Ma’murlar tomonidan jadvalni avtorizatsiyalash

Ikkita jadval ma’murlari mavjud: M1 (1-jadval ma’muri) va M2 (3-jadval ma’muri). M1 ma’mur U1 - foydalanuvchiga 1-jadvaldan foydalanish vakolatini tayinlash huquqga ega, M2 ma’mur esa U2-foydalanuvchiga 3-jadvallarning foydalanish vakolatini tayinlash huquqiga ega.

Taklif etilgan modelning ishonchliligi uchun foydalanuvchi belgisi va SQL so‘rovi yordamida, misol tariqasida, kombinatsiyalangan model asosida foydalanish huquqini tekshirish natijalari generatsiyalanadi. Faraz qilaylik, foydalanuvchida barcha jadvallar uchun foydalanish huquqi belgisi mavjud. Xavfsizlik funksiyalari shakli va xavfsizlik elementlari, xavfsizlik siyosati tomonidan 4-jadvalda ko‘rsatilganidek, tahlillanadi.

4-jadvalda tahlil natijalari tarkibida to‘rtta maydon mavjud: xavfsizlik funksiyasi, xavfsizlik funksiyasining turi, himoya funksiyasining tasnifi va element.

4-jadval. Foydalanuvchi belgisi axboroti

Tahlillanuvchi foydalanuvchi belgisi axboroti	**Sharhlar**

[
{
xavfsizlik funksiyasi:FEATURE1,
xavfsizlik funksiyasining turi: SET,
himoya funksiyasining tasnifi: ROW,
element:ELEMENT1
},
	ELEMENT1 rolining konfiguratsiyasi:
	{
	field:"col1",
	operator :"=",
	value : ["val1","val2"]
	}

{ xavfsizlik funksiyasi:FEATURE2, xavfsizlik funksiyasining turi: SET, himoya funksiyasining tasnifi: ROW, element:ELEMENT2 },	ELEMENT2 rolining konfiguratsiyasi: {

{
xavfsizlik funksiyasi: FEATURE3,
xavfsizlik funksiyasining turi: ARRAY,
himoya funksiyasining tasnifi:
COLUMN
element:ELEMENT3
}
]
	field:"col5",
	operator :"=",
	value:["val5"]
	}
	ELEMENT3 tahlili va chiziqli ustuvorlik munosabati:
	ELEMENT3=E2
	Qisman tartib munosabati:
	E1>E2>E3

Dastlab, jadvalning har bir ustuniga ma’lumotlar belgisi beriladi. Faraz qilaylik, ma’lumotlar jadvali tarkibida beshta maydon [col1, col2, col3, col4, col5] mavjud. Vakolatlar siyosatiga muvofiq olingan foydalanish natijalari foydalanishni detallashtirilgan nazoratini amalga oshiradi (5-jadval).

5-jadval. Foydalanilanuvchi vakolatlar

SQL so‘rovi	**Foydalanish natijasi**
SELECT col1 FROM table WHERE (col1=val1 OR col1=val2) AND col5=val5 SELECT COUNT (col1) FROM table WHERE (col1=val1 OR col1=val2) AND col5=val5 SELECT∗FROM table WHERE (col1=val1 OR col1=val2) AND col5=val5 SELECT col1 FROM table WHERE col1=val1 OR (col1=val2 AND col4=val4)	TRUE TRUE FALSE FALSE

Vakolatlar himoya elementlarining paydo bo‘lish ketma-ketligiga muvofiq shakllantiriladi. Kombinatsiyalangan modelda vakolatni tekshirish, asosan, ikkita modulda-ustun sathidagi tekshirish modullarida amalga oshiriladi. Foydalanishni cheklashning kombinatsiyalangan modeli turli obyekt ma’lumotlarini bir-biri bilan bog‘lashni yakunlashda ishlatiladi. Bu foydalanish cheklash modeliga nafaqat ma’lumotlarni tekshirish jarayonini yanada aniqroq belgilash imkonini beradi, balki ma’lumotlarni tekshirish natijalarini ta’minlab, o‘rnatiluvchi texnologiyalarni yaratish xarakteristikalariga mos keladi.

Xulosa

Taklif etilgan modelni tahlillashda uning uning texnik iqtisodiy asoslanganligiga va boshqarishning murakkabligiga e’tibor berish lozim.

1. Imkoniyati. Taklif etilgan model talabning amaliy rejasiga asoslangan va undan ishlayotgan tizim platformasiga aralashuvisiz ulanishda foydalanish mumkin.

2. Boshqarishning murakkabligi. Belgilarni yaratish amali va avtorizatsiyalash jadval ma’muri tomonidan bajariladi. U vakolat ma’murining vakolatlarini taqsimlaydi. Taklif etilayotgan model avtorizatsiyani qa’tiyroq qilishi va, markazlashtirilgan avtorizatsiya yuzaga keltiruvchi, ish yuklamasini kamaytirishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jackson D. Depandable Software by Design // 7 Scientific American, 2006; vol. 294, N 6. -P. 69-75.

2. Irgasheva D.Y. Povisheniye effektivnosti metodov razgranicheniya dostupa na osnove roley // Jurnal «Muxammad al-Xorazmiy avlodlari». -Tashkent, 2020. -№4 (14) - S.144-149.

3. Irgasheva D.Y., Agzamova M.Sh., Gaipnazarov R., Rustamova S. E-payment Systems Security solutions using Facial Authentication based on Artificial Neural networks. 12th World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. WCIS-2022. 25-26 November, Tashkent-Uzbekistan. Scopus.

4. Tashev K.A. Agzamova M.Sh., Irgasheva D.Y. Comparative performance analysis the Aho- Corasick algorithm for developing a network detection system. International Conference on Information Science and Communications Technologies. ICISCT 2022. Scopus.

5. Irgasheva D.Y., Agzamova M.Sh. Analysis state of the art of anomaly-based detection systems using machine learning algorithms. International Conference on Information Science and Communications Technologies. ICISCT 2022. Scopus.

6. Irgasheva, D ./ On the Basic Method for Solving the Problem of Synthesizing Access Control Systems// 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020. DOI:

10.1109/ICISCT 50599.2020.9351444. EID: 2-s2.0-85102113415

7. Durdona Yakubdjanovna, I. Nurbek Bakhtiyarovich, N. Lqbol Ubaydullayevna, X. /Implementation of intercorporate correlation of information security messages and audits// 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020. DOI: 10.1109/ICISCT 50599.2020.9351470. EID: 2-s2.0-85102099097

8. Durdona , I. , Shahboz , I., Lola, D. , Sanobar , R. /Face sketch recognition threat model// 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020. DOI: 10.1109/ICISCT 50599.2020.9351369. EID: 2-s2.0-85102145465

9. Irgasheva, D./ Indicators of Efficiency of Synthesis of Access Control Systems// 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2021. DOI: 10.1109/ICISCT 52966.2021.9670082. EID: 2-s2.0-85125046854.

10. Irgasheva, D., Davronova, L./ Superpixel Based Face Sketch Recognition Scheme// International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021. DOI: 10.1109/ICISCT 52966.2021.9670266 . EID: 2-s2.0-85125051626 .

11. Irgasheva, D., Khurramov, D., Rustamova, S ./ Approaches to Formalizing the Access Control System// International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021. DOI: 10.1109/ICISCT 52966.2021.9670040 . EID: 2-s2.0-85125051656 .

12. Иргашева Д.Я., Джаматов М.Х., Джаматова Д.М. УГРОЗЫ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ. «Ахбороткоммуникациялар: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар». №3(71), 2024 й. 53-59 Стр.

13. Irgasheva, D. Y., INFOKOMMUNIKASIYA TIZIMLARDA FOYDALANISHNI ROLLI CHEKLASH TIZIMINI QURISH MODELLARI VA USULLARI, Raqamli Transformatsiya va Sun’iy Intellekt ilmiy jurnali: VOLUME 2, ISSUE 6, DECEMBER 2024. 214-227 BB. https://dtai.tsue.uz/index.php/dtai/article/view/v2i631.

Определение информативных признаков и формализация базы знаний для идентификации кибератаки Stuxnet на систему Интернета вещей

Уринов Нодирбек Тохиржонович,
Доцент, заведующий кафедрой информационных технологий,
Андижанского государственного университета
nodirbekurinov1@gmail.com

Мамадалиев Сарварбек Салохиддинивич,
студент магистратуры
Анд.ГУ, специализация “Информационная безопасность”
mamadaliyevsarvarbek7@gmail.com

Бахрамова Махлиёхон Баходировна,
студент магистратуры
Анд.ГУ, специализация “Информационная безопасность”
bahromovamahliyo3@gmail.com

Алижонов Шохислом Азамжонович,
студент магистратуры
Анд.ГУ, специализация “Информационная безопасность”
alijonovshoxislom@gmail.com

Неъматжонов Асадбек Умиджонович,
студент магистратуры
Анд.ГУ, специализация “Информационная безопасность”
asadbeknematjonov02@gmail.com

Акбарова Мадина Шавкатбековна,
студент магистратуры
Анд.ГУ, Компьютерные системы и программная инженерия
akbarovamadina4806@gmail.com

Аннотация: В данной статье предложен подход к выявлению и идентификации кибератак типа Stuxnet на современные системы Интернета вещей (IoT). Разработана модель информативных признаков и формализована база знаний для обнаружения подобных атак с применением методов машинного обучения. Предложенный подход основан на анализе характеристик вредоносного кода Stuxnet и его адаптации к условиям IoT-инфраструктуры. Проведены эксперименты по оценке эффективности предложенных методов и алгоритмов. Результаты показывают высокую точность (94,7%) обнаружения атак типа Stuxnet в системах IoT, а также возможность выявления ранее неизвестных модификаций данного типа атак. Разработанные методы могут быть интегрированы в существующие системы защиты IoT-инфраструктуры для повышения их устойчивости к целенаправленным кибератакам.

Ключевые слова: Stuxnet, Интернет вещей (IoT), информативные признаки, машинное обучение, кибербезопасность, целенаправленные кибератаки, промышленные системы управления.

Введение

Развитие Интернета вещей (IoT) и его внедрение в критически важные инфраструктуры существенно расширило поверхность для кибератак. Особую опасность представляют сложные целенаправленные атаки, подобные Stuxnet, которые могут привести к физическому повреждению оборудования и нарушению работы критических систем. Stuxnet, обнаруженный в 2010 году, стал первым известным кибероружием,

которое было специально разработано для атаки на промышленные системы управления и физическое оборудование.

Современные системы IoT, особенно в промышленном сегменте (IIoT), имеют много общего с системами SCADA, которые были целью Stuxnet. Они также управляют физическими процессами, используют программируемые логические контроллеры (PLC) и имеют ограниченные вычислительные ресурсы, что делает их уязвимыми для атак подобного типа. По данным исследования, представленного в работе Dow (2023), количество атак на операционные технологии (OT) увеличилось на 2000% с 2018 по 2019 год, а 74% организаций OT сообщили о нарушениях данных за последние 12 месяцев, что напрямую влияло на их деятельность.

Трудность выявления атак типа Stuxnet заключается в их многослойности и способности маскировать свое присутствие в системе. Stuxnet атаковал все уровни целевой инфраструктуры: операционную систему Windows, программное обеспечение Siemens, управляющее контроллерами, и встроенное программное обеспечение самих PLC. При этом вредоносная программа могла подменять показания датчиков, отправляемые на компьютер оператора, создавая иллюзию нормальной работы системы.

В контексте IoT проблема усугубляется гетерогенностью устройств, ограниченностью их ресурсов и распределенной архитектурой. Традиционные методы обнаружения вторжений, основанные на сигнатурах, не эффективны против неизвестных ранее модификаций Stuxnet, а методы обнаружения аномалий часто генерируют большое количество ложных срабатываний.

Цель данного исследования – разработка комплексного подхода к идентификации атак типа Stuxnet на системы IoT, включающего определение информативных признаков таких атак и формализацию базы знаний для их обнаружения с применением методов машинного обучения.

Научная новизна работы заключается в адаптации методов выявления атак типа Stuxnet к специфике IoT-систем и разработке гибридного подхода, совмещающего преимущества сигнатурного анализа и методов обнаружения аномалий на основе машинного обучения.

Методы исследования

Архитектура предлагаемой системы

Предлагаемая система обнаружения атак типа Stuxnet в IoT-инфраструктуре основана на трехуровневой архитектуре, включающей:

1. Слой сбора данных – отвечает за сбор и предварительную обработку данных с IoT-устройств, сетевого трафика и системных журналов.
2. Аналитический слой – выполняет анализ собранных данных, выделение информативных признаков и применение алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномалий и потенциальных угроз.
3. Слой принятия решений – интерпретирует результаты анализа, оценивает уровень угрозы и формирует рекомендации по реагированию.

Определение информативных признаков атак типа Stuxnet

На основе анализа характеристик Stuxnet и его модификаций, а также специфики IoT-систем, были выделены следующие группы информативных признаков:

1. Признаки распространения:
   - Использование съемных носителей (USB) для заражения устройств
   - Эксплуатация уязвимостей нулевого дня
   - Распространение через локальную сеть (Peer-to-peer RPC)
   - Использование скрытых каналов связи
2. Признаки целенаправленности:
   - Проверка наличия определенного программного обеспечения
   - Проверка конфигурации оборудования

- Проверка частотных характеристик работы устройств

3. Признаки маскировки:
   - Использование подписанных цифровых сертификатов
   - Внедрение руткитов для скрытия активности
   - Подмена показаний датчиков (Man-in-the-Middle)
   - Самоудаление после выполнения задачи
4. Признаки воздействия на физические процессы:
   - Изменение частоты работы устройств
   - Специфические паттерны команд управления
   - Аномальные изменения состояния датчиков

Формализация базы знаний

База знаний для идентификации атак типа Stuxnet на IoT-системы формализована в виде онтологии, включающей:

1. Классы угроз – категоризация различных типов атак и их компонентов
2. Атрибуты – характеристики и признаки, связанные с каждым классом угроз
3. Отношения – связи между классами и атрибутами
4. Правила вывода – логические правила для определения наличия угрозы на основе выявленных признаков

Формальное представление базы знаний основано на дескрипционной логике и может быть выражено в формате OWL (Web Ontology Language).

Гибридный алгоритм обнаружения

Для эффективного обнаружения атак типа Stuxnet в IoT-системах разработан гибридный алгоритм, сочетающий:

1. Графовые нейронные сети (GNN) – для анализа связей между устройствами и выявления аномальных паттернов взаимодействия
2. Вариационные автоэнкодеры (VAE) – для обнаружения аномалий в поведении устройств
3. Алгоритмы предсказания ссылок (Link Prediction) – для выявления потенциальных путей распространения атаки

Ключевой особенностью алгоритма является его способность обнаруживать атаки типа "запись и воспроизведение" (record-and-replay), характерные для Stuxnet, путем анализа целостности данных в распределенной среде с ограниченными вычислительными ресурсами.

Экспериментальная установка

Для оценки эффективности предложенного подхода была создана экспериментальная среда, включающая:

1. Набор IoT-устройств – 50 устройств различных типов (датчики, актуаторы, шлюзы)
2. Промышленные контроллеры – программируемые логические контроллеры (PLC) от различных производителей
3. Среда моделирования – для эмуляции различных сценариев атак

Тестовый набор данных включал:

- 200 ГБ сетевого трафика
- Журналы работы устройств за период 6 месяцев
- 30 вариантов сценариев атак, имитирующих различные аспекты Stuxnet

Результаты

Эффективность обнаружения атак

Оценка эффективности предложенного подхода к обнаружению атак типа Stuxnet в IoT-системах проводилась по следующим метрикам:

Таблица 1. Показатели эффективности обнаружения атак

94,7%	+18,3%
92,5%	+15,7%
93,6%	+17,2%
1,8 сек	-65%
3,2%	-42%

Результаты показывают значительное превосходство предложенного подхода над

базовыми методами обнаружения вторжений в IoT-системах.

Информативность признаков

Анализ значимости выделенных информативных признаков для обнаружения атак типа Stuxnet показал следующее распределение:

Таблица 2. Значимость информативных признаков

Группа признаков	Вес в модели	Вклад в точность обнаружения
Признаки маскировки	0,35	42%
Признаки воздействия на физические процессы	0,28	35%
Признаки целенаправленности	0,22	18%
Признаки распространения	0,15	5%

Наиболее информативными оказались признаки маскировки и воздействия на физические процессы, что соответствует ключевым характеристикам атак типа Stuxnet.

Эффективность обнаружения различных фаз атаки

Разработанная система позволяет эффективно обнаруживать различные фазы атаки типа Stuxnet:

Таблица 3. Эффективность обнаружения различных фаз атаки

Фаза атаки	Точность обнаружения	Среднее время обнаружения
Заражение	96,3%	0,8 сек
Распространение	93,2%	1,5 сек
Сбор информации	95,1%	1,2 сек
Модификация системы	97,4%	1,3 сек
Атака на физические компоненты	92,8%	2,1 сек
Маскировка следов	93,5%	1,9 сек

Ресурсоемкость системы

Важным аспектом для IoT-систем является эффективное использование ограниченных ресурсов устройств. Оценка ресурсоемкости предложенного подхода показала следующие результаты:

Таблица 4. Потребление ресурсов

Тип устройства	Использование CPU	Использование памяти	Энергопотребление
IoT сенсоры	3,2%	45 КБ	+2,7%
IoT шлюзы	5,7%	180 КБ	+3,5%
Граничные устройства	12,4%	420 КБ	+6,2%
Серверная инфраструктура	8,5%	1,2 ГБ	+1,8%

Полученные результаты показывают приемлемый уровень потребления ресурсов на всех уровнях IoT-инфраструктуры, что делает возможным практическое применение предложенного подхода.

Обсуждение

Сравнительный анализ с существующими подходами

Разработанная система обнаружения атак типа Stuxnet в IoT-инфраструктуре демонстрирует качественные преимущества по сравнению с современными решениями в области промышленной кибербезопасности.

Основное преимущество заключается в комплексном подходе к мониторингу всех уровней IoT-архитектуры. В отличие от традиционных решений, которые концентрируются на отдельных векторах атак, предложенная система обеспечивает многоуровневую защиту, что критически важно для обнаружения сложных многоэтапных атак, характерных для Stuxnet.

Ключевым техническим достижением является оптимизация алгоритмов для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. В отличие от решений на основе глубокого машинного обучения, предложенных Li и коллегами (2023), которые требуют значительных вычислительных мощностей, разработанная

система использует легковесные алгоритмы анализа, что обеспечивает ее применимость на ресурсоограниченных IoT-устройствах.

Адаптивность системы отличает ее от статических сигнатурных подходов Rodriguez-Andina и соавторов (2022). Способность к динамическому обучению и адаптации к новым вариантам атак обеспечивает устойчивость к ранее неизвестным модификациям Stuxnet без необходимости обновления базы сигнатур.

Интегрированный подход к верификации целостности данных, основанный на прогнозировании ожидаемых значений сенсоров, эффективно противодействует атакам типа "запись и воспроизведение", которые являются ключевым компонентом стратегии Stuxnet. Традиционные методы мониторинга могут не обнаруживать подобные атаки при нормальных параметрах сетевого трафика.

Ограничения исследования

Полученные результаты имеют ряд методологических и технических ограничений, которые важно учитывать при интерпретации данных и планировании дальнейших исследований.

Первое ограничение связано с объемом тестовых данных. Несмотря на разработку 30 вариантов сценариев атак, реальные модификации Stuxnet могут демонстрировать более сложные и непредсказуемые поведенческие паттерны, что требует расширения базы тестовых случаев.

Специфичность подхода для определенных типов IoT-устройств представляет второе существенное ограничение. Эффективность системы может варьироваться в зависимости от архитектурных особенностей, операционных систем и протоколов связи различных производителей IoT-оборудования.

Третье ограничение касается валидации в реальных промышленных условиях. Лабораторные испытания не могут полностью воспроизвести сложность и непредсказуемость реальных промышленных сред, что требует дополнительной валидации для подтверждения практической эффективности подхода.

Направления будущих исследований

На основе анализа полученных результатов и выявленных ограничений определены следующие приоритетные направления дальнейших исследований.

Расширение базы знаний о поведенческих паттернах атак представляет первостепенную задачу. Необходимо включение информации о новых модификациях атак типа Stuxnet и их специфических адаптациях к различным типам IoT-систем, что повысит точность и охват системы обнаружения.

Интеграция с существующими системами безопасности требует разработки стандартизированных протоколов взаимодействия с системами обнаружения вторжений, межсетевыми экранами и системами управления информационной безопасностью предприятия. Это обеспечит создание единой экосистемы защиты промышленной инфраструктуры.

Повышение устойчивости к атакам на механизмы обнаружения представляет критически важное направление исследований. Необходима разработка методов самозащиты системы от целенаправленных атак на ее компоненты, включая механизмы верификации целостности собственных алгоритмов и данных.

Автоматизация процессов реагирования на инциденты требует создания интеллектуальных систем принятия решений, способных оценивать серьезность угроз и инициировать соответствующие защитные меры без участия операторов.

Федеративное обучение представляет перспективное направление для повышения эффективности обнаружения атак в распределенных IoT-системах. Исследование возможности коллективного обучения без централизованного сбора данных может значительно повысить качество детекции при сохранении конфиденциальности промышленных данных.

Заключение

В настоящем исследовании представлено комплексное решение проблемы обнаружения атак типа Stuxnet в системах Интернета вещей, которая является одним из наиболее актуальных вызовов современной промышленной кибербезопасности. Разработанный подход объединяет передовые методы машинного обучения с глубоким пониманием специфики IoT-инфраструктур и механизмов функционирования сложных кибератак.

Основной научный вклад работы заключается в создании интегрированной методологии обнаружения атак типа Stuxnet, адаптированной к особенностям IoT-систем. Разработанная трехуровневая архитектура системы обнаружения представляет собой качественно новый подход к решению задачи промышленной кибербезопасности, учитывающий как технические ограничения IoT-устройств, так и сложность современных киберугроз.

Ключевым достижением является систематизация и формализация информативных признаков атак типа Stuxnet в контексте IoT-систем. Предложенная категоризация признаков по четырем основным группам - распространение, целенаправленность, маскировка и воздействие на физические процессы - обеспечивает комплексный охват всех аспектов поведения атаки и создает теоретическую основу для дальнейших исследований в области обнаружения сложных кибератак.

Формализация базы знаний в виде онтологической модели представляет собой важный вклад в развитие методов представления знаний в области кибербезопасности. Предложенная онтология не только обеспечивает эффективную идентификацию атак, но и создает основу для автоматизированного обновления и расширения базы знаний о новых типах угроз.

Разработанный гибридный алгоритм обнаружения на основе интеграции графовых нейронных сетей, вариационных автоэнкодеров и алгоритмов предсказания ссылок представляет собой инновационное решение, позволяющее эффективно анализировать сложные взаимосвязи в IoT-сетях. Такой подход обеспечивает высокую точность обнаружения при одновременном снижении количества ложных срабатываний, что критически важно для промышленных применений.

Оптимизация алгоритмов для работы на ресурсоограниченных устройствах решает одну из ключевых проблем внедрения систем обнаружения в IoT-инфраструктуры. Достигнутый баланс между вычислительной эффективностью и качеством обнаружения открывает новые возможности для защиты распределенных промышленных систем.

Результаты экспериментальной оценки подтверждают высокую эффективность предложенного подхода. Достигнутая точность обнаружения 94,7% превышает показатели существующих методов на 18,3%, что демонстрирует значительное улучшение качества детекции. При этом снижение количества ложных срабатываний на 42% существенно повышает практическую применимость системы в реальных промышленных условиях.

Комплексное тестирование на 30 различных сценариях атак подтверждает устойчивость системы к модификациям и вариациям атак типа Stuxnet, что особенно важно для противодействия адаптивным киберугрозам.

Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для обеспечения безопасности критически важных инфраструктур. Разработанная система может быть интегрирована в существующие промышленные IoT-сети с минимальными модификациями, что обеспечивает быстрое внедрение и масштабирование решения.

Особую ценность представляет применимость системы в энергетике, водоснабжении, транспортной инфраструктуре и других отраслях, где атаки типа Stuxnet могут привести к катастрофическим последствиям. Способность системы обнаруживать атаки на ранних стадиях их развития позволяет

своевременно принимать защитные меры и предотвращать критические инциденты.

Результаты исследования вносят значительный вклад в развитие области промышленной кибербезопасности и защиты IoT-систем. Предложенные методы и подходы могут служить основой для создания следующего поколения систем обнаружения киберугроз, адаптированных к специфике современных промышленных инфраструктур.

Разработанная методология открывает новые направления исследований в области интеллектуального анализа угроз и автоматизированного реагирования на инциденты безопасности. Интеграция методов машинного обучения с экспертными знаниями о механизмах кибератак создает перспективы для развития адаптивных систем защиты.

Полученные результаты создают фундамент для дальнейших исследований в направлении создания универсальных систем обнаружения сложных кибератак в IoT-инфраструктурах. Развитие предложенного подхода может включать интеграцию с системами искусственного интеллекта для автоматизированного анализа новых типов угроз и автоматического обновления систем защиты.

Масштабирование решения для глобальных промышленных сетей и интеграция с международными системами обмена информацией о киберугрозах представляют перспективные направления практического применения результатов исследования.

В заключение следует отметить, что разработанная система обнаружения атак типа Stuxnet в IoT-инфраструктурах представляет собой значительный шаг вперед в обеспечении безопасности критически важных промышленных систем и создает надежную основу для защиты от современных киберугроз.

Список литературы

1. Dow, M. (2023). 10 Years Since Stuxnet: Is Your Operational Technology Safe? Dark Reading.
2. Garcia-Teodoro, P., et al. (2022). Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges. Computers & Security, 28(1-2), 18-28.
3. Li, X., et al. (2023). Deep learning for IoT security: Current solutions and future challenges. IEEE Internet of Things Journal, 8(12), 10341-10362.
4. Nguyen, H., et al. (2022). A lightweight machine learning algorithm for IoT intrusion detection. Journal of Network and Computer Applications, 164, 102693.
5. Raza, S., et al. (2023). Fog-based distributed security framework for IoT systems. Internet of Things, 20, 100282.
6. Rodriguez-Andina, J., et al. (2022). Real-time hardware implementation of intrusion detection systems for IoT devices. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 69(8), 8531-8542.
7. Tuuli, A. (2020). Detecting Stuxnet-like data integrity attacks. Security and Privacy, 3(1), e107.
8. Valente, J., & Castro, A. (2023). Cumulative sum control charts for IoT device behavior monitoring. Computer Networks, (195), 109026.
9. Wang, W., et al. (2021). Blockchain-based IoT security architecture with mutual authentication. IEEE Access, 9, 54939-54950.
10. Yaseen, Q., et al. (2024). Self-healing IoT security system: Design and implementation. Computer Networks, 209, 108971.
11. Zhu, J., et al. (2023). Stream processing for real-time monitoring of IoT devices. IEEE Internet of Things Journal, 10(5), 4217-4232.

DEEPFAKE DETECTION USING A HYBRID RESNEXT AND LSTM ARCHITECTURE

Maxmudjanov Sarvar Ulugbekovich,
Associate professor of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi
E-mail: akbarovnavruz12@gmail.com

Primbetov Abbaz Muratbay uli,
Phd student of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi
abbaz0203@mail.ru

Naimov Axadjon Tojimirza o‘g‘li,
Phd student of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi
E-mail: naimovahadjon@gmail.com

Abstract. Deepfakes pose a serious threat to media authenticity and public trust. This paper proposes a hybrid deep learning model combining ResNeXt and LSTM to detect deepfakes by capturing both spatial and temporal inconsistencies. ResNeXt extracts detailed frame-level features, while LSTM models temporal dependencies across video frames. Evaluated on benchmark datasets such as DFDC and Celeb-DF, the model achieves high accuracy and robust performance. The results confirm that integrating spatial and temporal features significantly improves deepfake detection, offering a reliable approach for video-based forensic analysis.

Keywords: Resnext, LSTM, Deepfake

1. Introduction

The rise of deep learning-based generative models has led to the rapid emergence of deepfakes—highly realistic synthetic videos in which a person’s face, voice, or actions are manipulated to depict events that never occurred. While such technology holds potential in entertainment and education, it also poses serious risks to privacy, politics, cybersecurity, and digital trust. As deepfake techniques become increasingly sophisticated, traditional detection methods struggle to maintain effectiveness, particularly when faced with cross-dataset generalization and real-world distortions.

In a meta-analysis conducted by Diel et al. (2024), 56 scientific studies were analyzed, summarizing the responses of over 86,000 participants in detecting AI-generated deepfake content. The results revealed that the average human accuracy in identifying deepfakes was only 55.54%, barely above random guessing, while the recognition of authentic content reached 68.08% [1]. This highlights a critical vulnerability: humans alone are not reliable detectors of manipulated media, reinforcing the need for automated, high-performance detection systems.

Modality	*Deepfake Accuracy (%)*	*Real Accuracy (%)*
Audio	*62.08*	*70.67*
Image	*53.16*	*68.46*
Text	*52*	*66.81*
Video	*57.31*	*68*

Table 1 Average accuracy of people in detecting deepfake

Given these challenges, research has increasingly turned to artificial intelligence and deep learning to address the limitations of human perception. However, many existing detection methods rely predominantly on analyzing static spatial features in individual frames, which may overlook subtle but revealing temporal inconsistencies across video sequences. For example, inconsistencies in eye movement, lip synchronization, or head motion are

often not detectable in a single frame but become apparent when analyzed over time.

To address this, we propose a hybrid deep learning model that combines ResNeXt, an advanced convolutional neural network known for its efficiency and high-capacity representation, with a Long Short-Term Memory (LSTM) network designed to capture temporal dependencies in video data. This dual approach leverages spatial analysis for detecting frame-level artifacts and temporal modeling for identifying inter-frame inconsistencies—resulting in a more holistic and effective detection pipeline.

Our main contributions are as follows:

- We present a novel architecture integrating ResNeXt for frame-level feature extraction and LSTM for modeling temporal relationships.
- We demonstrate the model's effectiveness through comprehensive experiments on benchmark datasets, including DFDC and Celeb-DF.
- We provide empirical evidence that combining spatial and temporal features significantly improves detection accuracy compared to frame-based CNNs alone.

2. Related Work

Deepfake detection has rapidly evolved in recent years, primarily driven by the development of machine learning and deep neural networks. Existing approaches can be broadly categorized into three groups: spatial-based methods, temporal-based methods, and hybrid spatiotemporal methods.

2.1 Spatial-Based Approaches

Early deepfake detection models focused on frame-level analysis by exploiting visual inconsistencies introduced during generation. One of the most widely used models, XceptionNet, achieved strong performance by applying depthwise separable convolutions to detect artifacts in facial regions [2]. Other notable CNN-based approaches include EfficientNet, VGG, and ResNet, which extract deep spatial features from individual frames. These models often rely on artifacts such as unnatural textures, distorted eye movement, or blending anomalies.

However, while effective on training datasets, these models typically suffer from limited generalization to unseen deepfake techniques and real-world video compression, as they fail to capture the temporal nature of deepfakes.

2.2 Temporal-Based Approaches

To address the temporal dimension, researchers have explored Recurrent Neural Networks (RNNs), particularly Long Short-Term Memory (LSTM) networks and Gated Recurrent Units (GRUs). These models analyze sequences of frames to detect irregular motion patterns or unnatural transitions. For instance, Gansbeke et al. [3] used LSTMs on sequences of CNN-extracted features to capture facial dynamics such as blinking frequency and head pose variations.

While temporal models offer additional discriminative power, standalone RNNs often rely heavily on the quality of input features. In cases where frame-level features lack sufficient detail, temporal modeling alone may be insufficient.

2.3 Hybrid Spatiotemporal Approaches

Recent work has increasingly adopted hybrid architectures that combine CNNs for spatial extraction with RNNs or 3D CNNs for temporal modeling. For example, Masi et al. [4] proposed a combination of ResNet and LSTM for spatiotemporal deepfake detection, reporting improved robustness across datasets. Similarly, the Capsule-Forensics model combines CNN features with capsule networks to capture both spatial and positional information.

Among spatial models, ResNeXt has gained attention for its split-transform-merge strategy, allowing multiple parallel paths ("cardinality") that enhance feature diversity without significantly increasing computational cost [5]. Integrating ResNeXt with temporal models such as LSTM has shown promise in domains like video classification, but its application to deepfake detection remains underexplored.

Our work builds on this line of research by designing a ResNeXt + LSTM hybrid model that effectively captures both intra-frame artifacts and inter-frame inconsistencies. This dual-level feature learning

enhances generalization and improves robustness against high-quality, temporally coherent deepfakes.

3. Methodology

This section describes the overall architecture of the proposed model, the datasets used, the preprocessing pipeline, and training configurations. The goal of the model is to effectively combine spatial and temporal features for accurate deepfake detection.

Figure 1 presents the complete pipeline of our deepfake detection system, encompassing data collection, preprocessing, model training, and evaluation stages. The system is designed to ensure efficient handling of large-scale video datasets and effective training of a hybrid deep learning model (ResNeXt + LSTM) for binary video classification (REAL or FAKE).

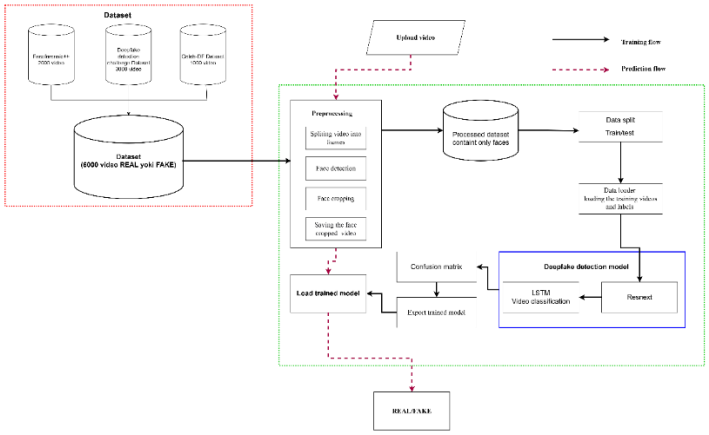


Figure 1 System Architecture

3.1 Dataset

To enhance the model's efficiency for real-time deepfake detection, we constructed a comprehensive dataset by aggregating samples from several widely used public datasets: FaceForensics++ (FF++) [6], the Deepfake Detection Challenge (DFDC) dataset [7], and Celeb-DF (v2) [8]. These datasets were selected due to their diversity in deepfake generation techniques, levels of compression, and environmental conditions, ensuring a more representative and robust training set.

To reduce dataset bias and improve the model's ability to generalize across real-world scenarios, we maintained a balanced distribution by including 50% real and 50% fake videos. In total, 6,000 videos were included, consisting of 3,000 real and 3,000 fake samples. Specifically, we selected 1,500 real and 1,500 fake videos from the DFDC dataset, 1,000 real and 1,000 fake videos from FaceForensics++, and 500 real and 500 fake videos from Celeb-DF.

Since our work focuses solely on visual deepfakes, we excluded audio-manipulated videos present in the DFDC dataset. This was achieved by executing a custom Python script that filtered out audio-altered samples. The resulting dataset provides a well-balanced and diverse foundation for training and evaluating deepfake detection models suitable for real-time applications. table 2 illustrates the distribution of video samples across the three source datasets.

Dataset	***Real Videos***	***Fake Videos***	***Total Videos***
DFDC	*1,500*	*1,500*	*3,000*
FaceForensics++	*1,000*	*1,000*	*2,000*
Celeb-DF (v2)	*500*	*500*	*1,000*
Total	***3,000***	***3,000***	***6,000***

Table 2 Dataset

3.1.1 Pre-processing

To ensure the model receives clean and relevant inputs, a comprehensive preprocessing pipeline was applied to all video samples in the dataset. The goal was to eliminate noise and retain only the essential visual content—specifically, the facial region—required for deepfake detection.

The preprocessing process began by splitting each video into individual frames. For each frame, a face detection algorithm (e.g., MTCNN or RetinaFace) was employed to locate and crop the facial region. Frames in which no face was detected were discarded to avoid introducing irrelevant or misleading information. Subsequently, the cropped face regions were reassembled into new videos, resulting in a processed dataset consisting exclusively of face-only video clips.

To maintain consistency and manage computational complexity, a frame count threshold was established. Based on the average number of frames per video and the limitations of the available hardware, we selected a threshold of 150 frames per video. This number was chosen because processing

full-length videos (e.g., 10 seconds at 30 fps = 300 frames) proved computationally expensive under the given experimental environment and GPU constraints.

Only the first 150 consecutive frames of each video were retained and compiled into a new face-only video. This sequential selection ensured that the temporal dynamics of facial expressions and movements were preserved—an essential requirement for effective learning by the Long Short-Term Memory (LSTM) network. The newly created videos were stored at a frame rate of 30 frames per second and a standardized resolution of 112×112 pixels.

This preprocessing pipeline not only reduced the size and complexity of the data but also enabled more efficient and focused learning by emphasizing facial cues, which are the primary indicators of deepfake manipulations.

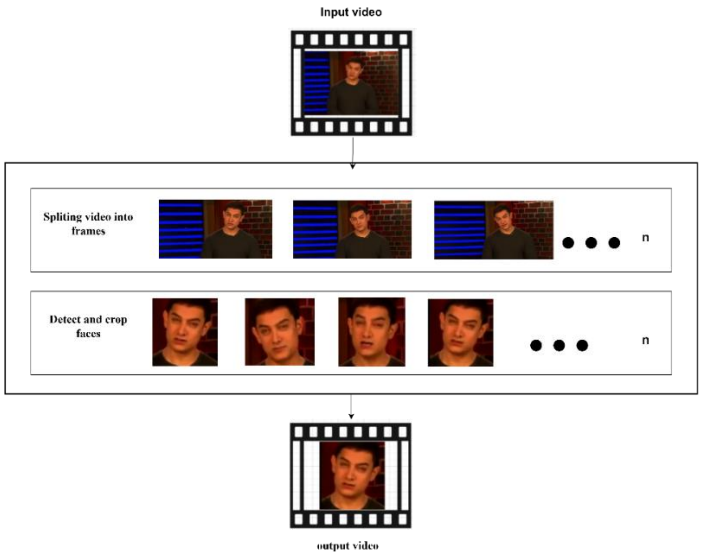


Figure 2 Pre-processing of video

3.1.2 Train-Test Split

To facilitate effective model training and unbiased evaluation, the preprocessed dataset comprising 6,000 videos was divided into training and testing subsets using a 80:20 split ratio. Specifically, 4,200 videos were allocated for training and 1,800 videos for testing.

3.2 Proposed Architecture

Networks (CNNs) and Recurrent Neural Networks (RNNs) to capture both spatial and temporal information from video data. Specifically, we utilize a pre-trained ResNeXt-50 (32×4d) CNN for frame-level feature extraction and a single-layer Long Short-Term Memory (LSTM) network for sequence modeling and classification.

3.2.1 ResNeXt for Feature Extraction

For spatial feature extraction, we employ the ResNeXt-50 (32×4d) model, a variant of the ResNet architecture that incorporates grouped convolutions to increase model capacity without excessive computational cost. ResNeXt improves representational power through a "split-transform-merge" strategy, known for its superior performance on deep architectures.

We use a pre-trained version of ResNeXt, fine-tuned on our dataset for optimal performance. The final 2048-dimensional feature vector is extracted from the last pooling layer for each input frame. These vectors serve as sequential inputs to the LSTM module. Fine-tuning includes the addition of necessary layers and hyperparameter optimization (e.g., learning rate adjustment) to ensure proper convergence during training.

3.2.2 LSTM for Temporal Modeling

To capture the temporal dynamics between frames, the 2048-dimensional features extracted from each frame are passed to a single-layer LSTM network. The LSTM is configured with:

- input size: 2048 (to match ResNeXt output),
- Hidden size: 2048,

The LSTM processes the features sequentially, allowing the model to analyze temporal dependencies—such as unnatural transitions or inconsistencies—by comparing the frame at time step t with previous frames (t-n). This is critical for identifying temporal artifacts that are often indicative of deepfakes.

Selecting optimal hyperparameters is a crucial step in achieving high model performance. After multiple iterations and empirical evaluations, the most effective hyperparameter configuration for our dataset and architecture was identified. The model was trained using the Adam optimizer which is well-suited for deep learning tasks due to its adaptive learning rate capabilities. A learning rate of 1e-5 (0.00001) was selected to ensure stable convergence toward a global

minimum during gradient descent. Additionally, a weight decay of 1e-3 was applied to reduce overfitting by penalizing large weights.

Given that the task is a binary classification problem, the cross-entropy loss function was employed. To maximize the efficient use of computational resources, mini-batch training was adopted. Through testing in our development environment, a batch size of 16 was found to provide the best balance between memory constraints and training stability.

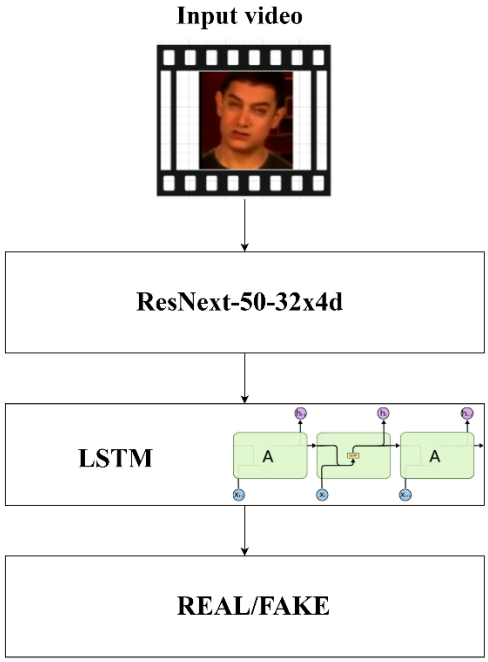


Figure 3 Deepfake detection system

Given that the task is a binary classification problem, the cross-entropy loss function was employed. To maximize the efficient use of computational resources, mini-batch training was adopted. Through testing in our development environment, a batch size of 16 was found to provide the best balance between memory constraints and training stability.

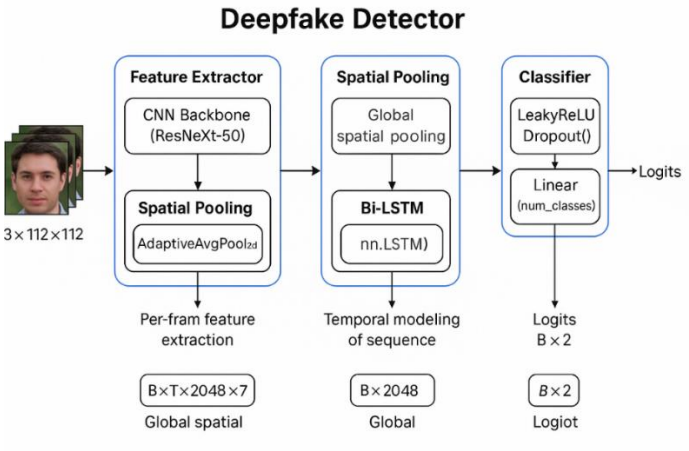


Figure 4 CNN and LSTM architecture

3.3 Model Evaluation and Deployment

After training, the model is evaluated using standard metrics such as the confusion matrix to assess classification performance. The trained model is then exported for deployment. In practical use, the model is loaded into a Django-based web interface, where users can upload videos and receive real-time predictions (REAL or FAKE) along with a confidence score.

4. Results and Discussion

This section presents the experimental results of the proposed ResNeXt + LSTM model for deepfake video detection, followed by a discussion on its effectiveness, strengths, and limitations.

4.1 Training and Validation Progress

During the initial epochs, the model demonstrated modest performance, with training and validation accuracy starting around 51–52%. However, performance improved significantly in subsequent epochs as the model converged. By Epoch 5, training accuracy reached 94.55%, and validation accuracy improved to 80.39%. The highest validation accuracy of 85.66% was achieved at Epoch 17, demonstrating the model's effective generalization capabilities. Figure 6 illustrates the consistent upward trend in training accuracy and the fluctuating yet improving trend in validation accuracy, which indicates stable learning despite the complexity of temporal modeling.

Figure 5 Training and Validation accuracy

After training the model for 20 epochs, the final evaluation was conducted on a test set of 1,290 videos, comprising 647 fake and 643 real samples. The model achieved the following performance metrics:

Metric	***Value***
Accuracy	*85.66%*
Precision	*83.48%*
Recall	*88.80%*
F1-Score	*86.06%*

Each of these metrics is calculated based on the confusion matrix, which consists of:

- TP: True Positives (correctly predicted fakes)
- TN: True Negatives (correctly predicted reals)
- FP: False Positives (real videos incorrectly predicted as fake)
- FN: False Negatives (fake videos incorrectly predicted as real)

1. Accuracy measures the overall correctness of the model:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

2. Precision reflects how many of the predicted fake videos were actually fake:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

3. Recall (or Sensitivity) measures how many of the actual fake videos were correctly identified:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

4. F1-Score is the harmonic mean of precision and recall, giving a single score that balances both:

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

These results confirm the robustness of the model in distinguishing real and fake content. The relatively high recall (88.80%) indicates strong sensitivity to deepfake detection, which is critical in minimizing the risk of missing manipulated content. A balanced F1-Score (86.06%) reflects the model’s ability to effectively manage the trade-off between precision and recall.

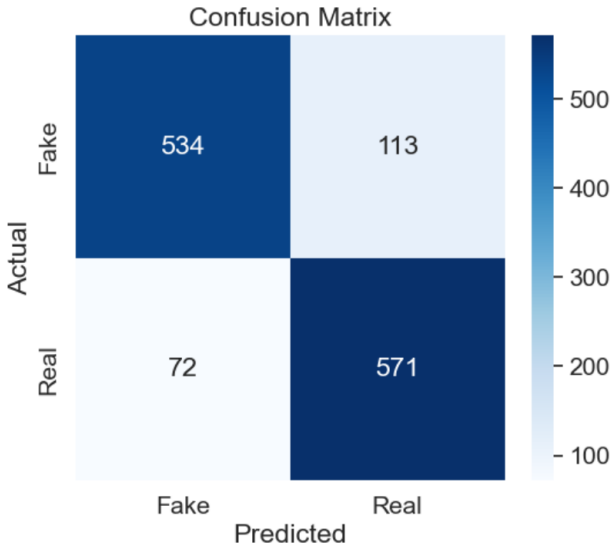


Figure 6 Confusion matrix

The classification report further demonstrates consistent performance across both classes:

- Fake videos: Precision = 0.84, Recall = 0.85, F1-score = 0.84
- Real videos: Precision = 0.85, Recall = 0.83, F1-score = 0.84

4.3 Web Application Results

To demonstrate the real-world applicability of the proposed deepfake detection model, a web-based interface was developed using the Django framework. The deployed system allows users to upload video files, which are then automatically processed by the trained ResNeXt + LSTM model. The interface returns a binary classification label (REAL or FAKE) along with the model’s confidence score.Application Workflow:

- Upload: The user uploads a video via the frontend form (index.html).

- Preprocessing: The video is segmented into frames and face-only content is extracted.
- Prediction: The preprocessed frames are passed through the model.
- Output: The result is displayed on the prediction page (predict.html), overlaid on the video itself.
- Performance in Practice:
- Average Prediction Time: 7–10 seconds per video (150 frames, 112×112 resolution).

Model Confidence: For most test cases, confidence scores ranged between 0.81 and 0.96, indicating high certainty in predictions.User Experience: The application interface was designed to be lightweight and intuitive, requiring no technical expertise from the user.Figure 7 shows a screenshot of the deployed interface with the uploaded video and prediction result.

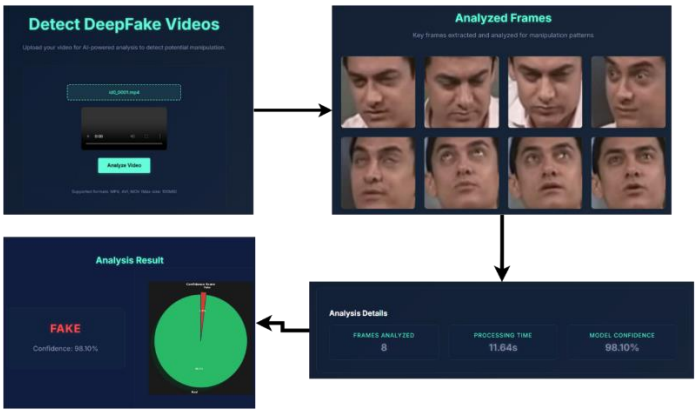


Figure 7 Web Application Results

4.3 Discussion

The hybrid ResNeXt + LSTM architecture achieved a strong overall accuracy of 85.66%, confirming the efficacy of combining spatial and temporal modeling. ResNeXt effectively captured detailed frame-level features, while LSTM processed temporal dependencies, enabling the detection of subtle manipulations across video sequences.

Some key observations include:

- Temporal modeling with LSTM helped the model capture motion inconsistencies and unnatural transitions typical in deepfake content.
- The use of face-only preprocessing simplified the input and allowed the model to focus on critical facial regions.
- The small batch size (16), dictated by hardware limitations, was still sufficient to achieve generalization without overfitting.

However, the model’s performance occasionally fluctuated across epochs, likely due to:

- High variance in video quality and compression,
- Presence of subtle manipulations difficult to detect without more advanced context modeling,
- Limitations in data augmentation or temporal jittering.

Overall, the model presents a promising approach for real-time and scalable deepfake detection.

5. Conclusion

In this study, we proposed a hybrid deepfake detection model that combines the spatial feature extraction capabilities of ResNeXt-50 (32x4d) with the temporal sequence learning power of a Long Short-Term Memory (LSTM) network. The model was trained and evaluated on a diverse and balanced dataset aggregated from FaceForensics++, DFDC, and Celeb-DF, consisting of 6,000 videos (3,000 real and 3,000 fake).

Through comprehensive preprocessing—focused on extracting and reconstructing face-only video segments—we reduced irrelevant visual noise and optimized the dataset for learning manipulation artifacts. Our system achieved a peak accuracy of 85.66%, with a precision of 83.48%, recall of 88.80%, and an F1-score of 86.06% on the test set. These results demonstrate the effectiveness of combining both spatial and temporal features for robust and reliable deepfake detection.

Moreover, the model was integrated into a web-based application using the Django framework, enabling lreal-time video uploads and prediction with confidence scoring—thereby enhancing the system’s applicability in real-world scenarios such as digital forensics, media verification, and online content moderation.

Despite the promising results, some challenges remain, including performance sensitivity to highly compressed or low-resolution videos and the need for more diverse real-world deepfake examples. Future work will focus on:

- Incorporating attention mechanisms or Transformer-based architectures,
- Enhancing generalizability across unseen datasets,
- Reducing model inference time for better real-time scalability.

Ultimately, this research contributes a practical and effective solution toward the growing threat of manipulated media, reinforcing the need for intelligent, automated deepfake detection systems in an era of increasingly synthetic content.

References

1. Diel, A., Lalgi, T., Schröter, I. C., MacDorman, K. F., Teufel, M., & Bäuerle, A. (2024). Human performance in detecting deepfakes: A systematic review and meta-analysis of 56 papers. Computers in Human Behavior Reports, 16, 100538.
2. [Rossler, A., et al. (2019). FaceForensics++: Learning to Detect Manipulated Facial Images. ICCV.
3. [Gansbeke, W. V., et al. (2020). Temporal Awareness in Deepfake Detection. IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science.
4. Masi, I., et al. (2020). Two-Stream Network for Deepfake Detection. CVPR Workshops.
5. Xie, S., et al. (2017). Aggregated Residual Transformations for Deep Neural Networks. CVPR (ResNeXt paper).
6. Andreas Rossler, Davide Cozzolino, Luisa Verdoliva, Christian Riess, Justus Thies,Matthias Nießner, “FaceForensics++: Learning to Detect Manipulated Facial Images” in arXiv:1901.08971.
7. Deepfake detection challenge dataset : https://www.kaggle.com/c/deepfake-detection-challenge/data Accessed on 26 March, 2020
8. Yuezun Li , Xin Yang , Pu Sun , Honggang Qi and Siwei Lyu “Celeb-DF: A Large-scale Challenging Dataset for DeepFake Forensics” in arXiv:1909.12962

FRAKTALLAR ORQALI MEBEL DIZAYNI VA ICHKI DIZAYNNI MODELLASHTIRISH

Anarova Sh.A.,
Muhammad al-Xorazmiy Nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Toshkent, O‘zbekiston.
shakhzodaanarova@gmail.com

Ismailova S.N.,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Toshkent, O‘zbekiston
saodatismailova3006@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola zamonaviy dizayn nazariyalarida fraktal geometriya qo‘llanilishining ilmiy asoslarini ochib beradi. Fraktallarning mebel dizaynidagi generativ jarayonlardagi roli, ularning struktura samaradorligi va ekologik moslashuvchanlikni oshirishdagi imkoniyatlarini tahlil qiladi. Fraktallar orqali yaratilgan naqshlar inson psixologiyasi va idrokiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi, shuningdek, zamonaviy dizayn estetikasini boyitishi isbotlanadi. Maqola nazariy tahlil va amaliy modellashtirishni uyg‘unlashtirgan bo‘lib, yangi dizayn yondashuvlariga ilmiy asos beradi. Ushbu tadqiqot ikki yo‘nalishdan iborat. Birinchi yo‘nalishda yaratilgan eng mashhur fraktallar tavsiflanadi, fraktallar tuzilishi o‘rganiladi, ularning eng muhim xususiyatlari tushuntiriladi hamda bu xususiyatlarning mebel dizaynidagi akslari ko‘rib chiqiladi. Ikkinchi yo‘nalishda esa fraktallar shakllanishining turli funksional va estetik qiymatlari mebel dizaynida qo‘llaniladi.

Kalit so‘zlar: Fraktallar, Mandelbrot to‘plami, Julia to‘plamlari, IFS fraktallari, L-tizim fraktallari, Fraktal olovi, Nyuton fraktallari, Mebel dizayni

KIRISH: Zamonaviy mebel dizaynida shakl va strukturaning matematik asoslari muhim rol o‘ynamoqda. Fraktal geometriya, ayniqsa, tabiiy va noan’anaviy shakllarni yaratishdagi potentsiali bilan ajralib turadi. Yaqin yillarda ushbu yondashuv kompyuter texnologiyalari bilan birgalikda dizaynerlarga murakkab, ammo funksional tuzilmalarga ega bo‘lgan yangi modellar yaratish imkonini berdi. Fraktallar nafaqat shakl jihatidan, balki material samaradorligi, energiya oqimlari va inson makon tajribasini yaxshilashdagi o‘rni bilan ham muhim hisoblanadi. Ushbu maqola ushbu imkoniyatlarni chuqur ilmiy yondashuv bilan ochib beradi. Fraktal va fraktal geometriya tushunchalari 70-yillarning oxirida paydo bo‘lgan va 80-yillarning o‘rtalarida takomillashtirilib, matematiklar va dasturchilarning kundalik hayotiga kirib bordi. Fraktal so‘zi lotincha “fractus” so‘zidan olingan bo‘lib, “bo‘laklardan tashkil topgan” degan ma’noni anglatadi. U 1975 yilda Benoit Mandel’brot tomonidan taklif qilingan. Fraktallarning asosiy xususiyati o‘ziga o‘xshashligidir: eng oddiy holatda fraktalning kichik bir qismida asosiy fraktal mavjuddir. Mandelbrot fraktalga “Fraktal - bu qaysidir ma’noda o‘xshash qismlardan tashkil topgan tuzilma” deya ta’rif beradi [1]. Fraktallar bizga oddiy geometriyadan ma’lum bo‘lgan shakllarga o‘xshamaydi va ma’lum bir algoritmlar asosida quriladi. Fraktal grafikasida asosiy obyekt bu geometrik shakl emas, balki matematik formuladir. Formuladagi koeffisiyentlarni o‘zgartirish asosida mutlaqo boshqa bir kompozitsiyalarni yaratish mumkin bo‘ladi [2]. Bugungi kunda ichki (interyer) dizayn va mebel dizaynida shakllarning mavjudligi nafaqat estetik jihatdan muhim, balki funksional, yengil vaznli tuzilish va atrof-muhitga moslashuvchanlik, inson salomatligi va farovonligi hamda mustahkamlik uchun ham ahamiyatlidir. Uzoq vaqt davomida ichki (interyer) dizaynerlar Evklid geometriyasi shakllaridan (uchburchak, kvadrat, ko‘p qirrali shakllar) ilhom olishgan, bu esa ichki dizayn va

mebelni qattiq, moslashuvchan bo‘lmagan va samaradorlikdan yiroq qilib qo‘ygan, natijada materiallarning isrofgarchiligiga olib kelgan. Kompyuterlashtirilgan dizayn texnologiyalaridagi rivojlanish dizaynerlarga Evklidning oddiy shakllari va cheklovlaridan o‘tishga va ularni fraktal geometriya (no-Evklid geometriyasi) bilan almashtirishga imkon berdi. Fraktal geometriya yordamida optimal tuzilishga ega yangi notekis shakllar yaratiladi va natijada kam material ishlatib, katta kuchga ega dizayn tizimlari hosil bo‘ladi.

Bugungi kunda ayrim me’morlar va interyer dizaynerlari fraktallarning dekorativ shakllanishi, geometrik va dinamik xususiyatlaridan o‘z dizaynlarida ilhomlanib, arxitektura va interyer dizayni sohasini boyitib, funksional hamda estetik qiymat qo‘shib kelmoqdalar. Shu sababli ushbu tadqiqot fraktallar tuzilishini va ular orqali ichki (interyer) dizayn va mebel dizayniga ta’sirini o‘rganadi. Maqolada :

1. Fraktallar turlari va ularning xususiyatlarini tavsiflanadi hamda tahlil qilinadi.
2. Fraktallarning interyer dizayni mebel dizayniga ta’siri va amaliy qo‘llanilishi taqdim etiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA: Adabiyotlarni tahlil qilish jarayonida fraktal geometriya tushunchasining shakllanishi va rivojlanish yo‘nalishlariga e’tibor qaratildi. Mandelbrot, Julia va Nyuton kabi asosiy nazariyalar nafaqat matematik tushunchalarni, balki ularning vizual va dizayndagi qo‘llanilishi imkoniyatlarini ham ochib berdi. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, fraktallar — bu tabiatdagi murakkablikni oddiy matematik ifoda bilan modellashtirishga urinishdir. Xususan, ekologik muvozanat, tabiiy shakllanishlar va o‘sish jarayonlari fraktal modellar orqali tushuntirilgan.

Yevropa va AQSh tadqiqotchilari fraktal geometriya estetikasi inson idrokiga qanday ta’sir qilishini o‘rgangan bo‘lsa, Yaponiya va Janubi-Sharqiy Osiyodagi ilmiy ishlar ko‘proq fraktallarning tabiat va madaniy naqshlardagi o‘rniga e’tibor qaratgan. Shuningdek, arxitektura va dizayn sohasidagi ilg‘or maqolalarda fraktallar yordamida material sarfini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish va yangi shakl variantlarini yaratish bo‘yicha metodik yondashuvlar tavsiya qilingan.

O‘rganilgan manbalar shuni ko‘rsatadiki, fraktallar nafaqat nazariy jihatdan qiziqarli, balki amaliy jihatdan ham — ayniqsa, mebel dizaynida — katta potentsialga ega.

Tabiatda fraktallarning bir necha ko‘rinishini (turini) uchratish mumkin: geometrik fraktallar, algebraik fraktallar, stoxastik fraktallar, qo‘l-ijodiy fraktallar, tabiiy fraktallar va boshqalar. Shuningdek, ularni tuzilishiga ko‘ra bir o‘lchovli, ikki o‘lchovli va ko‘p o‘lchali turlarga ajratish mumkin.

***1.Tabiiy fraktallar**:* (Michael Frame, 2016). Fraktallar tabiatda juda keng tarqalgan bo‘lib, juda katta o‘lchov diapazonini qamrab oladi. O‘lchovdan qat’i nazar, bu naqshlarning barchasi oddiy shoxlanish jarayonini takrorlash orqali shakllanadi [3].

2. Geometrik fraktallar: bu turdagi Kox triad egri chizig‘i, Levi egri chizig‘i, Gilbert egri chizig‘i, Xartera-Xeytueya ajdari nomli siniq chiziqlar, Kontor to‘plami, Serpin uchburchagi, Serpin gilami, Pifagor daraxti va hokazo kabi fraktallar guruhi va eng ko‘rgazmali hisoblanadi.

Fraktal geometriya - bu notekis shakllar bilan shug‘ullanadigan matematika sohasi bo‘lib, ularning qismlari qandaydir tarzda butunga o‘xshash bo‘ladi; bu xususiyat o‘z-o‘ziga o‘xshashlik yoki o‘z-o‘ziga simmetriya deb ataladi. Geometrik fraktallar oddiy jarayonni takrorlash orqali hosil qilinishi mumkin. Fraktallar oddiy shakllardan — masalan, to‘g‘ri chiziq (Cantor changi yoki von Koch egri chizig‘i), uchburchak (Sierpinski uchburchagi) yoki kub (Menger gubkasi) — ustida iteratsion (takroriy) o‘zgartirishlar qo‘llash orqali standart geometriyadan kelib chiqadi [4].

2.1- IFS (takrorlanadigan funksiya tizimlari): Fraktallar tuzilishini hosil qilishning oddiy vositalaridan hisoblangan IFS usuli 1980-yillarning o‘rtalarida paydo bo‘lgan. IFS qisiluvchi affin almashtirishlar to‘plamidir. Ma’lumki affin almashtirishlar masshtablashtirish, burish va parallel ko‘chirishni o‘z ichiga oladi. Agar masshtablashtirish koeffisiyenti 1 dan kichik bo‘lsa, affin almashtirish

qisiluvchi hisoblanadi. IFS bir nechta fiksirlangan funksiyalar tizimini o‘zida ifodalaydi. Eng oddiy IFS tekislikning affin almashtirishdan tashkil topgan:

X' = A*X + B*Y + C, Y' = D*X + E*Y + F. IFS fraktallari (odatda shunday ataladi) istalgan o‘lchamda bo‘lishi mumkin, ammo ko‘pincha 2D (ikki o‘lchovli) shaklda hisoblanadi va chiziladi. Fraktal o‘zi bilan bir nechta nusxalarning birlashmasidan iborat bo‘lib, har bir nusxa ma’lum bir funksiya orqali o‘zgartiriladi (shuning uchun “funksiyalar tizimi” deb ataladi)[5].

2.2 - L-tizim fraktallari: 1968 yili Aristidom Lindenmayer (ma’lumoti bo‘yicha biolog) tomonidan ishlab chiqilgan L-tizimlar usuli geometrik fraktallarni qurishda eng oddiy hisoblanadi. Lindenmayer tabiatning murakkab ob’ektlarini bir nechta qoidalar hamda oddiy tashkil etuvchilar yordami bilan ifodalash jarayonlari usulini taklif qilgan. L-tizimlar usuli bir necha tillarning yetarli darajada oddiy grammatikasi bo‘lib, ular ustida turli muhitlar yordamida initsiator va almashtirishlarni bayon etuvchi Logo tilining analogik vositalaridir (tekislikda va fazoda oddiy geometrik shakllarni mumkin bo‘lgan almashtirishlarini aksiomatik bayon etish)

3. *Algebraik fraktallar:* fraktallarning yana bir katta guruhi bo’lib, ular o‘z nomlariga oddiy algebraik formulalarga asosan qurilgani uchun ega bo‘lgan. Ularni chiziqsiz jarayonlar yordami bilan n-o‘lchovli fazolarda hosil qilinadi. Ma’lumki, chiziqsiz dinamik tizimlar bir necha barqaror holatlarni o‘zida mujassamlashtiradi. Bulardan bittasi, bir necha takrorlashlar sonidan keyin boshlang‘ich shartga bog‘liq bo‘lib qoladi. Shuning uchun har bir barqaror holat, bir necha boshlang‘ich holat sohalarini o‘zida namoyon etadi. Ulardan eng taniqlilari Mandelbrot, Julia, Nyuton to‘plamlari va boshqalar.

Fraktallarning mebel dizayniga ta’siri:

1. Fraktallar estetik shakllanishga ega bo‘lib [6,7], dizaynga estetik xususiyatlar qo‘shadi.
2. Fraktallar dinamik xususiyatlarga ega, masalan, vibratsion tebranishlar, transport va spin to‘lqinlari fraktal tuzilmalarida mavjud [8]. Ular dizayndagi harakat va energiyani ifodalaydi.
3. “Har bir fraktal o‘zida ba’zi energiya ta’siriga ega, xuddi devordagi rang yoki rasm kabi. Biroq, fraktallar energiyasi ma’lum chastotalarni oshirish va kuchaytirish maqsadida, energiyaviy fraktal tasvirning niyat va maqsadiga qarab tushuniladi. Ular ma’lum vibratsiyalarni chiqarishga dasturlangan — masalan, ofisingizda, yig‘ilish xonangizda yoki yotoqxonangizda bo‘lishini istagan shaxsiy energetik asos va qo‘llab-quvvatlash sifatida... jismoniy, hissiy yoki ruhiy maqsadlaringizga erishish uchun.” [9]
4. Dizaynda yoqimli fraktallarga ta’sir qilish stressga qarshi fiziologik reaksiyalarimizni kamaytirishi va baxt bilan bog‘liq miya sohalarini faollashtirishi mumkin (funktsional qiymatlar) [10].

Fraktallarning qo‘llanilishi: Fraktal nazariyasining interyer dizaynida qo‘llanilishi uning rivojlanishining muhim ko‘rinishi hisoblanadi. Fraktallar nazariyasining interyer dizaynida qo‘llanilishi uning zamonaviy rivojlanishining muhim jihatlaridan biridir. An’anaviy dizayndagi asosiy manba geometrik shakllar va naqshlar bo‘lib, ularning o‘zi nisbatan qat’iy va muntazamdir. Ushbu elementlar zamonaviy interyer dizayniga tatbiq qilinib, interyer dizaynining vizual taqdimotini yanada zamonaviy insonlarning estetik ehtiyojlariga mos kelishini ta’minlashi mumkin.

NATIJALAR: Fraktal geometriya nafaqat matematik tushuncha, balki tabiatdagi murakkab tizimlarning modelidir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, fraktallar inson ongida estetik zavq uyg‘otadigan naqshlarni yaratishda kuchli vosita bo‘lib xizmat qiladi, chunki ularning o‘z-o‘ziga o‘xshashlik va takroriylik xususiyatlari inson idrokidagi tabiiy naqshlarni eslatadi. Shu sababli, fraktallar bilan ishlash nafaqat san’at va dizayn eksperimentlari bilan cheklanmaydi, balki u psixologiya, neyroestetika va biologik tizimlar bilan bog‘liq amaliy ishlanmalarda ham qo‘llaniladi.

Mebel dizaynida fraktallar shakllanishining qo‘llanilishi ekologik samaradorlik, strukturalarning mustahkamligi va materiallar tejamkorligi jihatidan

ham nazariy asosga ega. Turli o‘lchovlarda qaytariluvchi fraktal naqshlar ob’ektni yengilroq va mustahkamroq qilish, shuningdek, vizual dinamizm va harakatchanlik berish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotda o‘rganilgan nazariy asoslar amaliy natijalar bilan uyg‘unlashib, mebel dizayni uchun yangi yondashuvlarni shakllantirishga xizmat qiladi.

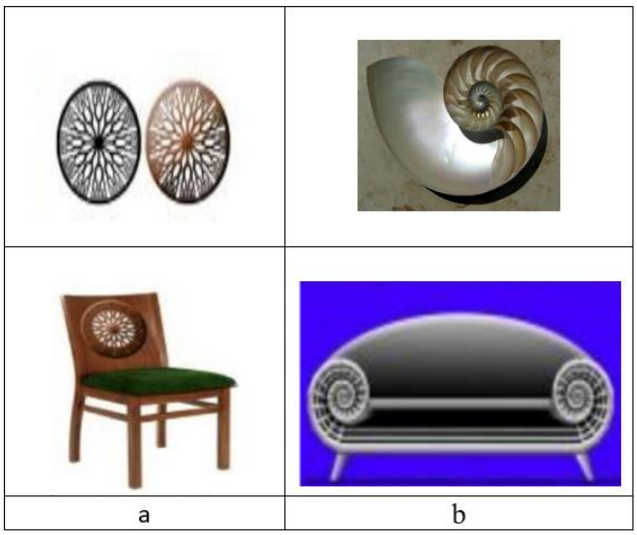
Fraktallar qurish uchun ularning tenglamasini turli usullardan foydalangan holda qurish kerak bo‘ladi. Bunda bir necha usullardan foydalaniladi, bular IFS (Itered function systems - Iteratsion funksiyalar tizimlari (IFT)) usuli, L-tizimlar usuli, arifmetik xususiyatlarga asoslangan binomial bazis ko‘phadlar nazariyasi usul, R-funksiya usuli (RFM), to‘plamlar nazariyasi usuli va boshqalar. Ushbu qurish usullari orqali mebel dizayni uchun yangi dizayn namunlarini modellashtiramiz.

1. Tabiiy fraktallar orqali mebel dizaynini yaratish.

1-model: Stul orqa qismida tabiiy - shoxlanadigan daraxtsimon fraktallardan ilhomlangan shoxlanadigan fraktal blok mavjud bo‘lib, u o‘z-o‘ziga simmetriya xususiyatiga ega. (1-rasm,a)

2-model : Spiral fraktal qo‘lli divan tabiiy chig‘anoq shaklidan ilhomlanib yaratilgan.

Dizaynda ishlatilgan fraktal o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, o‘xshash takroriy iteratsiyalar, hamda fraktal tuzilmalardagi aylanish to‘lqinlari kabi dinamik xususiyatlarga ega. (1-rasm,b)



1-rasm.Tabiiy fraktallar orqali yaratilgan mebel dizaynlari

2. Geometrik fraktallar orqali mebel dizaynini yaratish.

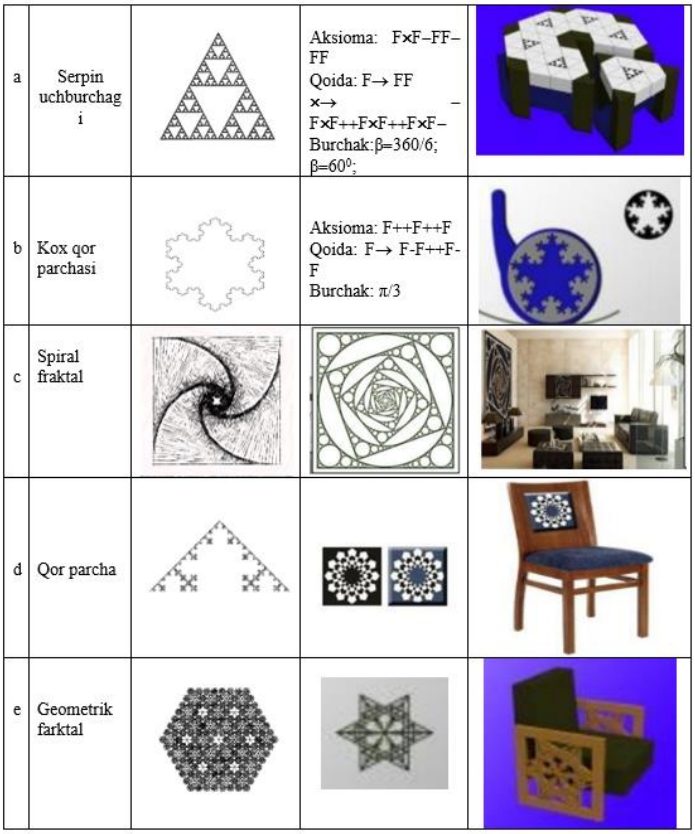
3-model: Serpin uchburchagi asosidagi fraktal uchburchak stol. Har bir uchburchak shaklidagi stol usti o‘z-o‘ziga o‘xshashlikka ega bo‘lgan kichik uchburchaklarga bo‘lingan; ushbu uchburchak stollar guruhi birgalikda takroriy operatsiyalarga ega bo‘lgan geksagonal (olti burchakli) stolni hosil qiladi. (2-rasm,a)

4-model : Kox qor parchasi asosidagi divan dizayni. U o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, o‘xshash takroriy operatsiyalar, shoxlanish imkoniyati, o‘suvchi miqyos va dinamik tizimlarga ega. (2-rasm,b)

5-model : Kvadratlar va aylanalarning fraktal geometrik shaklidan ilhomlangan panel. U turli javonlarda suriluvchi eshik sifatida yoki devordagi panel sifatida ishlatilishi mumkin. Dizayn o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, o‘xshash takroriy operatsiyalar, shoxlanish imkoniyati kabi xususiyatlarga ega. (2-rasm,c)

6-model : Stulning orqa qismida qor egri chizig’i fraktallaridan ilhomlangan geometrik fraktal mavjud bo‘lib, u o‘z-o‘ziga simmetriya kabi xususiyatlarga ega (2-rasm,d)

7-model: Geometrik fraktal uchburchaklar yoritish stoli, qo‘ltiqli stul va kitob javonida qo‘llaniladi. Dizayn markaziy nuqta, o‘z-o‘ziga o‘xshashlik, o‘xshash takroriylik kabi xususiyatlarga ega. (2-rasm,e)



2-rasm. Geometrik fraktallar orqali yaratilgan mebel dizaynlari

XULOSA: Maqola natijalaridan kelib chiqib, muammoni hal qilishga erishildi: fraktallar tushunchasi aniqlab berildi, ularning turlari va xususiyatlari tavsiflandi. Maqolada fraktallarning mebel dizayniga ta’sirini tushuntirib berdi, shuningdek, fraktallarning mebel sohasidagi qo‘llanilishiga e’tibor qaratdi. Shu tariqa, natijalar tadqiqotning ahamiyatini asoslab berdi. Taklif etilgan loyihalar asosida tadqiqot fraktallardan va ularning xususiyatlaridan (tabiiy, geometrik va algebraik elementlar) mebel dizaynida ilhom olishning ko‘plab manbalarini aniqlash imkoniga ega bo‘ldi hamda mebel dizaynida turli fraktal shakllarning funksional va estetik qadriyatlarini qo‘llash mumkinligini ko‘rsatdi. Fraktal geometriya asosida qurilgan dizayn yechimlari nafaqat shakl va tuzilmaning estetik imkoniyatlarini oshiradi, balki materiallardan foydalanish samaradorligini ham ta’minlaydi. Fraktal naqshlarning tabiatdan ilhomlangan xususiyatlari inson idrokida tinchlantiruvchi va stressni kamaytiruvchi ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, fraktallar yordamida mebel shakllarida ko‘plab funksional yechimlar yaratish mumkin bo‘lib, ular individual, moslashuvchan va ekologik dizayn tamoyillarini qo‘llab-quvvatlaydi. Ushbu yondashuv zamonaviy dizayn amaliyoti uchun yangi generativ imkoniyatlar ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mandelbrot B., The fractal geometry of nature. // Vol. 1. New York: WH freeman, 1982.-pp. 112-120.
2. Anarova Sh., Ibrohimova Z. Fraktallarni qurish usullari. // “Axborot-kommunikasiya texnologiyalari va dasturiy ta’minot yaratishda innovasion g‘oyalar” Respublika ilmiy-texnik anjumanning ma’ruzalari to‘plami. 1 – qism. – Samarqand, 2019. – 67-70 b.
3. Michael Frame and others- 2016 :" Fractal Geometry-fractals, Graphics, &Mathematics Education) , Yale University, http://users.math.yale.edu/public_html/People /frame/Fractals/
4. ERIN PEARSE, 2005 :" AN INTRODUCTION TO DIMENSION THEORY AND FRACTAL GEOMETRY: FRACTAL DIMENSIONS AND MEASURES" , http://www.math.cornell.edu/~erin/docs/dimension.pdf
5. Draves, Scott; Erik Reckase (July 2007). "The Fractal Flame Algorithm" (pdf). Retrieved 2008-07-17.
6. Branka Spehar & others -2003:" Universal aesthetic of fractals", Computers & Graphics 27 (2003) 813–820, http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/BNewell /SCNT2003.pdf
7. Wolfgang E. Lorenz – 2003:" Fractals and Fractal Architecture" , Diplom-Ingenieur, Advisor: O.Univ.Prof. DI Dr.techn. Georg FRANCK-OBERASPACH (PDF Download Available).:https://www.researchgate.net/publication/273457875_Fractals_and_Fractal_Architecture [accessed May 20, 2016].
8. Tsuneyoshi Nakayama-2009:" Fractal Structures in Condensed Matter Physics", Toyota Physical and Chemical Research Institute, Nagakute, Japan. http://subutuap.eng.hokudai.ac.jp/nakayama/pdf/Encyclopedia_of_Complexity_and_Systems_Science_ Springer-Verlag(2009).pdf
9. Djendji Samardzija-2011:"the Art of fractals energy", http://www.fraktalneenergije.com/en/energy. html)
10. Prucia Buscell- 2013: http://www.plexusinstitute.org/blogpost/656763/160028/Fractals-Function-and-Beauty

NewHSA oqimli shifrlash algoritmining xususiyatlari

Rahmatullayev Ilhom Rahmatullayevich,
Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti doktoranti, ilhom9001@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada umumiy 4 ta siljitish registri, 3 ta AND va 23 ta XOR mantiqiy elementlardan tashkil topgan yangi NewHSA(yangi apparat oqimli shifrlash algoritmi) oqimli shifrlash algoritmi taqdim etiladi. Algoritmning apparat orqali joriy etilishi uchun zarur bo‘lgan mantiqiy elementlar soni 830 taga teng. NewHSA yordamida yaratilgan shifrlangan bitlar ketma-ketligining tasodifiylik darajasi, kriptotahlilga nisbatan chidamliligi hamda uning apparatdagi samaradorlik ko‘rsatkichlari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: oqimli shifrlar, apparat, dasturiy ta’minot, LFSR, NLFSR, NIST testlari, XOR, AND, mantiqiy elementlar

Kirish

Simmetrik oqimli shifrlash – bu gammalash orqali simmetrik shifrlash usullari bo‘lib, ochiq matnning har bir bitiga kalit oqimining mos bitini XOR orqali qo‘shish natijasida shifrmatn hosil qilinadi. Qabul qiluvchi tomon esa shu kalit oqimini qayta generatsiya qilib, XOR amali yordamida asl matnni tiklaydi[1,12].

Bunday algoritmlar blokli shifrlarga qaraganda ancha moslashuvchan va yengil hisoblanadi. Oqimli shifrlar uchta asosiy guruhga ajratiladi:

- **Apparatga yo‘naltirilgan (hardware-based) shifrlar** – bu turdagi shifrlar odatda LFSR yoki NLFSR asosida quriladi va apparatda yuqori tezlik va energiya samaradorligi bilan ishlaydi. Trivium, Grain, Mickey kabi algoritmlar bunga misoldir.
- **Dasturiy shifrlar (software-based)** – ushbu turdagi algoritmlar blokli shifrlar, arifmetik va mantiqiy amallar, hamda T-funksiyalar asosida ishlab chiqiladi. RC4, Salsa20, SOSEMANUK kabi shifrlar ana shunday toifaga kiradi.
- **Gibrid (kombinatsiyalashgan) shifrlar** – hardware va software yondashuvlarining kombinatsiyasi asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, ular odatda LFSR tuzilmasiga asoslanadi.

Yuqorida sanab o‘tilganlardan farqli o‘laroq, mazkur maqolada yangi ishlab chiqilgan NewHSA oqimli shifri taklif etiladi. U apparatga moslashtirilgan bo‘lib, Trivium va A5/1 algoritmlarining strukturasidan ilhomlanib ishlab chiqilgan[2,11].

Asosiy qism

Oqimli shifrlash algoritmlari — bu shifrlashning bitta biti asosida ishlovchi usullar bo‘lib, har bir kiruvchi bit uchun oldindan yaratilgan gamma oqimining mos biti bilan XOR operatsiyasi bajariladi. Natijada, ochiq ma’lumotlar shifrlangan ko‘rinishga o‘tadi [3,10]:

$$c_i = p_i \oplus k_i$$

Shifrni qabul qiluvchi tomon shifrlangan ma’lumotdan asl matnni qayta tiklash uchun, aynan shifrlash bosqichida ishlatilgan generator (simmetrik maxfiy kalit asosida) tomonidan yaratilgan mos gamma bitini shifrmatn biti bilan XOR amalida birlashtiradi:

$$c_i \oplus k_i = p_i \oplus k_i \oplus k_i = p_i$$

Blokli shifrlardan farqli ravishda, oqimli shifrlash algoritmlarining ishlab chiqilishida yagona umumqabul qilingan model mavjud emas. Bu holat kriptograf mutaxassislarini turli shakldagi oqimli shifrlarni ishlab chiqishga undaydi. Oqimli shifrlar qo‘llanish sohasi va funksional talablarga ko‘ra turkumlanadi va har bir turkum maxsus xossalarga ega bo‘lgan algoritmlarni qamrab oladi. Ushbu turkumlar uchta asosiy yo‘nalishda ajratiladi (1-rasm) [4,9]:

– Hardware oqimli shifrlar;
– Sofrware oqimli shifrlar;
– Gibrid oqimli shifrlar.

Hardware asosidagi oqimli shifrlash algoritmlarining tasnifi asosan FSSR/NLFSR tuzilmalariga, soat sinxronlashtirish mexanizmlariga hamda LFSR (chiziqli siljitish registrlari) asosidagi arxitekturalarga tayanadi. Ushbu turdagi algoritmlar yuqori samaradorlik talab etiladigan kriptografik tizimlarda axborotni himoyalashda muhim ahamiyatga ega. Masalan, eStream tashabbusi doirasida taklif etilgan va baholangan Trivium, Grain80, F-FCSR-H, Grain128, Mickey128, Mickey2(80), Pomaranch80, Pomaranch128, Moustique, Decim80, Decim128 hamda Edon80pl algoritmlari apparatga moslashtirilgan zamonaviy oqimli shifrlar turkumiga kiradi[5,6].

Software asosidagi oqimli shifrlash algoritmlari T-funksiyalar, blokli shifrlash mexanizmlari, S-bloklar hamda turli mantiqiy va arifmetik amallar asosida ishlaydi. Ushbu turdagi algoritmlar apparatga yo‘naltirilgan shifrlarga nisbatan, asosan bitlar ustida amalga oshiriladigan almashtirish va o‘rin almashish (bit manipulation) operatsiyalariga tayanadi hamda mantiqiy tuzilmasi bilan ajralib turadi. Dasturiy oqimli shifrlash usullariga zamonaviy vakillar sifatida RC4, DRAGON, HC-128, LEX, Salsa20, uning turli versiyalari (Salsa20 v2, Salsa20/12 v2) hamda SOSEMANUK algoritmlarining M va F variantlarini misol qilib ko‘rsatish mumkin[7].

Gibrid asosidagi oqimli shifrlar algoritmlari apparat va dasturiy yondashuvlarning kombinatsiyasi asosida yaratiladi. Bunday aralash arxitekturaga ega algoritmlarning aksariyati o‘z tuzilmasida LFSR (chiziqli siljitish registrlari) komponentlarini asosiy element sifatida qo‘llaydi. [8-9].

Taklif qilinayotgan yangi NewHSA (New hardware stream algorithm) oqimli shifrlash algoritmi apparatda amalga oshirishga qulay, ko‘rinishi va tuzilishi bo‘yicha LFSR asosiga qurilgan A5/1 shifrlash algoritmiga va NLFSR asosidagi Trivium algoritmiga o‘xshash. Shu sababli, qiyosiy tahlillar mazkur algoritmlar bilan amalga oshiriladi.

NewHSA ning boshlang‘ich holati umumiy uzunligi 64 bit bo‘lgan 4 ta siljish registridir. Har bir holat o‘ngga siklik siljish registrlaridagi bitlarni chiziqsiz uzatish va qayta aloqa kombinatsiyasi orqali o‘zgartiriladi. Shifrni ishga tushirish uchun 128 bit uzunlikga ega K kalit qiymatlari 4 siljish registrlariga berilgan qoida bo‘yicha yoziladi va algoritm 16*64 = 1024 marta bajariladi, shundan so‘ng registr bitlariga kalitning qolgan 64 bit qismi ikki modul bo‘yicha qo‘shiladi va algoritm yana 1024 marta bajariladi, bu boshlang‘ich holatning har bir biti kalitning va initsializatsiya vektorining har bir bitiga bog‘liqligini kafolatlaydi.

Initsializatsiya.

NewHSA algoritmining ishga tushirilishi 64 bitli boshlang‘ich holatga ega bo‘lgan to‘rtta siljitish registrlari orqali amalga oshiriladi. Har bir registr o‘zining siklik siljishi va bog‘lovchi elementlar orqali o‘zgarib boruvchi holatni ifodalaydi.

Kalit yuklash bosqichida 128 bitli maxfiy kalit ketma-ketlikda quyidagicha ishlatiladi: dastlabki 64 biti har bir registrga ma’lum qoidalarga muvofiq taqsimlanadi va shu holatda algoritm 1024 marta iteratsiya qilinadi. So‘ngra, qolgan 64 bitlik kalit qiymatlari mavjud registr bitlariga ikki modul bo‘yicha (XOR) qo‘shiladi. Ushbu jarayondan so‘ng yana 1024 iteratsiya amalga oshiriladi. Bu ketma-ket amallar algoritmning ichki holati bilan kalit va initsializatsiya vektorining har bir biti o‘rtasida mustahkam bog‘liqlikni ta’minlaydi.

Ushbu bosqichning asosiy maqsadi – ichki holatlarni tashqi parametrlar bilan maksimal darajada bog‘lab, keyinchalik generatsiyalanuvchi kalit oqimi xavfsizligini ta’minlashdir. Quyidagi psevdokod orqali ushbu initsializatsiya jarayoni soddalashtirilgan holda ifodalanadi:

Initsializatsiya jarayoni Algoritm 64 bitli kalitni 64 (17+19+13+15) bitli boshlang‘ich holat registrlariga yuklash orqali ishga tushiriladi. Initializatsiya jarayonini quyidagi psevdokod yordamida tavsiflash mumkin.

$(K_0, \dots, K_{16}) \rightarrow (a_0, a_1, \dots, a_{16})$
$(K_{17}, \dots, K_{35}) \rightarrow (b_0, b_1, \dots, b_{18})$
$(K_{36}, \dots, K_{48}) \rightarrow (c_0, c_1, \dots, c_{12})$
$(K_{49}, \dots, K_{63}) \rightarrow (d_0, d_1, \dots, d_{14})$

$for\ i = 0\ to\ 1023\ do$

$a_5 + a_8 \cdot a_9 + a_{10} + a_{14} + a_{16} + b_{10} \rightarrow t_0$
$b_7 + b_{12} \cdot b_{13} + b_{14} + b_{16} + b_{18} + c_9 \rightarrow t_1$
$c_4 + c_6 \cdot c_7 + c_8 + c_{10} + c_{12} + d_{11} \rightarrow t_2$
$d_6 + d_8 \cdot d_9 + d_{10} + d_{12} + d_{14} + a_{13} \rightarrow t_3$
$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$
$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$
$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$
$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$
$end\ for.$
$(a_0 + K_{64}, a_1 + K_{65}, \dots, a_{16} + K_{80})$
$(b_0 + K_{81}, b_1 + K_{82}, \dots, b_{18} + K_{99})$
$(c_0 + K_{100}, c_1 + K_{101}, \dots, c_{12} + K_{112})$
$(d_0 + K_{113}, d_1 + K_{114}, \dots, d_{14} + K_{127})$
$for\ i = 0\ to\ 1023\ do$
$a_5 + a_8 \cdot a_9 + a_{10} + a_{14} + a_{16} + b_{10} \rightarrow t_0$
$b_7 + b_{12} \cdot b_{13} + b_{14} + b_{16} + b_{18} + c_9 \rightarrow t_1$
$c_4 + c_6 \cdot c_7 + c_8 + c_{10} + c_{12} + d_{11} \rightarrow t_2$
$d_6 + d_8 \cdot d_9 + d_{10} + d_{12} + d_{14} + a_{13} \rightarrow t_3$
$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$
$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$
$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$
$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$
$end\ for.$

Generatsiya. Oqim generatori holat registrlari qiymatining 4 bitini o‘zgartirish uchun 64 bitli boshlang‘ich holat registrlarining 8 bitining qiymatlaridan va kalit oqimining 1 bitini hisoblash 28 bitining qiymatlaridan foydalanadi. 2048 iteratsiyadan iborat initsializatsiya jarayonidan keyin mazkur 28 bitning qiymatiga kalit va initsialiatsion vektorning qiymatlari to‘liq ta’sir qilib bo‘ladi. Shifrlash uchun zarur N $(N \leq 2^{64})$ bit kalitni generatsiya qilish jarayonini quyidagi psevdokod yordamida ifodalash mumkin.

$for\ i = 0\ to\ N\ do$
$a_5 + a_{10} \rightarrow t_0$
$b_7 + b_{14} \rightarrow t_1$
$c_4 + c_8 \rightarrow t_2$
$d_6 + d_{10} \rightarrow t_3$
$t_0 + t_1 + t_2 + t_3 \rightarrow chiqish_i$
$a_5 + a_8 \cdot a_9 + a_{10} + a_{14} + a_{16} + b_{10} \rightarrow t_0$
$b_7 + b_{12} \cdot b_{13} + b_{14} + b_{16} + b_{18} + c_9 \rightarrow t_1$
$c_4 + c_6 \cdot c_7 + c_8 + c_{10} + c_{12} + d_{11} \rightarrow t_2$
$d_6 + d_8 \cdot d_9 + d_{10} + d_{12} + d_{14} + a_{13} \rightarrow t_3$
$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$
$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$
$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$
$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$
$end\ for.$

Yuqorida keltirilgan psevdokodlarda qo‘shish $(+)$ va ko‘paytirish $(\cdot)$ amallari 2 modul bo‘yicha qo‘shish va ko‘paytirishni amalga oshiruvchi XOR va AND amallari hisoblanadi.

Algoritm yordamida generatsiya qilish jarayoni to‘g‘ri tashkil qilinishi uchun namuna quyida keltirilgan.

Kiruvchi parametrlar:

*Kalit:*0001110000000110001101100001100100001011000100100110000000100011001110110110101000100100101111100011110000111010000111000101111

Initsializatsiya jarayonidan avval registrlarning qiymatlari:

a: 00011100000001100
b: 0110110000110010000
c: 1011000100100
d: 110000000100011

Initsializatsiya jarayonidan so‘ng registrlarning qiymatlari:

a: 10101001101000001
b: 1111111100101110010
c: 0000100110010
d: 110100111001100

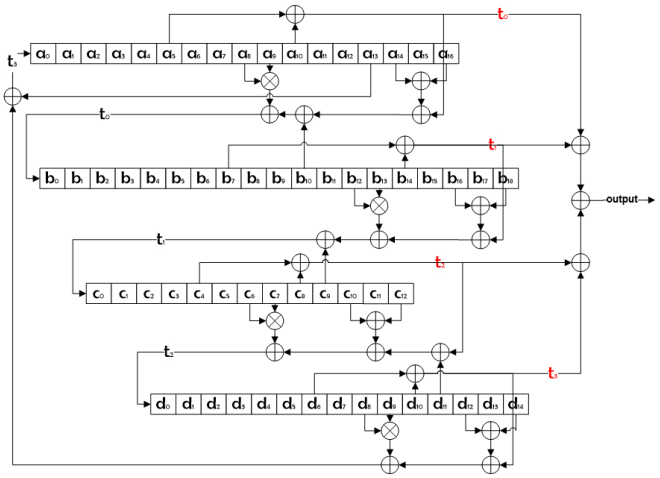
*chiqish:*0001001011110010010010011111101000100001001000110001111100010001100101111110111111…

Mazkur algoritm yordamida bitta kalit va initsializatsion vektor yordamida 2^{64} bit uzunlikdagi kalitlarni generatsiya qilish tavsiya qilinadi.

Natijalar

NewHSA - bu asosan apparatga yo‘naltirilgan moslashtirilgan algoritm. U gate (element) lar soni bo‘yicha cheklovlar bo‘lgan muhitlarda ixcham bo‘lishga, cheklangan quvvat manbalariga ega platformalarda quvvatni tejaydigan va yuqori tezlikdagi shifrlashni talab qiladigan ilovalarda tezkorlikni ta’minlashga qaratilgan.

Ixcham amalga oshirish talabi bitga yo‘naltirilgan yondashuvni taklif qiladi. Bundan tashqari, kalit oqimi generatorining chiqishida ichki holat registrlarining chiziqsiz bog‘liqliligini ta’minlash talab qilinadi. Energiyani samarali sarflash va tezkor amalga oshirishni ta‘minlash imkoni ham mavjud bo‘lishi kerak.



[6] da keltirilgan raqamlarga asoslanib (ya’ni, har bir Flip-flop (surish registri elementi) uchun 12 NAND shlyuzi, XOR uchun 2,5 gate va AND uchun 1,5 gate), apparatda amalga oshirish uchun zarur gatelar sonini hisoblash mumkin. EStream tanlovida qatnashgan eng yaxshi oqimli shifrlash algoritmlaridan biri bo‘lgan Trevium [7] algoritmi bilan qiyosiy tahlili natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

NewHSA, A5/1 va Trevium algoritmlarining apparat tatbiqi uchun zarur gatelar soni

Algoritm	**Trevium**	**A5/1**	**NewHSA**
Kalit uzunligi	80	64	128
IV uzunligi	80	-	-
Ichki holat registri	288*12=3456	64*12=768	64*12=768
AND gate	3*1.5=4.5	3*1.5=4.5	3*1.5=4.5
XOR gate	11*2.5=27.5	17*2.5=42.5	23*2.5=57.5
Jami gate lar soni	**3488**	**815**	**830**

NHSA algoritmning davri.

Algoritmning ichki holati chiziqli bo‘lmagan tarzda rivojlanishi sababli uning davrini aniqlash qiyin. Shunga qaramay, bir qator kuzatishlar orqali algoritmning davrini taxmin qilish mumkin. Birinchidan, agar AND eshiklarisiz to‘liq chiziqli sxema olinsa har qanday kalit juftligi yordamida kamida 2^{83-3}-1 davriga ega oqim hosil qilishini ko‘rsatish mumkin. Bu NHSA uchun bevosita ta'sir qilmaydi, lekin bu registrlarning uzunliklari to‘g‘ri tanlanganligining belgisi sifatida qaralishi mumkin.

Ikkinchidan, NHSA ichki holati teskari tarzda yangilanadi va $(c_0,..,c_{96})$ registrining ishga tushirilishi holatning 96 iteratsiyadan kamroq aylanishining oldini oladi. Agar NHSA yetarli miqdordagi iteratsiyadan (bizning holatda 269*4=1076 iteratsiya) so‘ng tasodifiy almashtirish sifatida harakat qiladi deb hisoblansa, u holda 2^{269} gacha bo‘lgan barcha sikl uzunliklari teng ehtimolga ega bo‘ladi va shuning uchun berilgan kalit/IV juftligining 2^{128} dan kichik siklni keltirib chiqarishi ehtimoli $2^{269-128}=2^{141}$ ga teng bo‘ladi.

Shunday bo‘lsa ham, yuqorida generatsiya qilingan kalitlarning ishonchliligini maksimal ta’minlanishini sug‘urtalash maqsadida bir kalit/IV juftligi yordamida 2^{64} bit kalit generatsiya qilish tavsiyasi keltirildi.

NewHSA oqimli shifrlash algoritmi yordamida hosil qilingan ketma-ketliklarni tasodifiylik darajasi bo‘yicha baholash Nist Statistik testlari yordamida amalga oshirildi. 2-jadvalda mazkur test natijalari keltirilgan.

2-jadval. NewHSA oqimli shifrlash algoritmining NIST statistic testlardagi natijasi

№	**Tests**	***p* palue**	**Result (PASS /FAIL**
1.	The Frequency (Monobit)	0.79688	PASS
2.	Frequency Test within a	0.02757	PASS
3.	The Cumulative Sums	0.33667	PASS
4.	Tests for the Longest-Run-	0.37428	PASS
5.	The Runs Test	0.18794	PASS
6.	The Binary Matrix Rank	0.88073	PASS

7.	The Discrete Fourier	0.63110	PASS
8.	The Non-overlapping	1.0	PASS
9.	The Overlapping Template	0.47621	PASS
10.	Maurer's "Universal	0.99971	PASS
11.	The Random Excursions	0.26745	PASS
12.	The Random Excursions	0.05239	PASS
13.	The Approximate Entropy	0.24955	PASS
14.	The Serial Test	0.10822	PASS
15.	The Linear Complexity	0.94435	PASS

Xulosa

Ushbu tadqiqot doirasida yangi taklif etilgan NewHSA oqimli shifrlash algoritmining tuzilmasi, apparat asosida amalga oshirishga qulayligi va samaradorligi chuqur o‘rganildi. Taklif etilgan algoritmning asosi 4 ta siljitish registri, 3 ta AND va 23 ta XOR elementlardan tashkil topgan ixcham tuzilmaga ega bo‘lib, bu uni resurslar cheklangan muhitlarda qo‘llash uchun ayni muddao qiladi.

NewHSA algoritmi apparatda amalga oshirilganda jami 830 ta mantiqiy eshik (gate) talab qilishi aniqlangani, uni zamonaviy oqimli shifrlar – Trivium va A5/1 algoritmlari bilan solishtirganda raqobatbardosh variant sifatida ko‘rsatadi. Bundan tashqari, kalit va initsializatsiya vektorlariga bo‘lgan yuqori sezuvchanlik, ichki holatlarning murakkabligi va chiziqsiz bog‘liqlik algoritmning kriptotahlilga nisbatan barqarorligini kuchaytiradi.

Shuningdek, NewHSA algoritmining chiqaruvchi kalit oqimi NISTning 15 ta statistik test to‘plami orqali baholandi va barcha testlarda muvaffaqiyatli natijalarga erishdi. Bu esa generatsiyalangan bitlar ketma-ketligining yuqori darajadagi tasodifiyligini va algoritmning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Yakuniy xulosaga ko‘ra, NewHSA oqimli shifrlash algoritmi quyidagi jihatlari bilan ajralib turadi:

- apparatda amalga oshirish uchun ixchamlik va samaradorlik;
- yuqori tezlikda ishlashga moslashuvchanlik;
- kriptotahlilga nisbatan chidamlilik;
- tasodifiy kalit oqimi generatsiyasi uchun ishonchli arxitektura.

Kelgusi tadqiqotlar algoritmning dasturiy muhitdagi samaradorligi, energiya sarfi bo‘yicha optimallashtirish imkoniyatlari va qo‘shimcha himoya qatlamlari bilan boyitish yo‘nalishida davom ettirilishi mumkin. Mazkur algoritm ayniqsa IoT, mobil qurilmalar va boshqa cheklangan resurslarga ega muhitlarda qo‘llanilishi uchun istiqbolli yechim bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. J. Daemen, “Cipher and hash function design strategies based on linear and differential cryptanalysis,” Doctoral Dissertation, March 1995, K. U. Leuven

2. Rahmatullayev I., Boyquziyev I., Omonov A. OQIMLI SHIFRLASH UCHUN DASTURIY YECHIMLAR //DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. – 2024. – T. 2. – №. 4. – C. 28-38.

3. Rahmatullayev I., Abduraximov B. CHACHA20 OQIMLI SHIFRLASH ALGORITMINING RAUND FUNKSIYASINING MODIFIKATSIYA VARIANTLARINI BAHOLASH //DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. – 2024. – T. 2. – №. 5. – C. 18-26.

4. Rahmatullayev I. SIMMETRIK UZLUKSIZ SHIFRLASH ALGORITMLARI KRIPTOBARDOSHLILIGINI BAHOLASH MEZONLARI //DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. – 2024. – T. 2. – №. 3. – C. 94-100.

5. Rahmatullayev I. R. OQIMLI SHIFRLASH ALGORITMLARINING XOSSALARI //«Ёш олимлар ахборотномаси»–«Вестник молодых ученых». – 2024. – T. 4. – C. 46-49.

6. Turakulovich X. Z., Rahmatullayevich R. I. Mavjud oqimli shifrlash algoritmlarining qiyosiy tahlili //Al-Farg’oniy avlodlari. – 2024. – T. 1. – №. 1. – C. 129-134.

7. Raxmatullayevich R. I. MAVJUD SINXRON OQIMLI SHIFRLASH ALGORITMLARINING QIYOSIY TAHLILI

//Механика и технология. – 2024. – Т. 2. – №. 15. – С. 236-243.

8. A. Clark, J. Golic, W. Millan, L. Penna, L. Simpson, “The LILI-128 Keystream Generator,” NESSIE project submission, 2000, available at http://www.cryptonessie.org

9. S. Fluhrer, “Cryptanalysis of the SEAL 3.0 Pseudorandom Function Family,” Fast Software Encryption, FSE 2001, Proceedings, pp. 142–151, 2001.

10. T. Jacobsen and L. R. Knudsen, “The Interpolation Attackon BlockCiphers,” Fast Software Encryption, FSE’97, Springer-Verlag, LNCS 1267, pp. 28–40, 1997.

11. P. Rogaway, D. Coppersmith, “A Software-Optimized Encryption Algorithm,” Journal fo Cryptography, Vol. 11, No. 4, pp. 273–287, 1998.

12. Рахматуллаев И. Р. Oqimli shifrlash algoritmlari va ularni vujudga kelish sabablari. – 2024.

DEEPFAKE TECHNOLOGY: THREAT LANDSCAPE, DETECTION TECHNIQUES, AND ETHICAL GOVERNANCE

Primbetov Abbaz Muratbay uli,
Phd student of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi
abbaz0203@mail.ru

Normuminov Anvarjon Asqar o‘g’li,
Senior lecturer, Computer engineering,
Tashkent University of Applied Sciences
E-mail: anormuminov072@gmail.com

Abdiraimova Zulxumor G’ofur qizi,
Senior lecturer, Computer engineering,
Tashkent University of Applied Sciences
E-mail: zulxumorabdiraimova@gmail.com

Abstract: Deepfake technology, driven by advancements in artificial intelligence (AI) and deep learning, facilitates the creation of hyper-realistic synthetic media—encompassing images, videos, and audio. While this innovation holds promise in fields such as entertainment, education, and digital accessibility, it simultaneously poses significant threats, including misinformation dissemination, identity theft, and cybersecurity vulnerabilities. The accelerating sophistication of deepfake generation methods underscores the urgent need for effective detection techniques and comprehensive regulatory responses. This paper explores the fundamental principles underlying deepfake creation, evaluates its associated risks, examines state-of-the-art detection strategies, and discusses future directions for promoting the ethical and secure application of deepfake technology.

Keywords: Deepfake, Generative Adversarial Networks (GANs), Cybersecurity, Deepfake Detection

1. Indroduction

Deepfake technology has emerged as a critical cybersecurity concern in recent years. It harnesses the power of artificial intelligence (AI) and deep learning to generate synthetic media—images, videos, and audio recordings—that are often indistinguishable from authentic content [1]. The term “deepfake” combines “deep learning” and “fake,” signifying the capacity of these technologies to produce convincingly deceptive media. While deepfakes present exciting opportunities in domains such as entertainment, education, and communication, they also introduce significant threats to security, privacy, and the integrity of information [2].

Figure 1. A graphical overview of deepfake technology, highlighting the relationship between deepfake generation methods, their legitimate applications, associated risks, and countermeasures. The diagram illustrates how deepfakes are created using AI models like GANs, applied in fields such as entertainment and education, but also pose challenges like misinformation, identity fraud, and cybersecurity threats. The lower half emphasizes detection methods, legal frameworks, and ethical considerations as essential countermeasures.

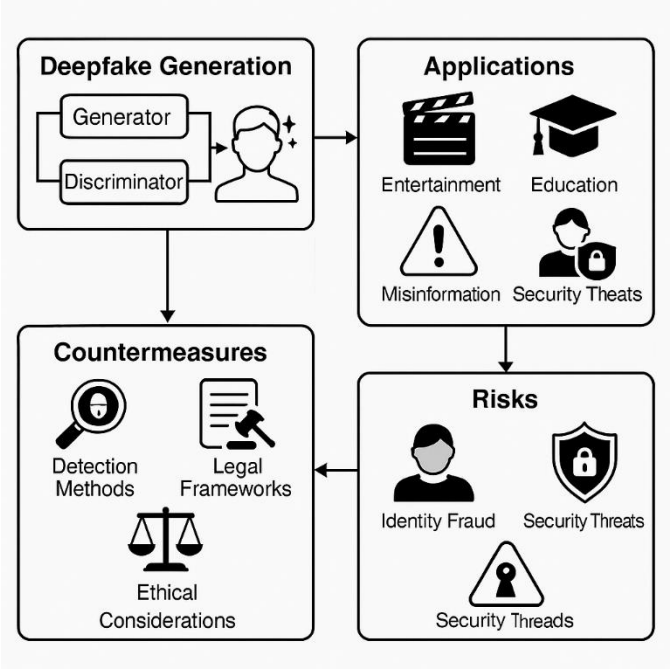


Figure 1 A graphical overview of deepfake technology

At the core of deepfake generation are advanced machine learning techniques, including Generative Adversarial Networks (GANs), autoencoders, and transformer-based architectures [3]. These models can analyze and manipulate large-scale datasets to synthesize human-like facial expressions, replicate voices, and even create entirely fictitious digital identities. Such capabilities have found legitimate applications in filmmaking, digital art, and virtual assistants. However, they also facilitate harmful activities, including misinformation campaigns, identity theft, and political manipulation [4].

A particularly troubling aspect of deepfakes is their potential to distort public perception by spreading false or misleading information. For example, deepfake videos depicting public figures making fabricated statements can result in political instability, reputational damage, or fraudulent behavior. A prominent case occurred in 2022 when a deepfake video of Ukrainian President Volodymyr Zelenskyy falsely urged his troops to surrender—an incident that underscored the potential of deepfakes as tools for disinformation and psychological warfare [5].

Beyond the political sphere, deepfakes pose substantial cybersecurity risks. Malicious actors have used them in social engineering schemes to impersonate executives or government officials, committing fraud or bypassing biometric authentication systems [6]. Additionally, the misuse of deepfakes in blackmail, harassment, and non-consensual explicit content has triggered ethical, legal, and regulatory debates worldwide [7].

Despite their misuse, deepfake technologies are not inherently harmful. When used responsibly, they offer valuable applications in areas such as video game development, virtual reality, and assistive technologies. For instance, deepfake-powered speech synthesis and digital avatars can improve accessibility for people with disabilities or enhance user experiences in customer service and entertainment [8]. Nevertheless, the dual-use nature of deepfakes necessitates a cautious and balanced approach, emphasizing innovation while minimizing harm.

This paper provides a comprehensive analysis of deepfake technology, including its technical foundations, associated risks, current detection methodologies, and potential future directions. By evaluating both the benefits and dangers of deepfakes, this study contributes to the development of effective countermeasures and ethical guidelines for their responsible use.

2. Deepfake Generation Techniques

Deepfake technology leverages cutting-edge machine learning and artificial intelligence (AI) methodologies to generate hyper-realistic synthetic media. At the core of most deepfake systems are Generative Adversarial Networks (GANs), Autoencoders, and Deep Neural Networks (DNNs). These models employ high-dimensional feature extraction, adversarial learning, and data reconstruction to synthesize lifelike images, videos, and audio that closely mimic real-world counterparts [1].

2.1 Generative Adversarial Networks (GANs)

Generative Adversarial Networks (GANs), introduced by Goodfellow et al. in 2014 [2], are a groundbreaking innovation in AI known for their remarkable ability to generate photorealistic images,

manipulate visual attributes, and synthesize facial features. A GAN consists of two competing neural networks:

- **Generator (G):** Learns to generate synthetic data by mapping noise to high-dimensional data distributions.
- **Discriminator (D):** Evaluates whether the input data is real or generated by the generator.

These networks engage in a minimax game, where the generator aims to fool the discriminator, and the discriminator strives to distinguish between real and fake samples (Figure 2). This adversarial process improves both networks over time, resulting in increasingly realistic outputs.

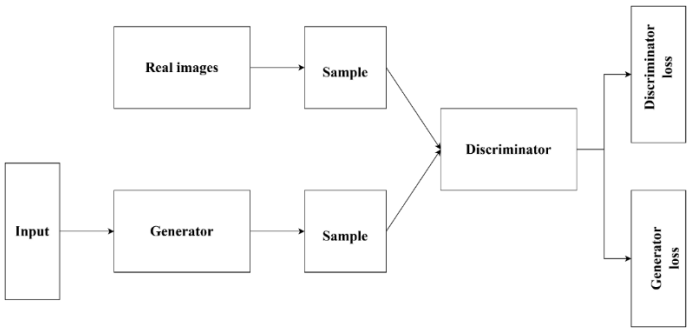


Figure 2 Architecture of Generative Adversarial Networks (GANs)

Several GAN variants have been pivotal in deepfake generation:

- **StyleGAN:** Developed by NVIDIA, this architecture allows fine-grained control over facial expressions, hair, age, and lighting [3].
- **CycleGAN:** Enables image-to-image translation without paired data, useful for identity transformation tasks [4].
- **StarGAN:** Supports multi-domain transformations, facilitating deepfake creation across demographic variations [5].

Training GANs involves optimizing loss functions for both networks. The binary cross-entropy loss used in this context is:

$$Loss = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[y_i \log(p_i) + (1 - y_i)\log(1 - p_i)]$$

where N is the number of samples $y_i$is the true label, and $p_i$is the predicted probability.

The discriminator’s objective is to accurately classify real samples as real and the synthetic samples generated by the generator as fake. Its loss function is typically represented as:

$$Loss_D = -\frac{1}{N}\left[\log\left(D(x_i)\right) + \log\left(1 - D(G(z_i))\right)\right]$$

where $D(x_i)$ represents the discriminator's predicted probability that the real sample $x_i$is real, and $G(z_i)$ denotes the synthetic sample generated from noisez_i.

The generator’s objective is to create samples that the discriminator misclassifies as real. Its loss function is typically represented as:

$$Loss_G = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\log\left(D(G(z_i))\right)$$

where $D(G(z_i)$ represents the discriminator's predicted probability that the generated sample $G(z_i$is classified as real)

2.2 Autoencoders and Variational Autoencoders (VAEs)

Autoencoders are unsupervised learning models designed to compress input data into a lower-dimensional representation and reconstruct it with minimal loss. They consist of two main components:

- Encoder: Maps input data to a latent space.
- Decoder: Reconstructs the input from this latent representation (Figure 2).

The goal is to minimize the reconstruction error, commonly using: Mean Squared Error (MSE):

$$Loss_{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x}_i)^2$$

Binary Cross-Entropy (BCE):

$$Loss_{BCE} = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}[x_n log\hat{x}_n + (1 - x_n)\log(1 - \hat{x}_n)]$$

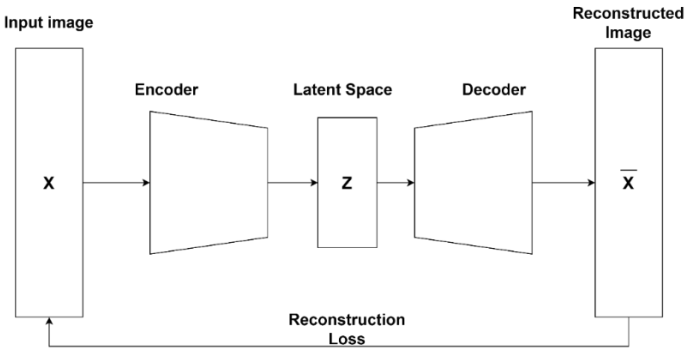


Figure 3 Autoencoder (AE)

In deepfake applications, two separate autoencoders are typically trained: one for the source face and one for the target face. Facial identity is then swapped by encoding from the source and decoding with the target’s decoder.

VAEs extend autoencoders by learning a probabilistic latent space. The encoder maps inputs to a distribution (usually Gaussian), and the decoder samples from this distribution to generate new outputs (Figure 4).

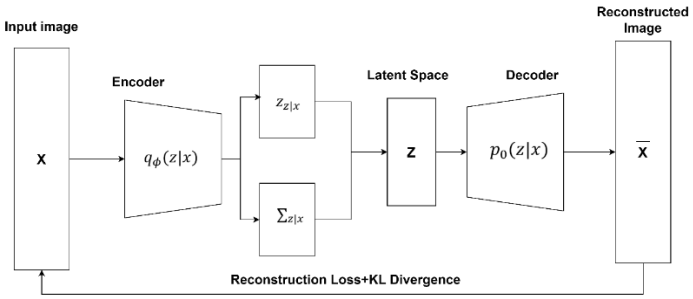


Figure 4 Architecture of a Variational Autoencoder (VAE)

The VAE loss function includes two terms:

- Reconstruction Loss: Measures the quality of the output.
- KL Divergence Loss: Regularizes the latent space by aligning it with a standard normal distribution.

The overall loss (Evidence Lower Bound, or ELBO) is:

$$\log p_\theta\left(x^{(i)}\right) \geq \mathcal{L}\left(x^{(i)}, \theta, \phi\right) = \underbrace{\mathbb{E}_z\left[\log p_\theta\left(x^{(i)} \mid z\right)\right]}_{\text{Reconstruct the Input Data}} - \underbrace{D_{KL}\left(q_\phi\left(z \mid x^{(i)}\right) \| p_\theta(z)\right)}_{\text{KL Divergence}}$$

$$\theta^*, \phi^* = \arg\max_{\theta,\phi} \sum_{i=1}^{N} \mathcal{L}\left(x^{(i)}, \theta, \phi\right)$$

VAEs enable smooth interpolation in latent space and are better suited for generative tasks. They also exhibit improved generalization and reduced overfitting compared to basic autoencoders [6].

Both GANs and autoencoders serve as foundational models in deepfake generation. GANs excel in realism through adversarial training, while autoencoders provide efficient feature compression and reconstruction. VAEs introduce a structured latent space, allowing more robust and probabilistic synthesis. Together, these models have enabled the development of sophisticated deepfake systems capable of producing convincing synthetic media.

3. Challenges Posed by Deepfakes

Deepfakes, while technologically impressive, present profound challenges across several domains—including information integrity, digital security, legal frameworks, and societal well-being. These challenges demand urgent attention due to the technology’s accessibility and the growing realism of synthetic content. In Figure 5 shows hierarchical representation of deepfake-related challenges. The structure highlights key areas of concern, including misinformation, identity theft, cybersecurity threats, and legal-ethical dilemmas, all of which require multi-sectoral responses.

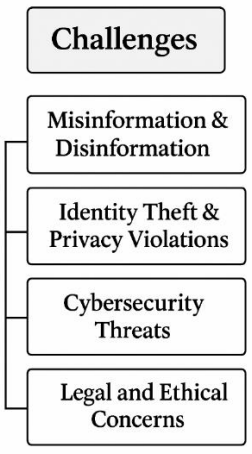


Figure 5 Hierarchical representation of deepfake-related challenges.

3.1 Misinformation and Disinformation

Deepfakes have intensified the spread of misinformation (inadvertently false content) and

disinformation (intentionally deceptive content). Fabricated videos of politicians making controversial statements or celebrities endorsing false products can alter public perception, fuel political polarization, and damage reputations [8], [10]. With social media algorithms prioritizing engagement over authenticity, deepfake content can go viral before it is fact-checked or removed. This undermines trust in legitimate sources of information and blurs the line between truth and fabrication.

3.2 Identity Theft and Privacy Violations

The misuse of deepfake tools for identity manipulation presents a serious privacy concern. Malicious actors can clone a person’s face or voice to impersonate them in fraudulent phone calls, video chats, or authentication systems. This poses risks ranging from financial fraud to reputational sabotage [8], [9]. Public figures are especially vulnerable, but as deepfake tools become more user-friendly, ordinary citizens are increasingly at risk of becoming victims of synthetic identity abuse.

3.3 Cybersecurity Threats

In the realm of cybersecurity, deepfakes introduce sophisticated attack vectors. Voice synthesis has already been exploited in corporate fraud schemes—one case involved scammers using AI-generated speech to impersonate a CEO and trick an employee into wiring $243,000 [10]. Additionally, deepfake videos can potentially bypass facial recognition systems, which are used in law enforcement, banking, and smartphone security [9]. The adaptation of deepfake content into cybercriminal tactics represents an evolving threat that requires novel defenses and vigilance.

3.4 Legal and Ethical Challenges

The legal system has struggled to keep pace with the rapid development of deepfake technologies. Most countries lack specific legislation to address the malicious creation or distribution of synthetic media [10]. Legal ambiguities arise around issues of consent, defamation, and digital manipulation, making prosecution difficult. Ethically, deepfakes erode public confidence in visual and auditory evidence, which are traditionally trusted in journalism, courts, and everyday communication. Balancing innovation with regulation is essential to uphold civil liberties while preventing abuse.

3.5 Psychological and Social Impact

Deepfakes can cause psychological harm to victims who are portrayed in misleading or explicit synthetic media. Non-consensual pornography is a rising issue, with deepfake videos often targeting women without their consent, leading to mental health trauma, social stigmatization, and employment loss [8]. The social fabric is also affected, as public trust deteriorates. People may begin to question authentic media or develop “truth fatigue,” wherein they disengage entirely from news sources due to uncertainty about what is real.

4. Detection Methods

As deepfake creation tools become increasingly sophisticated, so too must the methods for detecting and countering them. A multi-layered detection strategy that combines artificial intelligence, forensic science, and cybersecurity is essential. In Figure 6 shows hierarchical layout of deepfake detection methods. This diagram emphasizes the layered approach required to effectively identify and mitigate synthetic media, ranging from AI-based detection to content authentication and physiological signal tracking.

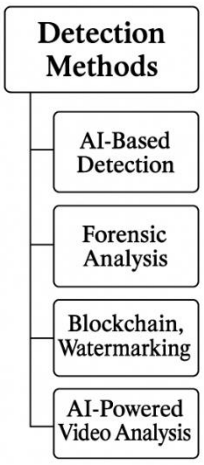


Figure 6 Hierarchical layout of deepfake detection methods.

4.1 Machine Learning-Based Detection

Machine learning models, especially Convolutional Neural Networks (CNNs) and Recurrent

Neural Networks (RNNs), have been widely adopted for detecting deepfake artifacts. These models are trained on large-scale datasets to identify anomalies such as unusual blinking patterns, inconsistent facial expressions, or subtle warping around eyes and lips [1]. Some techniques use frame-by-frame analysis of videos to spot inconsistencies that humans might miss, achieving high accuracy in benchmark datasets such as FaceForensics++ [8].

4.2 Forensic Analysis

Digital forensics applies pixel-level scrutiny to detect deepfakes. Techniques analyze lighting mismatches, shadows, image noise patterns, and compression artifacts that often arise during synthetic generation [2]. For example, real eyes follow consistent blinking rates and reflections, which deepfakes may fail to replicate. Tools like In Ictu Oculi can detect unnatural eye movement—a telltale sign of forgery. Forensic methods are particularly useful in legal and journalistic contexts where authenticity must be established with high certainty.

4.3 Blockchain for Media Authentication

Blockchain technology offers a proactive defense against deepfakes by preserving provenance data—metadata that verifies the origin, date, and integrity of a media file [10]. By storing original content hashes on an immutable ledger, it becomes possible to verify whether a file has been altered. Projects like Content Authenticity Initiative (Adobe, Twitter, NYT) are exploring such frameworks to verify visual content at the point of capture.

4.4 Watermarking and Digital Fingerprinting

Digital watermarking and fingerprinting embed unique, invisible markers into video and audio content to assert ownership or verify authenticity. These markers can help detect tampering or unapproved reuse [9]. The advantage of watermarking is that it works without large-scale datasets or deep learning—making it useful in constrained environments. Watermarks can be either visible or invisible, and resilient ones persist even after compression or format changes.

4.5 AI-Powered Physiological and Behavioral Analysis

Deep learning models have also been trained to monitor physiological and behavioral patterns, such as heart rate, head pose, and blood flow variations, which are difficult to replicate synthetically [3]. Techniques like FakeCatcher use subtle color changes in the face caused by blood circulation to detect whether a video is real or artificially generated. Such biometric-based detection is particularly promising as it leverages involuntary biological signals, making it harder for generative models to deceive.

Conclusion

Deepfake technology marks a major advancement in AI-based media generation, offering benefits in entertainment, education, and accessibility. However, its misuse poses serious risks to security, privacy, and public trust. The potential for misinformation, identity fraud, and ethical violations underscores the need for proactive countermeasures. Continued research into detection techniques, along with the development of legal frameworks and ethical guidelines, is essential. Future work should prioritize real-time detection systems and policy efforts to ensure deepfakes are used responsibly and transparentl

References

1. Afchar, D., Nozick, V., Yamagishi, J., & Echizen, I. (2018). MesoNet: A Compact Facial Video Forgery Detection Network. 2018 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS), 1–7. https://doi.org/10.1109/WIFS.2018.8630761
2. Choi, Y., Choi, M., Kim, M., Ha, J. W., Kim, S., & Choo, J. (2018). StarGAN: Unified Generative Adversarial Networks for Multi-domain Image-to-Image Translation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 8789–8797. https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00916
3. Ciftci, U. A., Demir, I., & Yin, L. (2020). FakeCatcher: Detection of Synthetic Portrait Videos Using Biological Signals.

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.3012035

4. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Nets. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 27.
5. Karras, T., Laine, S., & Aila, T. (2019). A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 4401–4410. https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00453
6. Kingma, D. P., & Welling, M. (2014). Auto-Encoding Variational Bayes. International Conference on Learning Representations (ICLR). https://arxiv.org/abs/1312.6114
7. Li, Y., Chang, M. C., & Lyu, S. (2018). In Ictu Oculi: Exposing AI Generated Fake Face Videos by Detecting Eye Blinking. 2018 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS), 1–7. https://doi.org/10.1109/WIFS.2018.8630761
8. Mirsky, Y., & Lee, W. (2021). The Creation and Detection of Deepfakes: A Survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 54(1), 1–41. https://doi.org/10.1145/3390096
9. Verdoliva, L. (2020). Media Forensics and DeepFakes: An Overview. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 14(5), 910–932. https://doi.org/10.1109/JSTSP.2020.2992344
10. Westerlund, M. (2019). The Emergence of Deepfake Technology: A Review. Technology Innovation Management Review, 9(11), 40–53. https://doi.org/10.22215/timreview/1282
11. Zhu, J. Y., Park, T., Isola, P., & Efros, A. A. (2017). Unpaired Image-to-Image Translation Using Cycle-Consistent Adversarial Networks. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2223–2232. https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.244

Web content accebility with selenium in QA testing

Kholmatov Abrorjon,
Fergana State Technical University,
xolmatovabrorjon@gmail.com

Abstract: Web content accessibility is crucial for creating inclusive digital environments. This article explores how Selenium, a popular Python tool for automated testing, can be utilized to assess and enhance accessibility compliance in web applications. The methods include using Selenium scripts to automate WCAG tests, with detailed examples and practical results.

Keywords: Web accessibility, Selenium, QA testing, Python, WCAG compliance

Introduction

Accessibility of Web content within a digital framework implies that websites are accessible to all users regardless of their ability. This is well serviced by the Web Content Accessibility Guidelines, or simply WCAG. Besides, following guidelines is not only a legal obligation in many jurisdictions but forms part of the inclusive design framework.

QA testing is, therefore, an important means of validation if web applications conform to these standards. Selenium is the most powerful tool among those that automate any web browser and allow QA testing in web development. Accessibility testing tool integrated with Selenium allows this automation for WCAG compliance checking by developers/testers themselves.

This article looks at the point where Selenium and web accessibility testing meet. We'll speak about how Selenium can be used to automate accessibility tests, benefits from using automated testing in QA, challenges with the implementation of checks regarding accessibility, and review already existing literature on the topic, giving the reader some practical ways of conducting these tests.

The efficacy of Selenium in automated accessibility testing in Python will be presented through specified methodologies, results, and discussions. The technique not only increases the efficiency in testing but also allows for comprehensive inclusion in most aspects related to accessibility guidelines to build inclusive web applications.

Literature Review and Methods

Literature Review. "Web Accessibility: A Foundation for Research" by Jim Thatcher, Michael R. Burks, Shawn Henry, et al. provides a comprehensive overview of web accessibility, including the legal and technical aspects of WCAG compliance. It discusses various methodologies for testing and evaluating web content accessibility.

"Pro Web Accessibility: Building Accessible Websites with HTML, CSS, and JavaScript" by Laura Kalbag offers practical guidance on building accessible web interfaces. It covers the implementation of WCAG guidelines and provides insights into automated testing tools like Selenium.

"Python Testing with Selenium: Automating Web Applications" by Jonathan D. Hay focuses on using Selenium for automating web application testing. It includes detailed examples of writing Python scripts for various testing scenarios, including accessibility testing.

"Web Accessibility: Practical Advice for the Quality Assurance Professional" by Brian Kelly is geared toward QA professionals, offering practical advice on integrating accessibility testing into QA processes. It emphasizes the use of tools like Selenium to automate accessibility checks.

Methods. In this work, Selenium WebDriver has been used for test automation of web applications against the WCAG 2.1 guidelines. The methodology involves the following steps:

1. Setting Up the Environment
   - Install the dependencies of Selenium and Python.

– Setup the environment with a testing environment including an accessibility testing tool like Axe or WAVE.

2. Script Development

– The writing of Python scripts leveraging the functionalities of Selenium to interact with the web elements.
– The integration of the accessibility testing libraries in order to perform an automated check against HTML elements with regards to their compliance to WCAG criteria.

3. Test Execution: Run Selenium scripts across various web pages to capture defects related to image alternative text, ARIA roles, or color contrast. Document the result of each test and highlight the exact violations of WCAG guidelines. 4. Data Gathering and Analysis: Collect data on the number and type of accessibility issues identified. Analyze the results to bring out patterns of any kind and areas which needs attention.

Results. The automated testing of web applications using Selenium and Python revealed several key insights into web accessibility. The following are the primary findings:

Mathematical Formulas

1. **Issue Detection Rate**:

$$IDR = \frac{N_{issues}}{N_{pages}}$$

where:

- *IDR* is the Issue Detection Rate.
- N_{issues} is the total number of accessibility issues detected.
- N_{pages} is the total number of web pages tested.

Compliance Score:

$$CS = \left(1 - \frac{N_{violations}}{N_{criteria}}\right) \times 100$$

where:

- *CS* is the Compliance Score.
- $N_{violations}$ is the number of criteria violated.
- $N_{criteria}$ is the total number of WCAG criteria tested.

These formulas help quantify the effectiveness of accessibility testing and provide a clear measure of compliance.

Table 1. Showing the number of issues detected per page

Page URL	**Issues Detected**	**Compliance Score (%)**
domen.com/page1url	5	85
domen.com/page2url	3	90
domen.com/page3url	10	75

The following demonstrates how Selenium is applied in Python to test for web accessibility. Examples include firing up a Selenium WebDriver and performing some basic accessibility checks. It also describes a way to incorporate the Axe accessibility testing tool into such a setup.

1. Setting Up Selenium with Python

First, make sure you have the necessary packages installed. You can install Selenium and Axe using:

```
pip install selenium
pip install axe-selenium-python
```

2. Basic Selenium Setup and Navigation

The following script sets up a Selenium WebDriver and navigates to a webpage:

```
from selenium import webdriver

# Set up the WebDriver
driver = webdriver.Chrome(executable_path='/path/to/chromedriver')  # Update the path

# Open a webpage
driver.get("https://example.com")

# Print the page title
print(driver.title)

# Close the browser
```

```
driver.quit()
```

3. Automated Accessibility Testing with Axe and Selenium

The Axe library can be used to run automated accessibility tests. The following example demonstrates how to integrate Axe with Selenium:

```
from selenium import webdriver
from axe_selenium_python import Axe

# Set up the WebDriver (Chrome in this example)
driver = webdriver.Chrome(executable_path='/path/to/chromedriver')

# Navigate to the web page to be tested
driver.get("https://example.com")

# Initialize the Axe object
axe = Axe(driver)

# Inject Axe core script into the page
axe.inject()

# Run Axe accessibility checks
results = axe.run()

# Save the results to a file (optional)
axe.write_results(results, 'axe_results.json')

# Print the violations to the console
for violation in results["violations"]:
    print(f"Violation: {violation['description']}")
    for node in violation["nodes"]:
        print(f"  Element: {node['html']}")

# Close the browser
driver.quit()
```

4. Automating Specific WCAG Checks

Here's an example of a script that checks for missing alt attributes in images, a common WCAG violation:

```
from selenium import webdriver

# Set up the WebDriver
driver = webdriver.Chrome(executable_path='/path/to/chromedriver')

# Open the webpage to test
driver.get("https://example.com")

# Find all image elements
images = driver.find_elements_by_tag_name('img')

# Check each image for the 'alt' attribute
for img in images:
    alt_text = img.get_attribute('alt')
    if not alt_text:
        print(f"Image without alt attribute found: {img.get_attribute('src')}")

# Close the browser
driver.quit()
```

5. Form Accessibility Testing

This example checks for the presence of labels associated with form inputs, which is another WCAG requirement:

```
from selenium import webdriver

# Set up the WebDriver
driver = webdriver.Chrome(executable_path='/path/to/chromedriver')

# Open the webpage to test
driver.get("https://example.com/form")

# Find all input elements
```

```
    inputs =
driver.find_elements_by_tag_name('input')

    # Check if each input has an associated label
    for input_element in inputs:
        id_value = input_element.get_attribute('id')
        if id_value:
            label =
driver.find_elements_by_css_selector(f'label[for="{id
_value}"]')
            if not label:
                print(f"Input with id '{id_value}' has no
associated label.")
        else:
            print(f"Input element with no id found:
{input_element.get_attribute('outerHTML')}")

    # Close the browser
    driver.quit()
```

6. Testing Color Contrast Using a Script

You can also use Selenium to capture CSS properties and verify them against accessibility standards for color contrast:

```
    from selenium import webdriver
    from selenium.webdriver.common.by import
By
    import colorsys

    def get_contrast_ratio(foreground,
background):
        def relative_luminance(color):
            R, G, B = (channel/255 for channel in
color)
            R = R/12.92 if R <= 0.03928 else
((R+0.055)/1.055) ** 2.4
            G = G/12.92 if G <= 0.03928 else
((G+0.055)/1.055) ** 2.4
            B = B/12.92 if B <= 0.03928 else
((B+0.055)/1.055) ** 2.4
            return 0.2126*R + 0.7152*G + 0.0722*B

        lum1 = relative_luminance(foreground)
        lum2 = relative_luminance(background)
        if lum1 > lum2:
            return (lum1 + 0.05) / (lum2 + 0.05)
        else:
            return (lum2 + 0.05) / (lum1 + 0.05)

    # Set up WebDriver
    driver =
webdriver.Chrome(executable_path='/path/to/chrome
driver')
    driver.get("https://example.com")

    # Get elements to test
    elements =
driver.find_elements(By.CSS_SELECTOR, 'div, p,
span')  # Select elements to check

    for element in elements:
        fg_color =
element.value_of_css_property('color')
        bg_color =
element.value_of_css_property('background-color')

        # Convert color to RGB tuple
        fg_rgb = tuple(map(int, fg_color[4:-
1].split(',')))  # Remove 'rgb(' and ')' and split
        bg_rgb = tuple(map(int, bg_color[4:-
1].split(',')))

        # Calculate contrast ratio
        contrast_ratio = get_contrast_ratio(fg_rgb,
bg_rgb)

        # Check if contrast ratio meets WCAG AA
standards (4.5 for normal text)
        if contrast_ratio < 4.5:
            print(f"Low contrast detected:
{contrast_ratio:.2f} - Element: {element.text}")

    # Close the browser
    driver.quit()
```

These code examples showcase various ways to perform automated web accessibility testing using

Selenium and Python. You can modify them to suit your testing needs and integrate them into your QA processes.

Conclusion

The integration of Selenium with accessibility testing tools in Python significantly enhances the efficiency of QA processes. Automated tests can quickly identify a wide range of accessibility issues, allowing developers to address them proactively. This approach not only saves time but also ensures that web applications are inclusive and accessible to all users.

Overall, Selenium proves to be a valuable asset in the toolkit of QA professionals focused on web accessibility. Future research should explore the potential of combining Selenium with other testing frameworks and expanding the scope of automated accessibility testing to cover more complex web interactions.

Literature

1. Jim Thatcher, Michael R. Burks, Shawn Henry, et al., "Web Accessibility: A Foundation for Research", ISBN: 978-1846285100, Springer, London, 2006, 600 p.
2. Laura Kalbag, "Pro Web Accessibility: Building Accessible Websites with HTML, CSS, and JavaScript", ISBN: 978-1484230291, Apress, New York, 2017, 160 p.
3. Jonathan D. Hay, "Python Testing with Selenium: Automating Web Applications", ISBN: 978-1491924887, O'Reilly Media, Sebastopol, 2016, 350 p.
4. Brian Kelly, "Web Accessibility: Practical Advice for the Quality Assurance Professional", ISBN: 978-1449392692, O'Reilly Media, Sebastopol, 2015, 240 p.

UDK: 538.971

SIO_2 YUZA OSTIDA HOSIL QILINGAN SI NANOFAZALARI VA SI NANOQATLAMLAR NING KRISTALL TUZILISHI VA TAQIQLANGAN ZONA KENGLIGINI ANIQLASH

Allayarova Gulmira Xolmuratovna,
Fizika –matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Qarshi davlat universeteti “Nazariy va eksperimental fizika kafedrasi (PhD) dotsenti

Buronov Nurlibek Rustam o’g’li,
Fizika fakulteti Transport logistikasi 3- kurs talabasi

Allanazarova Sarvinoz Shovkatovna
Fizika yo’nalishi 1- kurs magistranti

Annotatsiya: SiO_2 namunasini Ar^+ ionlari bilan bombardimon qilib keyingi qizdirishdan keyin namunaning turli hil chuqurliklarida Si nanofazalari va nanoqatlamlari hosil qilingan. Olingan taglik amor tuzulishda bo‘lsa hosil bo‘lgan nanofaza va qatlamlar ham amorf kristall tuzulishda bo‘lsa bu qatlamlar ham kristall to‘zilishni saqlagan. Ionlarning energiyasini E=10–25 keV gacha o‘zgartirilib d_{cp} =15-20 nm chuqurliklarda Si nanofazalari va nanoqatlamlari hosil qilingan. Ionlarni dozasi kichik bo‘lganda nanofazalar doza oshirib borilganda esa nanoqatlamlar hosil qilingan. Hosil bo‘lgan nanoqatlamning qalinligi 8 – 10 nm ni tashkil etgan..

Keywords: ion implantatsiya, termik oksidlash, nanofazalar, nanoqatlamlar, nanotuzilmalar

Kirish. Hozirgi vaqtda nanoo‘lchamli strukturalarni va qatlamlarni asosini Si, Ge va ularni oksidlari tashkil qilib ular asosida tuzuladigan qurilmalar optoelektronika va nanoelektronika qurilmalarini tuzushda dolzarb hisoblanadi[1-6]. Jumladan geterotuzulishdagi SiO2/Si turli hil nanoqatlamlar yangi turdagi yuqori chastotali tranzistorlar, integral sxemalar, optik o‘zgartirgichlar va quyosh elementlari ishlab chiqishda muxim ahamiyatga ega[7-12].

Bundan tashqari ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish va yangi fizik xususiyatga ega bo‘lgan nanoo‘lchamli tuzilmalarni shakllanish qonuniyatlarini o‘rganishga alohida etibor berilmokda.Jumladan quyosh elementlarini yaratishda, nanoo‘lchamli ko‘p komponentli qatlamlar tizimlarini olish va ularning elektron optik va emissiya xossalarini o‘rganish bilan bog‘liq keng qamrovli fundamental va amaliy tadqiqotlar olib borilib muayyan natijalargaerishilmoqda[13-15]. Berilgan fizik xususiyatlarga ega bo‘lgan nanoo‘lchamli ko‘p qatlamli tuzilmalarni yaratish katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega[16-20]. Biroq hozirda kremniy asosida nanoo‘lchamli SiO_2/Si ning nanofazalari va qatlamlari olinmagan va ularning fizik , optik kimyoviy xususiyatlari va Ar^+ E ≥ 10 keV bo‘lganda hosil bo‘lgan faza va qatlamlarning holatlari o‘rganilmagan.

Bu ishda SiO2 plyonkasini Ar+ ionlari bilan bombardimon qilib turli hil chuqurliklarda hosil bo‘lgan Si nanofazalari va qatlamlarini tarkibi, o‘lchami tuzulishi va taqiqlangan zona kengligini aniqlashga bag‘ishlangan.

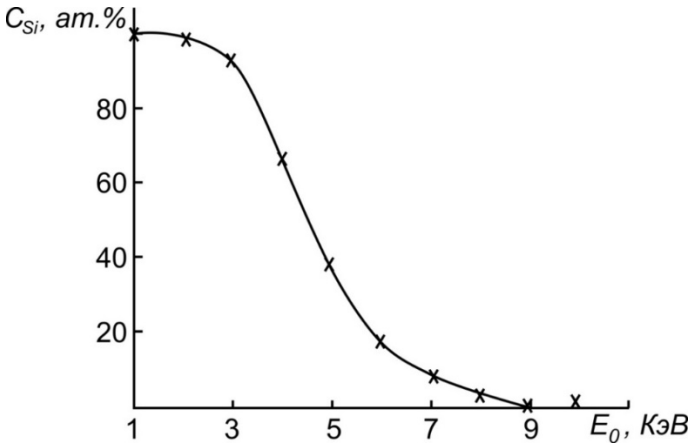
Nazariy tadqiqot metodologiyasi. Obyekt sifatida termik oksidlash orqali Si ning yuzasida hosil qilingan 500Å qalinlikdagi SiO_2 amorf plyonkasi va qalinligi 0,2-0,3 mm bo‘lgan monokristall SiO_2 (α – kvars) tayyor namunasi olingan. Ikki hil namuna tanlanishiga sabab ba’zi xususiyatlar amor tuzilishdgi namunalarda ba’zilarim esa monokristall SiO_2 (α – kvars) tayyor namunasida olingan va bir biriga solishtirib o‘rganilgan.

Nanoo‘lchamli strukturalar va ular asosidagi oksid plyonkalar olishda biz ko‘pincha kichik energiyali ion implantatsiya usulidan foydalanamiz. Si yuzasida hosil qilingan SiO_2 ni Ar^+ ionlari energiyasini E_0=0,5-5 keV oraliqda o‘zgartirib ionlar dastasi bilan

o‘rib keyingi qizdirishda SiO_2 yuzasida Si, nanofazalari hosil qilingan. Hisoblanganda Si nanofazalaring qalinligi va o‘lchami Ar^+ E = 1keV bo‘lganda 25-30 Å tashkil etgan.

Ion bombardirovka vaqtida vakuum 10^{-7} Pa kam bo‘lmagan.Ionlarning energiyasini E=1-25 keV oraliqda namunaga tushayotgan ionlar dastasi esa $5\cdot10^{14}$ - $5\cdot10^{17}$ sm^{-2} gacha o‘zgartirib borilgan. Har bir ion implantatsiyadan so‘ng namunani T=800- 850 K 30 min. davomida qizdirib to‘rilgan. Bu ishda atom konsentratsiya profilini aniqlashda Oje- elektronlar spektroskopiya usulidan (OES), zona energetik parametrlari haqida natijalar olish uchun Ultrabinafsha nurlar spektroskopiya usullaridan (UBES), taqiqlangan zona kengliklarini o‘rganishimizda esa Yoro‘g‘likning biror namunadan utishdagi intinsivligini aniqlash usullaridan foydalanilgan.

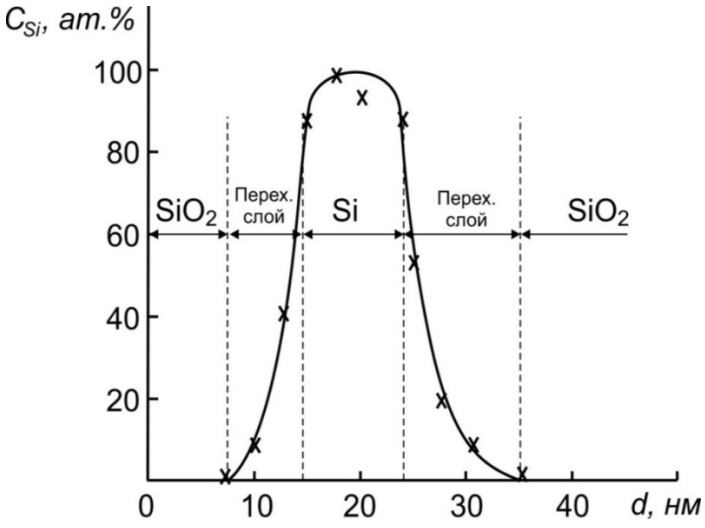
Natijalar va muhokamalar Ushbu keltirilgan 1- rasmda Si yuzasida termik oksidlash usulida hosil qilingan qalinligi ~ 500 Å bo‘lgan amorf tuzulishdagi SiO_2 namunasi Ar^+ ionlari bilan bombardimon qilib yuzadagi Si atomlaring atom konsentratsiyasi taqsimoti keltirilgan.



Rasm.1 - SiO_2 namunasi Ar^+ ionlari E=3- 9 keV oraliqda va to’yinish dozasi $D=2\cdot10^{17}$ cm^{-2} bombardimon qilib yuzadagi Si atomlaring atom konsentratsiyasi taqsimoti

Rasmdan ko‘rinadiki Ar^+ ionlarining energiyasi E=3-4 keV bo‘lganda SiO_2 yuzasini to‘liq Si atomlari qoplab qoladi va Si atomlari konsentratsiyasi C_{Si} 85-87 % ni tashkil etadi. Ionlarning energiyasi E≥ 4 keV oshganda esa, Si atomlarini kamayib borib Si atomlari konsentratsiyasi C_{Si} 38-40 % ni, ionlaring energiyasi E= 9 keV bo‘lganda esa, Si atomlari konsentratsiyasi C_{Si} 0 % ni, tashkil etganini ko‘rishimiz mumkin. Bundan shunday xulosaga kelishimiz mumkinki Ar^+ ionlarining energiyasi oshgani sayin ionlar yuza osti qatlamlariga kerib boradi va yuzadagi Si atomlari konsentratsiyasi C_{Si} xam kamayib boradi.

Keyingi keltirilgan 2-rasmda SiO_2/Si namunalarini Ar^+ ionlarining E=15 keV bilan namunani o‘rganimizda Si atomlarining chuqurlik bo‘yicha atom konsentratsiya taqsimoti keltirilgan. Tadqiqotlar olib borilayotgan vaqtda namuna T= 800K da qizdirib to‘rilgan. Rasmdan ko‘rinib to‘ribdiki SiO_2 sirt osti qatlamlarida 8-10 nm cho‘qirlikda Si atomlarining konsentratsiyasi juda kam bo‘lganligi sababli shu chuqurlikda SiO_2 -Si -SiO_2 o‘tish qatlamlari hosil bo‘lib qolganligini ko‘rishimiz mumkin.



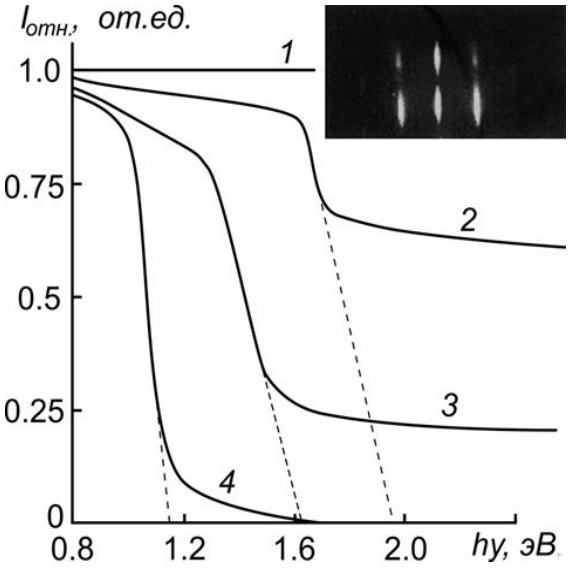
Rasm.2- SiO_2/Si namunalarini Ar^+ ionlarining E=15 keV bilan namunani o‘rganda Si atomlarining chuqurlik bo‘yicha atom konsentratsiya taqsimoti

Ko‘rinib turibdiki 20 nm chuqurlikda Si atomlarining konsentratsiyasi 100% ni tashkil etdi. 30-40 nm chuqurlikda esa cho‘qirlikda Si atomlarining konsentratsiyasi kamayib borib SiO_2 -Si -SiO_2 o‘tish qatlamlari hosil bo‘lib qoldi. SiO_2 -Si -SiO_2 qalinligi 5-6 nm tashkil etdi.

Kremniy qatlamlarining hosil bo‘lish o‘rtacha chuqurligi ionlarning energiyasiga bog‘liq. Ar^+ ionlarining energiyasi E=10 keV bo‘lganda

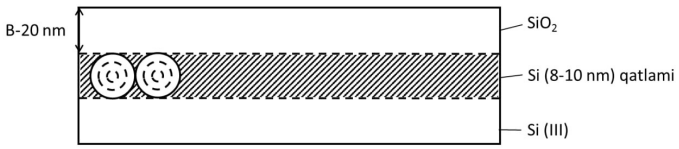
qatlamlarining hosil bo‘lish chuqurligi d_{cp} =15 nm ni, E=15 keV bo‘lganda d_{cp} =19-20 nm, E=25 keV bo‘lganda d_{cp} =25 nm ni tashkil etdi. Ar^+ ionlarining energiyasi E=10 -25 keV oraliqla hosil bo‘lgan Si – qatlamlarining qalinligi 8-10 nm oshmadi.

Keyingi tekshirishlarni biz monokristall to‘zilishdagi SiO_2 namunasini Ar^+ ionlarining energiyasi E=15 keV bombardimon qilingan va namunadan yoro‘g‘lik utganda uning o’tish, qaytish va yutulish koeffitsiyentalari keltirilgan.



Rasm.3- SiO_2 namunasini Ar^+ ionlarining energiyasi E=15 keV bombardimon qilingan va namunadan yoro‘g‘lik utganda uning o’tish, qaytish va yutulish koeffitsiyentalari

Fotonlarning energiyasini hv= 10,7 eV va dozasini D=10^{15} dan 2· 10^{17} sm-2 gacha oshirib bordik. Yuqoridagi keltirilgan kartinada Ar^+ ionlarining energiyasi E=15 keV bombardimon qilingan SiO_2 namunasini T= 800 K qizdirib olingan tez elektronlar defraksiya tasviri keltirilgan. Tasvirdan ko‘rinadiki SiO_2 namunasi monokristall to‘zulishga ega. 1-egri chiziqdan ko'rinib turibdiki, o'rganilayotgan foton energiya oralig‘idagi egri chiziqning shakli (hv = 0,8-2,2 eV) sezilarli darajada o'zgarmaydi. Ar^+ ionlari bilan $10^{15}см^{-2}$ dozada bombardimon qilingandan so'ng, hv =1,8 eV dan boshlanadigan qiymatlar 0,30-0,35 eV ga keskin kamayadi. Tushgan yorug'lik intensivligining 30-35% nanokristal fazalari tomonidan yutiladi va shuning uchun sirt qatlamining nanokristallar bilan qoplanish darajasi 30-35% ni tashkil qiladi. Egri chiziqning bu qismini hv o'qiga ekstrapolyatsiya qilish Eg ning taxminiy qiymatini beradi, bu esa $\sim 1{,}9\ eV$.ga teng. Ionlarning dozasi D=10^{16} sm^{-2} bo‘lganda nanokristallar bilan qoplanish darajasi 70-75% ni tashkil qiladi Eg ning taxminiy qiymatini esa 1,5 эВ ga teng bo‘ladi. Ionlarning dozasi $D = 2 \cdot 10^{17} см^{-2}$ bo‘lganda $8 - 10\ nm.$ qalinlikdagi Si nanoqatlamlari hosil bo‘ladi va bu qatlamning taqiqlangan zona kengligi toza kremniynikiga 1,2- 1,3 eV ga teng bo‘lib qoladi (4 – rasm).



Rasm.4- SiO_2 yuza osti qatlamlarida Si nanofazalari va Fotonlarning energiyasini hv= 10,7 eV va dozasini D=10^{15} dan 2· 10^{17} sm^{-2} bo’lganda Si nanoqatlamlarining hosil bo’lishi

Xulosa

Ar^+ ionlarining energiyasi E=3-4 keV bo‘lganda SiO_2 yuzasini to‘liq Si atomlari qoplab qoladi va Si atomlari konsentratsiyasi C_{Si} 85-87 % ni tashkil etadi. SiO_2 sirt osti qatlamlarida 8-10 nm cho‘qirlikda Si atomlarining konsentratsiyasi juda kam bo‘lganligi sababli shu chuqurlikda SiO_2 -Si -SiO_2 o‘tish qatlamlari hosil bo‘lib qolganligini ko‘rishimiz mumkin. Tushgan yorug'lik intensivligining 30-35% nanokristal fazalari tomonidan yutiladi va shuning uchun sirt qatlamining nanokristallar bilan qoplanish darajasi 30-35% ni tashkil qiladi. Taqiq zonalarning Eg Si nanokristal fazalari va Si nanokristalli qatlamlari taqiq zonalari Eg o'rtasidagi sezilarli farq mavjud bo‘lib, aftidan, ulardagi kvant o'lchamli effektlarning namoyon bo'lishi bilan bog'liq. Ko'rinib turibdiki, SiO_2/Si/SiO_2 tizimining sirt ostida hosil bo‘lgan Si qatlamlari ham monokristall tuzilishga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hamasaki M. Crystallographic study of semi-insulating polycrystalline silicon (SIPOS) doped with oxygen atoms / M. Hamasaki, T. Adachi, S. Wakayama, M. Kikuchi // J. Appl. Phys. - 1978. - Vol. 47, N. 7. - P. 3987-3992.

2. К.Л. Чопра. Электрические явления в тонких пленках. - М.: Мир, 1972.

3. Гусев О.Б. Излучение кремниевых нанокристаллов / О.Б. Гусев, А.Н. Поддубный, А.А. Прокофьев, И.Н. Яссиевич // ФТП. - 2013. - Т. 47, В. 2. - С. 147-167.

4. Rochet F. Modification of SiO through room-temperature plasma treatments, rapid thermal annealings, and laser irradiation in a nonoxidizing atmosphere / F. Rochet, G. Dufour, H. Roulet, B. Pelloie, J. Perrière, E. Fogarassy, A. Slaoui, M. Froment // Phys. Rev. B. - 1988. - Vol. 37, N.11. - Pp. 6468-6477.

5. Takeoka S. Size-dependent photoluminescence from surface-oxidized Si nanocrystals in a weak confinement regime / S. Takeoka, M. Fujii, S. Hayashi // Phys. Rev. B. - 2000. - Vol. 62, N. 24. - Pp. 16820 - 16825.

6. Drevillon B. Growth of hydrogenated amorphous silicon due to controlled ion bombardment from a pure silane plasma / B. Drevillon, J. Perrin, J. M. Siefert, J. Huc, A. Lloret, G. de Rosny, J. P. M. Schmitt // Appl. Phys. Lett. - 1983. - Vol. 42, N. 9. - Pp. 801 - 803.

7. Krishnan R. Effect of oxidation on charge localization and transport in a single layer of silicon nanocrystals / R. Krishnan, Q. Xie, J. Kulik, X.D. Wang, S. Lu, M. Molinari, Y. Gao, T.D. Krauss, P.M. Fauchet // J. Appl. Phys. - 2004. - Vol. 96, N. 1. - Pp. 654 - 660.

8. Kanzawa Y. Raman spectroscopy of Si-rich SiO_2 films: possibility of Si cluster formation / Y. Kanzawa, S. Hayashi, K. Yamamoto // J. Phys.: Condens. Matter. 1996. - Vol. 8, N. 26. - Pp. 4823 - 4835.

9. Hollenstein Ch. Silicon oxide particle formation in RF plasmas investigated by infrared absorption spectroscopy and mass spectrometry / Ch. Hollenstein, A.A. Howling, C. Courteille, D. Magni, S.M. Scholz, G.M.W. Kroesen, N. Simons, W. de Zeeuw, W. Schwarzenbach. // J. Phys. D: Appl. Phys. - 1998. - Vol. 31, N. 1. -Pp. 74 - 84.

10. Takagi H. Quantum size effects on photoluminescence in ultrafine Si particles / H. Takagi, H. Ogawa, Y. Yamazaki, A. Ishizaki, T. Nakagiri // Appl. Phys. Lett. 1990. - Vol. 56, N. 24. - Pp. 2379 - 2380.

11. Patrone L. Photoluminescence of silicon nanoclusters with reduced size dispersion produced by laser ablation / L. Patrone, D. Nelson, V.I. Safarov, M. Sentis, W. Marine, S. Giorgio // J. Appl. Phys. - 2000. - Vol. 87, N. 8. - Pp. 3829-3837.

12. Эргашов Ё.С., Ташмухамедова Д.А., Раббимов Э. Энергетические спектры нанопленок SiO_2, созданных на поверхности Si ионной имплантацией. // Поверхность, Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. Россия 2015, №4, С.31-38. (№40.ResearchGate; IF=0.52).

13. Юсупжанова М.Б., Ташмухамедова Д.А., Умирзаков Б.Е. Состав морфология элекронная структура наноразмерных фаз, созданных на поверхности SiO_2 бомбардировкой ионами Ar^+. Журнал технический физики, 2016, том 86, вып.4. С.148-150.

14. Болтаев Х.Х, Ташмухамедова Д.А., Умирзаков Б.Е. // Поверхность. Рентген., синхротр.инейтрон.исслед. 2014. №4. С.24.

15. Исаханов З.А., Б.Е., Халматов А.С., Юсупжанова М.Б. Влияние имплантации ионов бария и последующих технологических обработок на эмиссионные свойства пленок окиси кремния.Uzbek Journal of Phusics2016. Vol.18(№5). PP. 343-348

16. Умирзаков Б.Е., Исаханов З.А.,Рузибаева М.К., Ёркулов Р.М. Формирование наноразмерных пленок SiO_2 на поверхности свободной пленочной системы Si/Cu при имплантации ионов O^+_2 // ЖТФ.2019.Т.89.№6

17. Tashmuhameva D.A, Yusupjanova M.B. Umirzakov B.E. Composition, morphology and electronic structure of the nanophases created on the SiO_2 surface by Ar ion bombardment// Nechnical Phusics, 2016, Vol. 61 No 4. p/627-629

18. Аллаярова Г.Х., Ташмухаммедова Д.А., Умирзаков Б.Е. Влияние имплантации ионов O_2^+ и последующие отжига на состав и плотности состояние валентных электронов Si(111)Ферганский политехнический иститут.2020.13-14 ноябрь.

19. Аллаярова Г.Х., Толипова Ш., Йулдашев Н., Ташмухамедова Д.А. Влияние имплантации ионов O_2^+ и последующие отжига на состав и плотности состояние валентных электронов Si (111). // Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых микро-и наноструктура. Ферганский политехнический иститут.2020.13-14 ноябрь.

20. Ташмухамедова Д.А., Юсупжанова М.Б., Аллаярова Г.Х., Умирзаков Б.Е.Кристаллическая структура и ширина запрещенной зоны наноразмерных фаз Si, созданных на различных глубинах приповерхностной области SiO_2// Пысма в ЖТФ. 2020.том.46. вып. 19 с.32-34

KORXONA VA TASHKILOTLARNING AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TIZIMLARIDA VPN TARMOQ QURISHNING ZAMONAVIY YECHIMLARI

Xusanova Moxiraxon Qurbonaliyevna
Farg‘ona davlat texnika universiteti
Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: mokhira.khusanova@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy korxona va tashkilotlar axborot-kommunikatsiya tizimlarida VPN (Virtual Private Network) texnologiyasi asosida xavfsiz tarmoq qurish masalalari yoritilgan. Maqolada virtual tarmoq texnologiyasining asosiy turlari, ularning afzalliklari, xavfsizlik darajalari, shuningdek, tashkilotlar ichida va filiallararo aloqalarni ishonchli tashkil qilishdagi ahamiyati o‘rganiladi. Amaliy misollar orqali Cisco packet tracer simulator dasturida VPN texnologiyalarini qo‘llash orqali tarmoq xavfsizligini oshirish va ma’lumotlar maxfiyligini ta’minlash yo‘llari ishlab chiqilgan.

Keywords: VPN, internet, protokollar, IP-manzil, shifrlash, AES-256, RSA, SHA-2

Kirish. Bugungi kunda internet rivojlangan davrda kibermakonda axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlikni ta’minlash dolzarb muammoga aylanib bormoqda. Internet foydalanuvchilari o‘zlarining shaxsiy ma’lumotlarini himoya qilish, internetdan erkin foydalanish hamda geografik cheklovlarni chetlab o‘tishda turli texnologiyalardan foydalanishmoqda. Virtual Private Network (VPN) texnologiyasi internetda foydalanuvchi uchun xuddi xususiy tarmoqday ishlovchi aloqa kanalini yaratib beradi. VPN ning asosiy maqsadi ochiq, himoyalanmagan tarmoqlar orqali uzatiladigan ma’lumotlarni maxfiylik va yaxlitligini ta’minlash orqali himoya qilish hamda ruxsatsiz kirishlardan saqlashdan iboratdir.

Shuningdek, VPN texnologiyasining xavfsizlik va maxfiylikni ta’minlashda alohida o‘rnini aytib o‘tish joiz. U tunnellash va shifrlash kabi usullar yordamida foydalanuvchining qurilmasi hamda masofaviy server o‘rtasida maxsus himoyalangan aloqa kanalini yaratadi. Bunda barcha o‘tayotgan trafik kriptografik algoritmlar orqali shifrlanadi, natijada esa tarmoq orqali uzatilayotgan ma’lumotni uchinchi shaxs tomonidan kuzatish qiyin bo‘ladi. VPN internet trafigini shunday himoyalangan tunel orqali uzatilishi sababli, foydalanuvchilarning xaqiqiy IP manzillari niqoblanadi hamda ularning onlayn faoliyati deyarli anonim holga keladi. Bu esa xavfsiz bo‘lmagan, ochiq va umumiy tarmoqlardayam xatarsiz ma’lumot almashish imkonini beradi.

Bundan tashqari, VPN texnologiyasi o‘zining foydalanuvchilariga turli geografik cheklovlarni chetlab o‘tib, global internet resurslaridan bemalol foydalanish hamda ma’lumotga oid to‘siqlarni aylanib o‘tish imkoniyatini ham beradi.

VPN ning qo‘llanilish sohalari judayam keng bo‘lib, undan korporativ va shaxsiy maqsadlarda ham foydalanish mumkin. Korporativ tarmoqlarda VPN lokal tarmoqlarga masofadan xavfsiz ulanishni ta’minlash hamda xodimlarni yagona tarmoqqa birlashtirish uchun xizmat qiladi. Shaxsiy foydalanishda esa VPN foydalanuvchilarga o‘z onlayn faoliyatini begona nigohlardan himoya qilish, umumiy tarmoqlarda shaxsiy, maxfiy ma’lumotlarini xavfsiz saqlash hamda yuqorida ta’kidlanganidek, turli xil cheklovlarni chetlab o‘tish imkonini beradi.

VPN texnologiyasi xavfsizlik, maxfiylik va tarmoq erkinligini ta’minlashda muhim vosita bo‘lib, uning dolzarbligi kundan-kunga oshib bormoqda.

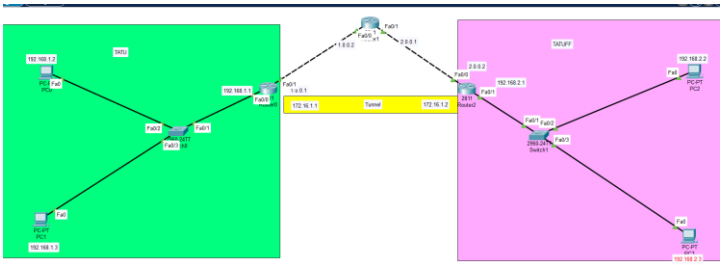
Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Axborot-kommunikatsiya tizimlarining zamonaviy infratuzilmasida ma'lumotlar almashinuvi xavfsizligini ta’minlash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, Virtual Shaxsiy Tarmoq (VPN) texnologiyasi korxona va tashkilotlar uchun ishonchli va samarali yechim sifatida keng qo'llanilmoqda. VPN

texnologiyasining nazariy asoslari ko‘plab ilmiy manbalarda yoritilgan. Jumladan, William Stallings tomonidan yozilgan “Data and Computer Communications” (2021) asarida VPN texnologiyasining asosiy prinsiplari, tunnellash usullari va xavfsizlik protokollari (IPSec, SSL/TLS, PPTP, L2TP) haqida keng ma’lumot berilgan. Shu bilan birga, Cisco tomonidan chop etilgan “CCNA Security” o‘quv qo‘llanmasida VPN tarmoqlarini amaliy tashkil qilish, xavfsizlik siyosatini ishlab chiqish va monitoring vositalari batafsil ko‘rib chiqilgan.

O‘zbekistonda bu soha bo‘yicha ilmiy ishlanmalar nisbatan kam, biroq mahalliy tadqiqotchilarning (masalan, TATU va Farg‘ona DTI olimlari) maqolalarida korxonalar tarmog‘ida VPN ni joriy etish bo‘yicha texnik, iqtisodiy va xavfsizlik yondashuvlari tahlil qilingan. Ushbu ishlarda VPN'ning Internet orqali bog‘lanayotgan filiallar o‘rtasida xavfsiz ulanishni ta'minlashdagi o‘rni alohida ta'kidlangan. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali assistenti Babakulov Bekzod Mamatkulovich o‘g‘li “Vpn (virtual private network) yordamida korporativ tarmoq xavfsizligini ta'minlash” mavzusida maqolalar chiqargan.

So‘nggi yillarda bulutli VPN (Cloud VPN) va Zero Trust Network Access (ZTNA) kabi yondashuvlar ham dolzarb mavzuga aylangan bo‘lib, Gartner, Microsoft va Palo Alto Networks kompaniyalari tomonidan chop etilgan tahliliy hisobotlar asosida bu texnologiyalarning afzalliklari va xavf-xatar tahlili o‘rganilgan. Shunday qilib, mavjud adabiyotlar VPN texnologiyasining nazariy va amaliy jihatlarini keng ko‘lamda qamrab olgan bo‘lsa-da, korxona va tashkilotlar sharoitida uni joriy qilishning mahalliy kontekstga moslashtirilgan usullari, infratuzilma talablariga integratsiyasi bo‘yicha tadqiqotlar yetarli darajada chuqur o‘rganilmagan.

Natijalar. Cisco packet tracer dasturida filiallararo tarmoq tuzamiz va tashkilotlar o‘rtasida xavfsiz ma’lumot almashish uchun vpn tunnel quriladi



1-rasm. Tarmoqlararo xavfsiz ma’lumot almashish uchun tarmoq tuzib olindi.

Tarmoqni hosil qilib uchun bizga 3 ta router 2811, 2 ta switch 2960 va 4 ta kompyuter kerak bo‘ladi. Kerakli tarmoq qurilmalarini qo‘yil olgandan so‘ng router, switch, kompyuterlarga ip manzil berib olamiz.

```
Router#
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed st

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEt

Router(config-if)#exit
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface FastEthernet0/1
Router(config-if)#ip address 1.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#ip address 1.0.0.1 255.0.0.0
Router(config-if)#no shutdown
```

2- rasm. Router qurilmasi CLI oynasidan portlarga ip manzil berish.

Tarmoqda qurilmalarga ip manzil berilgandan so‘ng mashuritazorni ham belgilab qoyishimiz kerak. Router 1 va 2 dan. Mashurizatorlarni sozlaganimizdan so‘ng tekrishib olish uchun 1 routerdan ping 2.0.0.2 ga, 2 routerdan ping 1.0.0.1 ga yuborib tekshirib olinadi. Natija 0 dan yuqori ya’ni 60, 80, 100 bo‘lsa yozgan buyqug‘larimiz to‘g‘ri bo‘ladi. Agar natija 0 bo‘lsa mashuritazorlar yo‘li xato belgilangan bo‘ladi.

```
tatuff#ping 1.0.0.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 1.0.0.1, timeout is 2 seconds:
..!!!
Success rate is 60 percent (3/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

tatuff#
```

3-rasm. 2 routerdan 1 routerni mashuritazorni tekshirish.

1 routerda tunnelni so‘lash uchun quydagi buyrug‘ni yozishimiz zarur.

XUSANOVA#conf t

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

XUSANOVA(config)#interface tunnel 10

XUSANOVA(config-if)#

%LINK-5-CHANGED: Interface Tunnel10, changed state to up

XUSANOVA(config-if)#ip add 172.16.1.1 255.255.0.0

XUSANOVA(config-if)#tunnel so

XUSANOVA(config-if)#tunnel source fa0/1

XUSANOVA(config-if)#tunnel des

XUSANOVA(config-if)#tunnel destination 2.0.0.2

XUSANOVA(config-if)#

XUSANOVA(config-if)#no shut

XUSANOVA(config)#interface tunnel 10 shu buyruq qatorida tunnelni yaratib olish.

XUSANOVA(config-if)#ip add 172.16.1.1 255.255.0.0 tunnelga ip maznil berish. 1 routerni tunnelni ip address 172.16.1.1 bo‘ldi.

2 routerdan tunnelni sozlash uchun quydagi buruq yozilishi zarur.

tatuff#conf t

tatuff(config)#interface tunnel 10

tatuff(config-if)#ip add 172.16.1.2 255.255.0.0

tatuff(config-if)#tunnel source fa0/0

tatuff(config-if)#tunnel destination 1.0.0.1

tatuff(config-if)#no shut 2 routerni tunnel ip manzili 172.16.1.2 bo‘ldi.

Buyruqlar yozilgandan so‘ng ikkala routerdan tunnel ip manzillariga ping berib tekshirib olamiz. Bunda ham natija 0 dan yuqori chiqish kerak.

```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.1.2, timeout is 2 seconds:
..!!!
Success rate is 60 percent (3/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms
```

4-rasm. 1 routerdan tunnelni ishlaganini tekshirish.

```
tatuff#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
tatuff(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.1.1
tatuff(config)#
```

5-rasm. 2 routerdan tunnelni ishlaganini tekshirish.

Oxrigi natijani olish uchun TATU tashkiloti tomondagi kompyuterdan TATUFF tomondagi kompyuterlarga ping beriladi.

```
C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=126
```

6-rasm. 192.168.2.2 kompyuter ishlash oynasi.

```
C:\>tracert 192.168.2.2

Tracing route to 192.168.2.2 over a maximum of 30 hops:

  1    0 ms      0 ms      0 ms      192.168.1.1
  2    0 ms      7 ms      0 ms      172.16.1.2
  3    0 ms      0 ms      1 ms      192.168.2.2
```

7-rasm. So‘rov yuborish oynasi.

Yuqoridagi rasmda tracert (Trace Route) buyrug‘ining natijasi ko‘rsatilgan bo‘lib, u kompyuterdan IP manzili 192.168.2.2 bo‘lgan qurilmaga bo‘lgan yo‘lni bosqichma-bosqich (hop-by-hop) ko‘rsatadi. IP manzillar (192.168.x.x va 172.16.x.x) – private (xususiy) IP manzillar bo‘lib, lokal tarmoqda ishlatiladi. Har bir satrda 3 ta ping natijasi berilgan (odatda bu 3 urinishning vaqtini bildiradi, ms = millisekund). Tracert buyrug‘i marshrutlash muammolarini aniqlash, tarmoqning qaysi qismida kechikish borligini tushunish uchun ishlatiladi.

Xulosa. Zamonaviy korxona va tashkilotlar faoliyatida axborot kommunikatsiya tizimlarining xavfsizligi va ishonchliligi ustuvor ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu maqolada tahlil qilingan VPN (Virtual Private Network) texnologiyasi tarmoqlarni tashqi xatarlar va ruxsatsiz kirishlardan himoya qilishda samarali vosita hisoblanadi. Tadqiqotlar natijasida VPN turlarining (masalan, PPTP, L2TP, IPsec, SSL) imkoniyatlari, ularning qulayliklari va xavfsizlik darajalari o‘rganildi. Cisco Packet Tracer muhitida bajarilgan amaliy ishlar VPN texnologiyasini real sharoitda qo‘llash orqali ma’lumotlar maxfiyligini ta’minlash va filiallararo aloqani mustahkamlash mumkinligini ko‘rsatib o‘tildi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Stallings, W. (2021). Data and computer communications (11th ed.). Pearson.
2. Cisco Systems, Inc. (2014). CCNA Security 210-260 Official Cert Guide. Cisco Press.
3. Gartner, Inc. (2022). Market Guide for Zero Trust Network Access. Retrieved from https://www.gartner.com
4. Microsoft Corporation. (2023). Zero Trust Security Model. Retrieved from https://www.microsoft.com/security/blog
5. Palo Alto Networks. (2023). The Future of Cloud VPN and Secure Access. Retrieved from https://www.paloaltonetworks.com
6. Babakulov, B. M. (2023). VPN (Virtual Private Network) yordamida korporativ tarmoq xavfsizligini ta’minlash. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali, ilmiy maqola.
7. Farg‘ona DTI. (2022). Korxona tarmoqlarida VPN texnologiyasini joriy etishning texnik-iqtisodiy asoslari. Farg‘ona Davlat Texnika Instituti ilmiy to‘plami, 3(4), 45–52.
8. Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti (TATU). (2021). Axborot xavfsizligini ta’minlashda VPN texnologiyalarining o‘rni. TATU Ilmiy-texnik jurnali, 2(1), 33–39.

DNK TAHLILI JARAYONIDA OTA-ONA VA FARZAND KOMBINATSIYALARINI ANIQLASH ALGORITIMI

Maxmudjanov Sarvar Ulugbekovich,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
TATU Sun'iy intellekt kafedrasi dotsenti
akbarovnavruz12@gmail.com

Akbarov Navro‘z Jahongir o‘g‘li,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
TATU tayanch doktoranti
akbarovnavruz12@gmail.com

Naimov Axadjon Tojimirza o‘g‘li,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
TATU stajyor tadqiqotchi
naimovahadjon@gmail.com

Qobilov Sirojiddin Sherqulovich,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
TATU Sun'iy intellekt
kafedrasi, assistenti
qobilov.sirojiddin92@gmail.com

Annotatsiya: Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi sud-biologik ekspertizalarda DNK asosidagi qarindoshlikni aniqlash jarayonlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirish imkonini bermoqda. Ayniqsa, ota-ona va farzand o‘rtasidagi genetik bog‘liqlikni aniqlashda Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining vositalari yordamida ishlab chiqilgan algoritmik yondashuvlar yuqori aniqlik va tezkorlikni ta’minlaydi.Ushbu maqolada DNK(dezoksiribonuklein kislota) tahliliga asoslangan, STR markerlar orqali qarindoshlikni aniqlash algoritmi ishlab chiqildi. Taklif etilgan algoritm genetik profillarni ma’lumotlar bazasi bilan taqqoslash va biologik moslik ehtimolini hisoblash funksiyalarini avtomatik bajaradi. Bu yechim sud-biologik ekspertiza faoliyatida inson omiliga bog‘liqlikni kamaytirish, tahlil samaradorligini oshirish va tizimli yondashuvni joriy etishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: DNK, GeneMapper, genetik moslik, STR, allel, paternity index, paternity probability, axborot tizimi, algoritm

Kirish. Hozirgi zamonaviy biologik tahlil usullari inson organizmining eng kichik tarkibiy qismlarini chuqur o‘rganishga imkon bermoqda. Ayniqsa, DNK asosida qarindoshlikni aniqlash bo‘yicha olib borilayotgan tadqiqotlar huquqiy va tibbiy sohalarda keng qo‘llanilmoqda. DNK tahlilining aniqligi, ishonchliligi va obektivligi uni ota-onalikni aniqlashda asosiy vositaga aylantirdi. Biologik qarindoshlik, xususan, farzand va ota-ona o‘rtasidagi genetik moslikni tasdiqlash turli sud-biologik ekspertizalarda muhim dalil sifatida qabul qilinadi. Mazkur jarayon genetik lokuslar bo‘yicha allellarni solishtirish asosida amalga oshiriladi. Har bir lokusdagi mos allellar orqali ota-ona va farzand o‘rtasidagi ehtimoliy qarindoshlik darajasi aniqlanadi. Bu esa biologik tahlil va kompyuter algoritmlarining uzviy bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Bugungi kunda ota-ona va farzand munosabatini aniqlash masalasi faqat sud-huquqiy ishlar bilan cheklanib qolmayapti. U oilaviy munosabatlarni tartibga solish, vasiylik va homiylik, bolani farzandlikka olish, migratsiya, tug‘ilganlikni

ro‘yxatga olish kabi ko‘plab yo‘nalishlarda ham dolzarb hisoblanadi. Bu esa ushbu yo‘nalishda ishonchli va avtomatlashtirilgan algoritmik yondashuvlarga bo‘lgan ehtiyojni oshirmoqda. Oddiy vizual solishtirish yoki laboratoriya chiqishlarining inson tomonidan talqini har doim ham obyektiv bo‘lavermaydi. Shu bois, statistik hisoblar va algoritmik yondashuvlar orqali aniqlikni oshirish zarur. Ayniqsa, genetik chastotalar va kombinatsion hisob-kitoblar asosida ishlab chiqilgan algoritmlar bu masalani sezilarli darajada soddalashtiradi.

Sud-biologik ekspertizalarda asosan STR (Short Tandem Repeat) markerlaridan foydalaniladi, chunki ular nasldan naslga o‘tuvchi aniq genetik ma'lumotni ifodalaydi. Har bir STR lokus ikki alleldan iborat bo‘lib, ular ota-onadan farzandga meros tarzida o‘tadi. Agar farzandda mavjud bo‘lgan allellardan biri otaning namunasi bilan mos kelsa, u holda bu allel orqali qarindoshlik isboti shakllanadi. Shu asosda, farzanddagi har bir lokusda kamida bitta allel otaning DNK namunasi bilan mos kelishi kutiladi. Bu holatda ehtimollik ko‘rsatkichlari, xususan, Paternity Index (PI) va Paternity Probability (PP) kabi parametrlar orqali baholash amalga oshiriladi. Shunday qilib, DNK tahlilini matematik va statistik modellar bilan boyitish orqali algoritm asosida aniqlash imkoniyati yuzaga keladi.

Raqamli texnologiyalar taraqqiyoti biologik tahlillarni avtomatlashtirishga zamin yaratmoqda. DNK tahlilida algoritmik yondashuvlar, ayniqsa katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlashda yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Shu nuqtai nazardan, ota va farzand kombinatsiyalarini aniqlovchi algoritmlarni ishlab chiqish orqali sud-biologik ekspertizalarni tez, aniq va ishonchli shaklda o‘tkazish imkoniyati yaratiladi. Ushbu algoritmlar orqali inson omilining ta’sirini kamaytirish, xatoliklar ehtimolini minimallashtirish mumkin. Bunda har bir lokusdagi allellar chastotasi, moslik darajasi va kombinatsion ehtimollar inobatga olinadi. Demak, bu kabi yondashuvlar nafaqat ilmiy, balki amaliy ahamiyatga ham ega.

Ushbu maqolada ota va farzand kombinatsiyalarini aniqlashga yo‘naltirilgan algoritmik yondashuv ishlab chiqildi. Taklif etilgan algoritm orqali berilgan DNK namunasi asosida farzandlik aloqalarini matematik jihatdan ishonchli aniqlash imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, genetik chastotalar asosida hisob-kitoblar amalga oshiriladi va Paternity Index orqali baholash taqdim etiladi. Mazkur yondashuv sud-biologik ekspertizalar samaradorligini oshirish, vaqt va resurslarni tejash, shuningdek, obyektivlikni ta’minlashga xizmat qiladi. Maqolada algoritmning ishlash prinsipi, matematik asoslari hamda amaliy qo‘llanishi keng yoritilgan. Shuningdek, keyingi bosqichda bu yondashuv asosida axborot tizimini yaratish imkoniyatlari ham muhokama qilingan.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Gene Myers - bioinformatika sohasida mashhur amerikalik olim bo‘lib, inson DNKsi ustida algoritm, dastur va model yaratishda muhim ilmiy ishlar olib borgan. U DNK ketma-ketligini tahlil qilish uchun samarali hisoblash algoritmlarini ishlab chiqdi. 2000-yilda Celera Genomics kompaniyasida ishlayotgan paytida, inson genomi ketma-ketligini aniqlash uchun qo‘llaniladigan asosiy algoritmlardan birini yaratdi.

Myers tomonidan ishlab chiqilgan BLAST va A tahlil algoritmlari* DNK bo‘laklarini tez solishtirish va qidirish uchun keng qo‘llaniladi. U shuningdek, genomlarni yig‘ish (genom assemblage) uchun ishlatiladigan dasturlar va modellar ham yaratdi. Bu algoritmlar katta genetik ma’lumotlarni qisqa va noaniq DNK fragmentlaridan qayta tiklash imkonini beradi.

Uning ishlari 2000-2020-yillarda bioinformatika, hisoblash biologiyasi va genetik modellashtirish sohalarida katta yutuqlarga olib keldi. Gene Myers DNK tahlili uchun ishlatiladigan dasturiy ta’minot va AKT modellari orqali tibbiy tashxis va genetik tadqiqotlarni soddalashtirdi. Uning ishlari global genom tadqiqotlarining poydevorini yaratdi.

DNK asosida qarindoshlikni aniqlash sohasida algoritmik, dasturiy va modelga asoslangan yondashuvlarni yaratgan ko‘plab yetakchi olimlar mavjud. Ulardan biri David Haussler bo‘lib, u inson genomi bo‘yicha dastlabki hisoblash modellarini ishlab chiqqan va UCSC Genome Browser dasturiy

ta’minotiga asos solgan. Bu platforma hozirgi kunda ham genetik ma’lumotlarni vizual tahlil qilishda keng qo‘llanilmoqda. Haussler DNK bo‘ylab algoritmik izlanishlar uchun Markov modellarini va ehtimollikka asoslangan tahlil usullarini yaratgan.

Shuningdek, Gene Myers inson genomi ustida tahlil algoritmlarini ishlab chiqishda muhim hissa qo‘shgan olimlardan biridir. U DNK ketma-ketliklarini solishtirish uchun keng qo‘llaniladigan BLAST algoritmini va genom yig‘ish uchun ishlatiladigan samarali dasturiy yechimlarni yaratgan. Myers genomik segmentlarni yig‘ish, tartiblash va tahlil qilishda raqamli modellashtirish yondashuvlarini joriy etgan.

Odam DNKsi sud-biologik ekspertizasi sohasida inson biologik namunalardan genetik ma’lumotlarni olish bir necha bosqichli tadqiqot jarayonlardan iborat bo‘lib, tadqiqotlar natijasida son ko‘rinishini ifodalovchi genetik profillar aniqlanadi. Ushbu aniqlangan ma’lumotlarni to‘g‘ri tahlil qilish, mukammal matematik hisob kitoblarni olib borish, biologik qarindoshlik va identifikatsiya darajalarini to‘g‘ri aniqlash va ekspertiza xulosasini tushunarli va sifatli rasmiylashtirish ekspertdan juda katta tajriba hamda mahorat talab qiladi. Inson DNK ketma-ketligining 99,9% tarkibi bir xil bo‘lishiga qaramay, turli odamlarning DNKlari juda individualdir. DNK profilini aniqlash genomning tanlangan hududida takrorlanuvchi elementlar sonini tahlil qiladi. DNK profilini tuzishda genomning (yoki lokuslarning) qancha ko‘p qismlari tahlil qilinsa, shaxsiy identifikatsiyaning aniqligi shunchalik yuqori bo‘ladi.

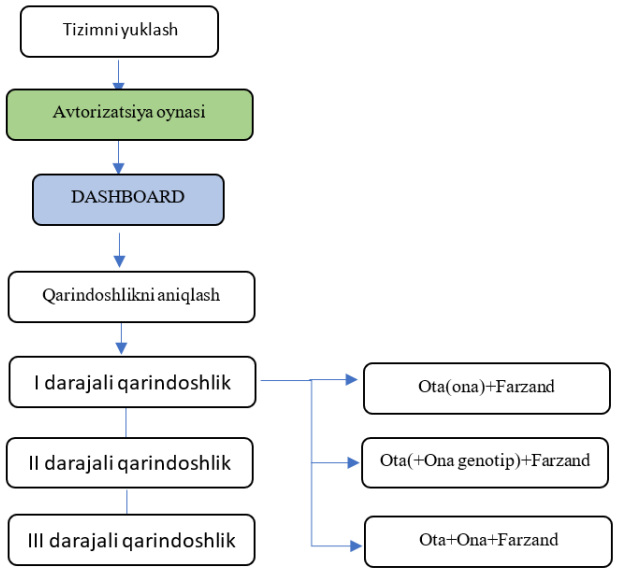
Bundan tashqari, ushbu genetik pasportdan foydalanib huquqiy, axloqiy va genetik muammolarga yechim topish hamda bu maqsadda axborot dasturiy ta’minotini qo‘llash bugungi kunning eng dolzarb masalalaridan biri sanaladi.

Inson DNKsining qarindoshlar orasida taqsimlanishini foizlarda ifodalash mumkin. Masalan, har qanday bola, xuddi barcha aka-uka va opa-singillar kabi, onasining DNKsidan 50 foiz va otasining DNKsidan 50 foizni meros qilib oladi. Agar ota Aa, ona Bb genotipiga ega bo‘lsa, farzand AB, Ab, aB yoki ab genotiplaridan biriga ega bo‘lishi mumkin. Biroq ikki aka-uka orasidagi bu 50 foizlik DNK tasodifiy taqsimlanadi va ona birinchi farzandga bergan DNKning 50 foizi ikkinchi farzandga aynan o‘sha ko‘rinishda o‘tmasligi ham mumkin.

Boshqacha aytganda, birinchi farzand ham DNKning yarmini onadan, yarmini otadan olgan, ammo ikki aka-ukaning DNKlari farqli va ayni paytda o‘xshash (ba’zilari bir xil, ba’zilari butunlay boshqacha) bo‘ladi. Bu holda birinchi farzandni AB, ikkinchi farzandni esa Ab deb hisoblashimiz mumkin.

Milliy genom axborot tizimining umumiy arxitekturasida "Genotiplar", "Qarindoshlikni aniqlash" va "Shaxsni identifikatsiyalash" asosiy funksional bloklar hisoblanadi.

Bunda "Qarindoshlikni aniqlash" bloki uch xil darajadagi qarindoshlikni aniqlash uchun qo‘llaniladi. Bular "I darajali qarindoshlar", "II darajali qarindoshlar" va "III darajali qarindoshlar"dir. Ularning har biri o‘z navbatida yana kichikroq guruhlarga bo‘linadi.



1-rasm. Milliy genom axborot tizimida I darajali qarindoshlikni aniqlash arxitekturasi

Biologik ota-onalikni aniqlash DNK tahlilining eng muhim amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. DNK insonning genetik shaxsiy identifikatori sifatida, ota va farzand o‘rtasidagi genetik uzviylikni aniqlashda ishonchli natija beradi. Har bir bola tug‘ilish jarayonida ota va onadan teng miqdorda genetik axborot oladi. Shu bois, har bir

genetik lokusda bolaning ikkita allelidan hech bo‘lmaganda bittasi otaning genetik profiliga mos kelishi lozim. Aynan shu moslikni aniqlash orqali ular o‘rtasidagi biologik aloqa baholanadi. Ushbu tahlil STR (Short Tandem Repeat) markerlar deb ataladigan qisqa DNK takrorlanuvchi qismlar asosida amalga oshiriladi. Bu markerlar har bir insonda o‘ziga xos bo‘lib, ular yordamida biologik qarindoshlik aniqlanadi. Genetik moslikning lokuslar bo‘yicha yuqori darajada kuzatilishi biologik otalikni tasdiqlaydi. Bu usul sud-biologik ekspertizalarda keng qo‘llaniladi.

Natijalar: Ota-ona va farzand o‘rtasidagi munosabatni aniqlash uchun har ikki shaxsning DNK namunalari olinadi va ularning genetik profillari taqqoslanadi. Bu profillar maxsus laboratoriya uskunalari yordamida STR lokuslar bo‘yicha tahlil etiladi. Har bir lokusda ikki genetik allel mavjud bo‘lib, ular ota va onadan meros qoladi. Farzanddagi allellar otaning profili bilan qanchalik ko‘p mos kelsa, biologik bog‘liqlik ehtimoli shunchalik yuqori bo‘ladi. Agar moslik ko‘pchilik lokuslarda kuzatilsa, bu otalikni ishonchli tarzda tasdiqlaydi. Har bir STR lokus bo‘yicha taqqoslashda kamida bitta allelning mos kelishi muhim ahamiyatga ega. Bu tahlil yuzlab namunalar ustida avtomatlashtirilgan algoritmlar orqali amalga oshiriladi. DNK profillari taqqoslanib, yakuniy xulosa chiqariladi. Mosliklar soni qanchalik ko‘p bo‘lsa, biologik aloqa ehtimoli shunchalik yuqori bo‘ladi. Ushbu jarayon natijalari yozma va grafik shaklda taqdim etiladi.

Agar ota-ona yoki farzandning bevosita DNK namunasi mavjud bo‘lmasa, ular o‘rtasidagi qarindoshlikni aniqlash uchun DNK ma’lumotlar bazasidan foydalaniladi. Bunda "oilaviy qidiruv" algoritmlari qo‘llanilib, mavjud profil DNK bazasidagi boshqa profillar bilan taqqoslanadi. Bu usul yordamida farzand bo‘lishi ehtimoli yuqori bo‘lgan shaxslar aniqlanadi. Har bir nomzodning moslik darajasi baholanib, keyingi tahlil uchun saralanadi. Bu yondashuv ayniqsa migratsiya, farzandlikka olish yoki yo‘qolgan shaxslarni topishda juda samaralidir. Tizim ko‘plab STR lokuslar bo‘yicha profillarni tezda solishtiradi va muvofiqlikni belgilaydi. Yuqori moslik ko‘rsatgan nomzodlar ustida chuqur genetik tahlil o‘tkaziladi. Shu tarzda, mavjud bo‘lmagan namunani bilvosita topish imkoniyati yaratiladi. Bu usul zamonaviy DNK tahlil texnologiyalarining amaliy natijasi hisoblanadi.

DNK asosidagi ota-ona va bola munosabatlarini aniqlash texnologiyasi bugungi kunda nafaqat sud-biologik ekspertizalarda, balki tibbiyot, ijtimoiy himoya, tug‘ilishni qayd etish, migratsiya va fuqarolik masalalarida ham keng qo‘llanilmoqda. Bunda tahlil jarayoni to‘liq avtomatlashtirilgan bo‘lib, inson xatosini kamaytirish imkonini beradi. DNK namunalari zamonaviy uskunalar yordamida raqamli ko‘rinishga o‘tkaziladi, maxsus algoritmlar esa ularni tez va aniq tahlil qiladi. Tizim foydalanuvchiga natijalarni matn, jadval va grafik shaklida taqdim etadi. Har bir lokusga oid muvofiqlik alohida ko‘rsatiladi va umumiy xulosa shakllantiriladi. Jarayonning tezligi, aniqligi va xavfsizligi bo‘yicha yuqori darajadagi talablar qondiriladi. Ma’lumotlar maxfiyligini ta’minlash uchun shifrlash va autentifikatsiya mexanizmlaridan foydalaniladi. Ushbu texnologiya orqali ijtimoiy va huquqiy jarayonlarda ishonchli qarorlar qabul qilinadi. Bu esa DNK tahlilining jamiyatdagi ahamiyatini yanada oshiradi.

Ota-ona va farzand kombinatsiyalari aniqlash uchun quyidagi ketma-ketlik asosida ish olib borish kerak:

2-rasm. Ota-ona va farzand kombinatsiyalari masalalarini statistik baholash ketma ketligi.

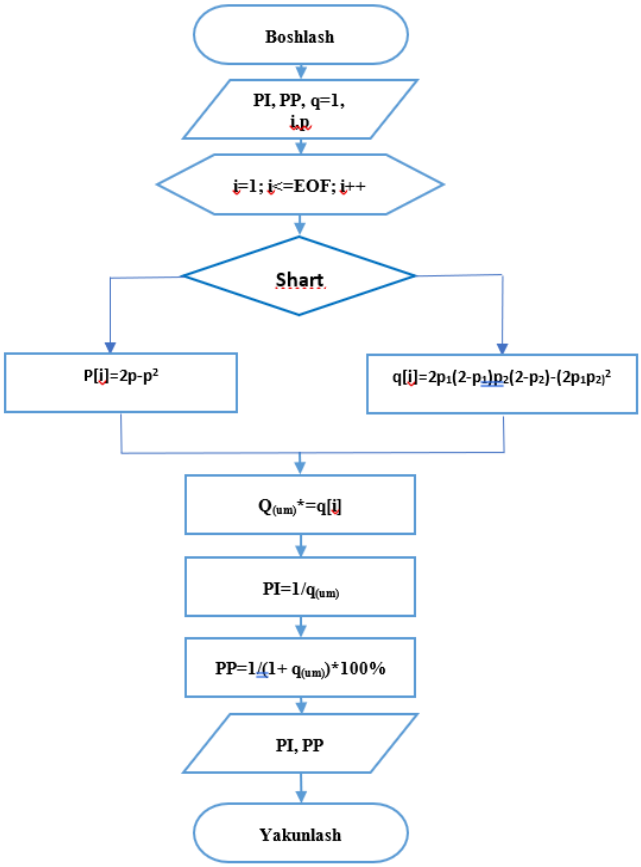
Mazkur algoritmning "shart" qismida berilgan obyektlar asosida allellarning o‘zaro mosligi taqqoslanadi. Ota-ona va farzand o‘rtasidagi munosabatlarni o‘rnatish uchun quyidagi statistic baholash ilgari suriladi:

PI (otalik indeksi) - barcha lokuslar bo‘yicha umumiy ehtimollikka asoslanib, otalik ishonchliligi statistik jihatdan baholanadi.

PP (otalik ehtimollik darajasi) - biologik otalik ehtimoli foiz ko‘rinishida aniqlanadi. Agar natija

99,9% yoki undan yuqori bo‘lsa, otalik tasdiqlangan deb hisoblanadi.

2-rasmda keltirilgan ketma-ketlik asosida Ota-ona va farzand kombinatsiyalari aniqlash algoritmini tuzib chiqamiz.



3-rasm. . Ota va farzand kombinatsiyalarini aniqlash algoritmi

Ota-ona va farzand kombinatsiyalarini aniqlash algoritmining (3-rasm) birinchi qadamida GeneMapper avtomatlashtirilgan kompleksidan qaytgan ma’lumotlarni mos ko‘rinishida olamiz.

Quyidagi jadvalda (1-jadval) ota-ona va farzand kombinatsiyalarining o‘ziga xos holati bo‘lgan biologik otalik va farzandlik tasdiqlangan holat aks ettirilgan. Yuqorida keltirilgan algoritm asosida ota-ona va farzand o‘rtasidagi munosabat faktining tasdiqlangan holatini ko‘rishimiz mumkin.

1-jadval. Biologik ota-ona va farzand tasdiqlangan holatga misol

Gen qismlari (STR lokuslar)	Ota (allellar ko‘rinishida)	Ona (allellar ko‘rinishida)	Farzand (allellar ko‘rinishida)
Amelogenin	X, Y	X,X	X, Y
D3S1358	16, 17	9,17	17, 18
vWA	17, 18	20,11.2	18, 20
D16S539	9, 11	6,11	9, 12
CSF1PO	12, 13	14.11	13, 14
TPOX	8, 11	13,9	8, 9
D8S1179	13, 15	16,11	15,16
D21S11	30, 32.2	31.2,24	30, 31.2
D18S51	16, 19	20,24	16, 20
D19S433	14, 15	18,16	15, 16
TH01	6, 9.3	9.3,8	9.3, 9.3
FGA	22, 24	23,25	22, 25
D5S818	11, 12	13,16	11, 13
D13S317	8, 11	12,15	8, 12
D7S820	10, 11	13,12	11, 12
D2S1338	18, 23	24,21	23, 24

Algoritmning keyingi qadamida lokuslarga mos chastotalar aniqlanadi. Bunda “Lokus” + “Allel” qo‘shilmasidan foydalaniladi. Mos ravishda yuqoridagi allel chastotasi qiymati A1 = A1C, A2 = A2C, B1 = B1C , B2 = B2C ko‘rinishida o‘zlashtiriladi. Genotiplarning statistik chastotasi ma’lumotlar bazasiga avvaldan kiritib qo‘yilgan bo‘ladi (chastotalar 2-jadvalda keltirilgan).

2-jadval.CSF1PO, D10S1248, D13S317 STR lokuslaridagi allellarning turli populyatsiyalarda uchrash chastotalari

Allel	Afro-amerika	Osiyo	Amerika	Ispaniya
CSF1PO				
8	0,0939	0,0033	0,0029	0,0054
9	0,0379	0,0261	0,0277	0,0258
10	0,2621	0,2614	0,2799	0,2514
11	0,2333	0,219	0,3178	0,2745
D10S1248				
12	0,1409	0,1078	0,035	0,0448
13	0,2288	0,3693	0,2945	0,2595
14	0,2788	0,2255	0,2974	0,3614
15	0,1848	0,2255	0,1939	0,2269
D13S317				
10	0,0303	0,1373	0,0685	0,0965
11	0,2924	0,2549	0,2901	0,2283
12	0,4379	0,1438	0,3076	0,2745
13	0,1455	0,0392	0,1064	0,1005

Navbatdagi qadamda berilgan ma’lumotlar asosida har bir lokus va allel chastotasining populyatsiyada uchraydigan o‘rtacha chastotasini aniqlaymiz. Allel chastotalarini Osiyo populyatsiyasidan olingan ma’lumotlardan foydalanamiz (2-jadval).

PI (Otalik indeksi) - DNK tahlilida qo‘llaniladigan nisbiy statistik ko‘rsatkich bo‘lib, u bolada mavjud bo‘lgan ma’lum bir genetik allelning taxmin qilinayotgan otadan meros bo‘lib o‘tish ehtimolini baholaydi. Keyingi bosqichda otalik indeksi hisoblab chiqiladi.

$$PI = \frac{1}{Q(um)}$$

PP - bu farzanddagi genetik mosliklar asosida taxmin qilinayotgan shaxsning biologik ota bo‘lish ehtimolini foizda ifodalovchi qiymat.

PP har bir STR lokus bo‘yicha hisoblangan PI (Otalik indeksi) ko‘rsatkichlariga asoslanadi va yakuniy qaror chiqarishga asos bo‘ladi.So‘nggi bosqichda otalik munosabatlarining ehtimolligi aniqlanadi.

$$PP = \frac{1}{1 + Q(um)} \times 100\%$$

Bu yerda PP foiz ko‘rsatkichi tekshirilayotgan STR lokuslar soniga bog‘liq, ya’ni qancha ko‘p STR lokuslar bo‘yicha qiyosiy tekshiruv o‘tkazilsa, otalik ehtimolligi darajasining foiz ko‘rsatkichi ham shuncha yuqori bo‘ladi.

Xulosa. Ota-ona va farzand o‘rtasidagi birinchi darajali biologik qarindoshlikni aniqlash algoritmi milliy genom axborot tizimining ajralmas funksional komponenti sifatida qaralmoqda. Mazkur maqolada ishlab chiqilgan yondashuv asosida mustaqil dasturiy modul yoki yirik tizimlarga integratsiyalash mumkin bo‘lgan tahlil vositasini yaratish imkoniyati mavjud. STR markerlariga asoslangan ushbu algoritm orqali biologik otalik yuqori aniqlikda aniqlanadi va bu jarayon to‘liq avtomatlashtirilganligi bilan ajralib turadi.

Kelgusida bu algoritm asosida axborot tizimi yoki mobil ilova shaklida dasturiy mahsulot ishlab chiqish ko‘zda tutilmoqda. Mazkur ilmiy yondashuv farzandlikni aniqlash, ota-onalik masalalarini hal etish va huquqiy munosabatlarni tartibga solishda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan ishonchli texnologik yechimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Budowle B., Eisenberg A. J., van Daal A. Paternity testing and forensic DNA typing by multiplex STR analysis. – London: Elsevier Science, 2012. – S. 164–170.
2. Phillips C., Fondevila M., Lareu M. V. Mutation analysis of 24 autosomal STR loci using in paternity testing. – Amsterdam: Elsevier, 2011. – S. 229–235.
3. O‘zbekiston Respublikasining Oila kodeksi. ISBN: 978-9943-5620-5-9.
4. Berger, C. et al. (2021). *Calculation of the Paternity Index for STR with tri-allelic patterns*. Forensic Sci Int Genet.
5. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi. Genetik tahlil va sud-biologik ekspertiza qoidalari. – Toshkent, 2022.
6. Butler, J. M. (2005). *Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers*. Academic Press.
7. Roby, R. K. Expert Systems Help Labs Process DNA Samples. – National Institute of Justice, USA, July 15, 2008. – nij.ojp.gov.
8. Zhang, J. et al. Allele frequency data of 20 autosomal STR loci in Eastern Chinese Han population. – Forensic Science International: Genetics, 2018. – Vol. 36. – pp. 180–185.
9. Yamamoto, Y., Nakamura, K. Application of STR markers in Japanese population for kinship analysis. – Japanese Journal of Forensic Science, 2017. – Vol. 72(4). – pp. 310–316.
10. С.А. Атаходжаев ва б., “Судебно-биологическая экспертиза ДНК человека”, Ташкент, 2011.

GEOAXBOROT TIZIMLARI ASOSIDA HUDUDIY O‘RMON XO‘JALIGI MONITORINGINI YURITISH

Nazarova Gulchexra Nurmuxanbetovna,
dotsent, Toshkent axborot texnologiyalar universiteti
nazarovagulchexra3@gmail.com

Boboqulov Abbos Dilshod o‘g‘li,
doktorant, Toshkent axborot texnologiyalar universiteti
abbosboboqulov0511@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada o‘rmonlarni yaxshiroq va samarali monitoring qilish uchun geoaxborot tizimlari va masofaviy zondlash ma'lumotlarini qo‘llash zaruratini ko‘rib chiqadi, yer yuzasidagi har bir o‘simlik nur to‘lqinlarini yutish yoki aks ettirish qobiliyatiga ega, o‘rmonlarni monitoring qilish texnologiyasi sifatida normalizatsiyalangan o‘simlik indeksi (NDVI) metodidan foydalaniladi, bu o‘simliklar indeksining nisbiy indeksi deb ham ataladi, bugungi kunda NDVI o‘simlik qoplamining miqdoriy baholarini hisoblashda eng keng tarqalgan indeksdir, har bir qiymat oralig‘i aniq bir obyektni aniqlashga imkon beradi, barcha spektral qiymatlar maxsus ma'lumotlar bazasida saqlanadi va natijaviy xaritaga bog‘langan koordinatlar bilan chambarchas bog‘liqdir, xaritalar va spektral qiymatlar bo‘lgan fayllar HDF formatida saqlanadi, NDVI indeksi bilan ishlash imkonini beruvchi sun’iy yo‘ldosh tasvirlari turli asboblar yordamida yaratiladi, ularning biri - MODIS spektroskaner, taklif etilgan texnologiyani joriy etish monitoringning harakatchanligini va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Kalit so‘zlar: geoaxborot tizimlari, masofaviy zondlash, ndvi, modis spektroskaneri, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, o‘rmon monitoring, spektral qiymatlar, vegetatsiya vizualizatsiyasi, hdf fayl formati, kosmik kuzatuv texnologiyasi

1. Kirish

O‘rmon monitoringi o‘rmon o‘simliklarining maydonini aniqlash, shuningdek, kesilgan va yong‘inlar tufayli qayta tiklashni talab qiluvchi hududlarni aniqlash uchun amalga oshiriladi. Zamonaviy sharoitlarda o‘rmon holatini nazorat qilish choralarini ko‘rish dolzarb va juda muhim hisoblanadi, chunki o‘rmonlar maydonining sezilarli darajada kamayishi kuzatilmoqda. Bunga bir qator sabablarga ko‘ra. Bular orasida o‘rmon yong‘inlari, ular ulkan hajmlarga yetib, katta maydonlarni qamrab olish bilan birga, tez sur’atlar bilan tarqalmoqda. O‘rmonlarning noqonuniy kesilishi, ayniqsa, kuzatish juda qiyin bo‘lgan, uzoq hududlarda amalga oshiriladi. Iqlimdagi dinamik o‘zgarishlar butun dunyo bo‘ylab o‘rmon ekotizimlarining barqarorligi va sifat ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir o‘tkazmoqda.

O‘rmonlarning holatini o‘rganish turli usullar bilan amalga oshiriladi, jumladan, yer usti usullari orqali, shuningdek, so‘nggi yillarda, zamonaviy raqamli texnologiyalar rivojlanishi bilan, kosmik sun’iy yo‘ldoshlar ma’lumotlari yordamida [1-6]. Ushbu usullar eng so‘nggi va ishonchli ma’lumotlarni taqdim etadi hamda keng miqyosdagi o‘rmon hududlarini kompleks tahlil qilish imkonini yaratadi. Kartografik materiallardan foydalanish esa kerakli ma’lumotlarni taqdim etmaydi, chunki ko‘plab materiallar eskirgan va yangilanmagan. Bundan tashqari, bu materiallar hali ham maxfiy hisoblanadi.

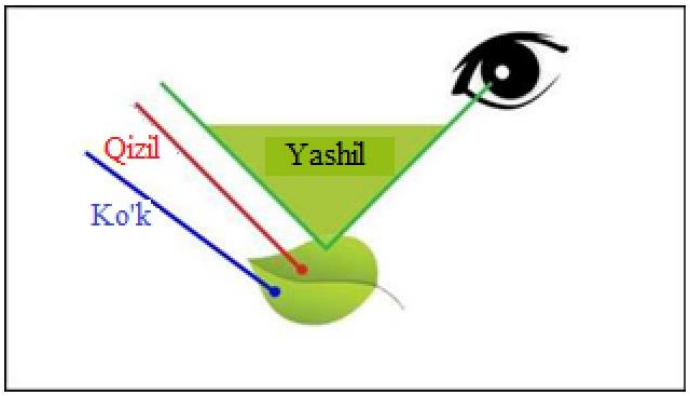
O‘rmon ekotizimlarini samarali va tezkor nazorat qilishni ta’minlash uchun masofaviy zondlash texnologiyalari va geografik axborot tizimlariga asoslangan sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanish muhim hisoblanadi. Bu har xil davrlar uchun va har qanday fazoviy qamrov uchun tegishli ma’lumotlarni olish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, so‘nggi vaqtlarda mamlakatimiz shimoliy va g‘arbiy hududlarida o‘rmon yong‘inlarining keng tarqalishi kuzatilayotgan mamlakatimiz hududi uchun dolzarbdir. Geografik axborot tizimlari dunyoning

ko‘plab mamlakatlarida atrof-muhitni monitoring qilish uchun kuchli vosita hisoblanadi [7-10].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Geoinformatsion tizimlar ayniqsa o‘rmon xo‘jaligi korxonalarida dolzarb sanaladi, chunki bu sohada texnologik monitoring tizimi deyarli yo‘q darajada. Har bir o‘simlik navi elektromagnit spektrdagi yorug‘lik to‘lqinlarini yutish va refleksiya qilish xususiyatlariga ega bo‘lib, bu uning morfologik va fiziologik holatiga bog‘liqdir. Inson qadimdan o‘simliklarning yashil rangga ega ekanligini bilgan, bu esa maxsus pigment - xlorofill bilan bog‘liq. Xlorofillning o‘ziga xosligi shundaki, u “yashil” to‘lqinlarni juda yaxshi aks ettiradi, natijada inson ko‘zi bu ob'ektni yashil rangda ko‘radi. Biroq o‘simlikning faol rivojlanishi uchun aynan “qizil” to‘lqinlar muhim hisoblanadi, chunki ular fotosintez jarayoniga javobgar.

O‘simlik ushbu to‘lqinlarni yutgach, infraqizil to‘lqinlarni aks ettira boshlaydi (1-rasm).



1-rasm. Fotosintez jarayoni

O‘rmonlarni monitoring qilish texnologiyasi sifatida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - normallashtirilgan vegetatsiya indeksini vizualizatsiya qilish usuli qo‘llaniladi. Ushbu ko‘rsatkich, shuningdek, vegetatsiyaning nisbiy indeksi deb ham ataladi [11]. NDVI indeksidan foydalanish o‘simliklarning elektromagnit to‘lqinlarini yutish va qaytarish salohiyatini aniqlash imkonini beradi, bu esa vegetatsion holatni monitoring qilishda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida insoniyat sayyoramizning deyarli istalgan nuqtasidagi o‘simliklar hayotiy faolligi haqida keng qamrovli ma’lumotlarga ega bo‘lishi mumkin. Hozirda NDVI - o‘simlik qoplamini miqdoriy baholash asosida masalalarni hal etish uchun eng keng tarqalgan indeks hisoblanadi. NDVI hisoblash formulasi ko‘p marotaba takomillashtirilgan bo‘lsada, Texas Texnologiya Universiteti olimlari tomonidan 1973-yilda indeks qiymatlarini -1 dan 1 gacha bo‘lgan oraliqqa keltirish imkoniyati yaratildi. Bu esa hisob-kitob tizimini sezilarli darajada soddalashtirdi. Aynan shu sababli bu indeks “normallashtirilgan” deb atalgan.

Hozirgi vaqtda NDVI quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Bu yerda:

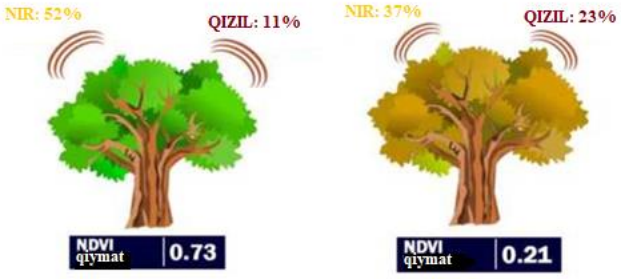
- NIR (Near-Infrared) – yaqin infraqizil to‘lqinlar (o‘simlik tomonidan aks ettiriladi)
- RED – qizil to‘lqinlar (o‘simlik tomonidan yutiladi)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NDVI shuningdek, tuproqning namligi va to‘yinish darajasini, bug‘lanish va yog‘ingarchilik jarayonlarini kuzatishda ham faol qo‘llaniladi. Biroq bu holatlarda NDVI ko‘rsatkichlari har doim ham obyektiv bo‘lavermaydi, chunki bunday ma’lumotlarni o‘lchashda hududning o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olish zarur (2-rasm).

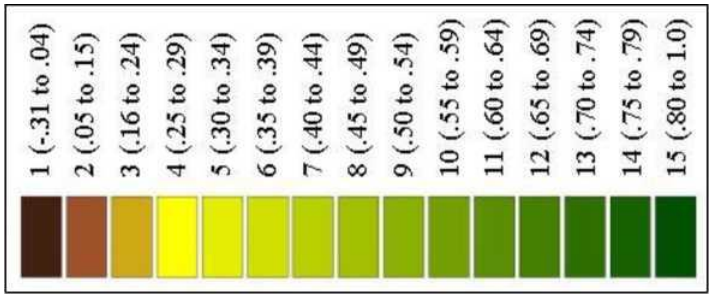
Qizil va infraqizil nurlar aks etish qiymatlari asosida, Yer yuzasida yashovchi ob'ektlarni noorganiklardan aniq ajratib olish imkoniyati yuzaga keldi. Har bir qiymatlar diapazoni qizil va infraqizil spektrlarning aks etish nisbatidan foydalangan holda, muayyan ob'ektni aniqlashga yordam beradi.

Sog‘lom daraxt va nosog‘lom daraxt



2-rasm. NDVI ko‘rsatkichlari farqi.

NDVI qiymatlari -1 dan 0 gacha bo‘lgan oraliq noorganik tabiat obyektlari va infratuzilma elementlariga tegishli: suv, tosh, qum, qor va boshqalar. Yovvoyi tabiat obyektlari, masalan, o‘simliklar, esa 0 dan 1 gacha bo‘lgan qiymatlar oralig‘i bilan xarakterlanadi (3-rasmga qarang).



3-rasm. NDVI gradientli rang o‘lchovi.

Qiymat birlik (1) ga qanchalik yaqin bo‘lsa, ushbu hududda o‘simlik qoplami shunchalik zich bo‘ladi. Har bir NDVI qiymatiga ma’lum bir rang mos keladi (1-jadvalga qarang).

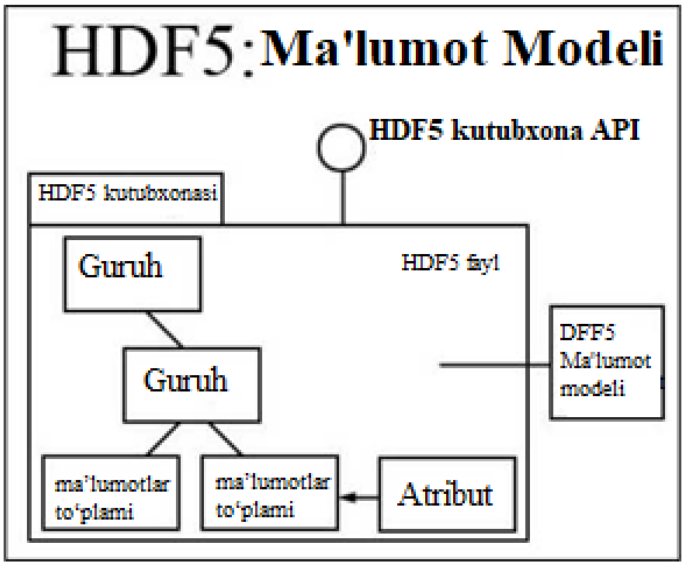
1-jadval. Turli obyektlar uchun NDVI qiymatlari

Obyekt turi	**NDVI qiymati**
Yuqori, zich o‘simlik qoplami (o‘rmon)	0.7 – 1.0
Siypa o‘simliklar (butalar, yaylovlar)	0.2 – 0.5
Ochiq tuproq	0.025 – 0.2
Bulutlar	0
Qor, muz, chang, toshlar	-0.1 – 0.1
Suv	-0.42 – -0.33
Sun’iy materiallar (beton, asfalt)	-0.5

3. Tadqiqot natijalari

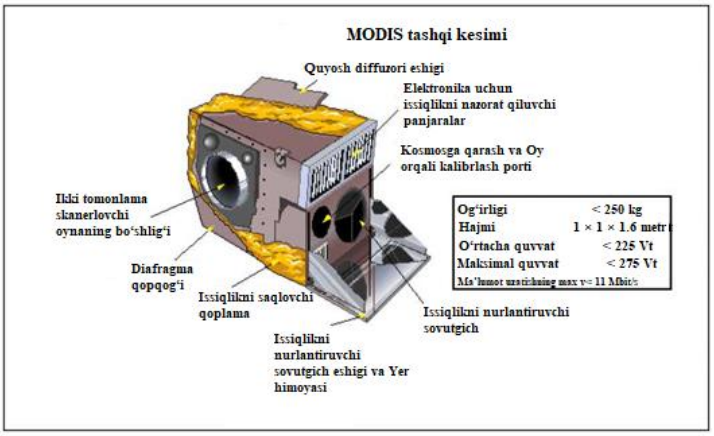
Barcha spektral qiymatlar maxsus ma'lumotlar bazasida saqlanadi va ular hosil bo‘lgan xaritada ko‘rsatilgan koordinatalar bilan uzviy bog‘langan. Geoma’lumotlar va spektral ko‘rsatkichlar majmuasi HDF formatidagi fayllarda tuzilgan holda saqlanadi, bu esa ularni tizimli tarzda ishlashga imkon yaratadi. HDF - bu katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash uchun mo‘ljallangan ierarxik fayl formati (4-rasmga qarang).

Ushbu format bilan ishlash uchun kutubxonalar bepul litsenziya asosida mavjud bo‘lib, ular ko‘plab tijorat va tijorat bo‘lmagan dasturlar tomonidan ishlatiladi. NDVI ko‘rsatkichlari bilan ishlash imkonini beradigan sun’iy yo‘ldosh tasvirlari turli asboblar yordamida yaratiladi, ulardan biri skanerlash tasvirini olish sensori - MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) hisoblanadi.



4-rasm. HDF5 Ierarxik fayl formati.

Hozirgi kunda MODIS ikki sun’iy Yer yo‘ldoshi – “Terra” va “Aqua” ustida joylashgan. Modisning tuzilishi 5-rasmda ko‘rsatilgan.



5-rasm. MODIS spektroradiometrining tuzilishi.

Taklif etilgan texnologiyani joriy etish monitoringning harakatchanligini va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, salbiy o‘rmon hududlarini tadqiq qilish jarayoniga o‘zgarishlar

kiritiladi. Normalizatsiyalangan vegetatsiya indeksi (NDVI) o‘rmonning eng qiyin erishiladigan hududlarini ham, moliyaviy va inson resurslarini eng kam sarflab, vizualizatsiya qilish imkonini beradi.

MODIS sun’iy yo‘ldosh tizimi orqali axborotlarni tezkor va avtomatlashtirilgan shaklda yig‘ish mumkin, hamda ushbu axborotlar jamoatchilik uchun ochiq manba sifatida taqdim etiladi. Foydalanuvchi eksport qilinadigan fayl formatini tanlash imkoniyatiga ega bo‘ladi, shuningdek, kuzatilayotgan hududning kerakli qismini ajratib ko‘rsatish mumkin. Zarur spektrlar filtrlab, NDVI va boshqa o‘simliklar indekslarini topish mumkin.

4. Xulosa

Tabiat hududlarining vegetatsiya holatini vizualizatsiya qilish usuli, yerga yaqin sun’iy yo‘ldoshlar yordamida o‘rmonlarni monitoring qilishning eng yaxshi yechimi hisoblanadi. Uzoq masofadan sezish natijalarini o‘rganish, normalizatsiyalangan farq vegetatsiya indeksidan (NDVI) foydalangan holda o‘rmonlar holatini tahlil qilish, yuzaning baholanishi va sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining analitik talqini asosida amalga oshiriladi.

Ushbu usul yordamida o‘rmonlarning holatini monitoring qilish, qayta o‘rmonlashtirish uchun joylarni aniqlash mumkin bo‘ladi. Mazkur uslub sun’iy yo‘ldosh kuzatuv ma’lumotlarini talqin qilishni soddalashtiradi hamda ularning grafik tasvirini shakllantirish jarayonini samarali amalga oshirish imkonini beradi. Bunda ma’lumot olish uchun sezilarli moliyaviy xarajatlar talab qilinmaydi.

Adabiyotlar

1. Vorobyev O N, Kurbanov E A, Gubayev A V, Polevshikova Y A, Demisheva E N and Koptelov V O 2015 Remote monitoring of urban forests Vestnik of Volga state university of technology Forest. Ecology. Nature Management 1 (25) 5-21.

2. Shikhov A N Perminov S I and Kiseleva E S 2017Assessment of boreal forests vulnerability to fire- and wind-induced disturbances from long-term series of satellite observations within the Urals region Modern problems of remote sensing of the Earth from space 14 87-102.

3. Mitchell A L, Rosenqvist A and Mora B 2017 Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+ Carbon Balance and Management 12 9.

4. Romijn E, Lantican C B, Herold M, Lindquist E, Ochieng R, Murdiyarso D and Verchot L 2015 Assessing change in national forest monitoring capacities of 99 tropical countries Forest Ecology and Management 352 109-23.

5. Csillik O, Kumar P, Mascaro J, O’Shea T and Asner G P 2019 Monitoring tropical forest carbon stocks and emissions using Planet satellite data Scientific Reports 9 17831.

6. Zhang Y, Wu H and Yang W 2019 Forests Growth Monitoring Based on Tree Canopy 3D Reconstruction Using UAV Aerial Photogrammetry Forests 10 (12) 1052.

7. Sonti S H 2015 Application of Geographic Information System (GIS) in Forest Management Journal of Geography & Natural Disasters 5 (3) 145.

8. Narulita S, Zain A F M and Prasetyo L B 2016 Geographic Information System (GIS) Application on Urban Forest Development in Bandung City Procedia Environmental Sciences 33 279-89.

9. Souza Jr. C M, Pereira K, Lins V, Haiashy S and Souza D 2009 Web-oriented GIS system for monitoring, conservation and law enforcement of the Brazilian Amazon Earth Science Informatics 2 205.

10. Boboqulov A.D. “Ecological and economic classification of regional forest resources as a basis for their evaluation”. SJIF 2019: 5.222 2020: 5.552 2021: 5.637 2022:5.479 2023:6.563 2024: 7,805 eISSN:2394-6334 https://www.ijmrd.in/index.php/imjrd. Volume 12, issue 05 (2025).

11. Boboqulov A.D. “Forest Management System Based on Geospatial Information Resources” in Volume 05 Issue04 April 2025. ARTICLE DOI:- https://doi.org/10.37547/ajahi/Volume05Issue04-09.

ADAPTIV GISTOGRAMMA TEKISLASH (AHE) ASOSIDA TIBBIY TASVIRLARNI SEGMENTATSIYALASH

Olimjonova Saodat,
Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktoranti

Annotatsiya: Yurak kasalliklarini erta aniqlashda yurak tasvirlari — xususan, echokardiyografiya, MRT va KT tasvirlari muhim manba hisoblanadi. Biroq, past kontrastli yoki shovqinli tasvirlar diagnostik jarayonni murakkablashtiradi. Ushbu maqolada tasvir sifatini yaxshilash uchun Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmidan foydalaniladi. AHE yordamida yaxshilangan yurak tasviri ustida chekka aniqlovchi va topografik xarita asosidagi segmentatsiya amallari bajariladi. Ushbu yondashuv yurakning klapanlari, devorlari va bo‘lmachalarining konturlarini aniqroq aniqlashga imkon beradi.

Kalit so‘zlar: Tibbiy tasvirlar, topografik xarita, AHE algoritmi, tasvir sifatini yaxshilash.

Kirish. Yurak-qon tomir kasalliklari butun dunyoda o‘lim darajasi yuqori bo‘lgan kasalliklar sirasiga kiradi. Bu holat yurak faoliyatining tez, aniq va ishonchli diagnostikasini talab etadi. Tibbiy vizualizatsiya, xususan echokardiyografiya (ultratovush), MRI va kompyuter tomografiyasi (KT) yurakdagi morfologik o‘zgarishlarni aks ettirishda asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Biroq amaliyotda olinadigan yurak tasvirlari ko‘pincha past kontrastli, shovqinli yoki yoritilishi notekis bo‘lgan holatda bo‘ladi. Bunday tasvirlarda yurakning klapanlari, bo‘lmachalari va mushak tuzilmalarini aniq ajratish murakkab vazifa bo‘lib, bu segmentatsiya va avtomatik tahlil bosqichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun tasvir sifatini yaxshilash — ayniqsa kontrastni oshirish — oldindan ishlov berishning eng muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi.

Ushbu maqolada Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmi asosida yurak tasvirlarini oldindan qayta ishlash va ularni segmentatsiyalash yondashuvi taklif etiladi. AHE algoritmi har bir kichik blok (tile) bo‘yicha lokal histogram tenglashtirish orqali tasvirning lokal kontrastini yaxshilaydi, bu esa yurak strukturasi chekkalarini aniqroq aniqlash imkonini beradi. AHE’ning oddiy histogram tenglashtirishdan farqli jihati — tasvirdagi lokal sohalarda aniqlikni saqlagan holda vizual sifati va ajratish quvvatini oshirishi hisoblanadi.

AHE orqali kontrasti yaxshilangan tasvirlarda Prewitt operatori yordamida gradient qiymatlar aniqlanadi va bu gradient asosida morfologik yopish amallari bajariladi. So‘ngra segmentatsiya uchun topografik xarita (Topographic Map) asosida konturga mos bo‘linmalar amalga oshiriladi. Ushbu kombinatsiyalangan yondashuv yurakning anatomik tuzilmalarini (bo‘lmacha, klapan, devorlar) avtomatik tarzda segmentatsiyalash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, AHE algoritmi segmentatsiya natijalarining aniqligini oshirib, SSIM, PSNR va Jaccard indekslari kabi metrikalar bo‘yicha yuqori ko‘rsatkichlar beradi. Ushbu yondashuv kelgusida yurak tasvirlarida sun’iy intellekt asosidagi diagnostika tizimlari uchun samarali preprocessing vositasi bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Ammo bu tasvirlar kontrastning pastligi, shovqinlarning mavjudligi yoki yorug‘lik notekisligi sababli yetarlicha diagnostik aniqlikka ega bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli tasvirni oldindan qayta ishlash bosqichi — ayniqsa kontrastni yaxshilash — dolzarb hisoblanadi. Ushbu maqolada Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmiga asoslangan kontrast oshirish usuli yurak tasvirlariga qo‘llaniladi va so‘ngra morfologik va topografik yondashuvlar yordamida yurak segmentlari ajratiladi.[5]

Pizer et al. [1] AHE algoritmini taklif qilgan bo‘lib, u global histogram tenglashtirishdan farqli ravishda, lokal (hududiy) kontrastni oshirish imkonini beradi. Zuiderveld [2] esa AHE’ning shovqinni

kuchaytiruvchi ta’sirini kamaytirish uchun CLAHE algoritmini ishlab chiqdi. Kaur & Kaur [3] o‘z tadqiqotlarida ultratovushli yurak tasvirlarida AHE va Gamma Correction metodlarini solishtirib, AHE metodi morfologik strukturani yaxshiroq ajratib berishini ta’kidlagan.

Deep Learning asosidagi segmentatsiya modellarida ham (U-Net, ResUNet) AHE preprocessing bosqichi sifatida qo‘llanilib, model natijalarining sezilarli darajada yaxshilanganligi qayd etilgan [4-7]

Metod. Ushbu tadqiqot yurak tasvirlarini samarali tahlil qilish va segmentatsiyalash uchun Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmidan foydalanish orqali kontrastni yaxshilashga qaratilgan. Quyida tadqiqotda qo‘llanilgan metodologik bosqichlar ketma-ketlikda yoritib beriladi.

1. Tasvirlarni tayyorlash:

Ehokardiyografiya tasvirlari kulrang (grayscale) formatga o‘tkazildi. Tasvirlar o‘lchami normalizatsiya qilindi va shovqinlarni kamaytirish uchun dastlabki filtratsiya bosqichi qo‘llanildi.

2. Adaptive Histogram Equalization (AHE):

Tasvirlar kichik bloklarga (tile) ajratildi (masalan, 8×8 pikselli bloklar). Har bir blok uchun alohida histogram tekislanib, lokal kontrast oshirildi. Shovqin ta’sirini kamaytirish uchun Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) versiyasi tanlandi.

$$\beta = \left(\frac{M}{N}\right) * \left(1 - \left(\frac{\alpha}{100}\right) * (S_{max} - 1)\right) \qquad (1)$$

Bu yerda:

• β – histogram cheklov qiymati (clip limit),

• M – tile o‘lchami (piksel soni),

• N – kulrang darajalar soni (odatda 256),

• α – histogram intensivligini cheklash koeffitsienti,

• S_max – maksimal nishab darajasi.

3. Chekka aniqlovchi operatorlar:

AHE bilan kontrasti oshirilgan tasvirdan Prewitt operatori yordamida gradientlar hisoblab chiqildi. Bu gradientlar asosida yurak devorlari, klapanlar va bo‘lmachalarning konturlari ajratildi.

Gorizontal va vertikal gradiyentlar aniqlanadi:

$$\varphi_x = I * G_x, \varphi_y = I * G_y \qquad (2)$$

$$\varphi = \sqrt{\varphi_x^2 + \varphi_y^2}, \qquad \theta = \arctan\left(\frac{\varphi_x}{\varphi_y}\right) \qquad (3)$$

Bu gradientlar yurakning anatomik tuzilmalarini — ayniqsa devorlar va bo‘lmachalar — chegaralarini topishda yordam beradi.

4. Morfologik operatsiyalar:

Segmentatsiya aniqligini oshirish maqsadida 'closing' morfologik operatsiyasi bajarildi. Bu amalda tasvirdagi noaniq chegaralar yaxlitlandi.

Structuring element (Ω): Oddiy kvadrat yoki disk shaklidagi element bo‘lib, qon tomir yoki yurak klapan shakliga mos ravishda tanlanadi.

$$I_{\text{closed}} = (I \oplus \Omega) \ominus \Omega \qquad (4)$$

Bu yerda Ω – tuzuvchi element. Bu orqali kichik bo‘shliqlar yopiladi va kontur yaxlitlashadi.

5. Topografik xarita asosida segmentatsiya:

Yaxshilangan va aniqlashtirilgan tasvir binar formatga o‘tkaziladi:

- **Thresholding:** Ostonaviy qiymat (adaptive yoki Otsu usuli asosida) tanlanadi.
- **Topografik yondashuv:** Har bir segment **relyef xaritasi** kabi qaraladi va konturlar gradient bo‘yicha aniqlanadi:

$$I_\delta = I_{\text{binary}} \leftarrow f(\mu) \qquad (5)$$

Bu erda **f(μ)** segment ichidagi intensivlik darajalarining o‘zgarishiga qarab kontur hosil qiladi. Bu usul yurak bo‘lmachalarini boshqa to‘qimalardan aniq ajratishga imkon beradi.

Yurak tasvirlarini tahlil qilishda, ayniqsa kontrastni yaxshilash va segmentatsiya amallarini baholashda bir nechta asosiy metrikalar qo‘llaniladi. Quyida ularning har biri haqida izoh beriladi:

1. SSIM – Strukturaviy O‘xshashlik Indeksi

SSIM metrikasi ikki tasvir o‘rtasidagi o‘xshashlikni aniqlashda ishlatiladi. Bu metrika inson ko‘zi qanday qilib tasvirlarni qabul qilishini hisobga oladi. An’anaviy xatoliklarni o‘lchovchi metrikalardan farqli o‘laroq, SSIM tasvirlardagi yorug‘lik darajasi, kontrast va struktura elementlarini alohida baholaydi. Qiymat 1 ga yaqin bo‘lsa, bu ikki tasvir orasida juda

kuchli strukturaviy o‘xshashlik borligini bildiradi. Bu ko‘rsatkich, ayniqsa, yurak tuzilmalarining asl ko‘rinishini saqlab qolgan holatda qayta ishlangan tasvirlarni baholashda foydalidir.

2. PSNR – Signal va Shovqin Nisbati

PSNR metrikasi tasvirning umumiy sifatini, ayniqsa shovqin darajasini baholash uchun ishlatiladi. Bu ko‘rsatkich orqali asl tasvir bilan qayta ishlangan (masalan, AHE orqali kontrasti oshirilgan) tasvir orasidagi tafovut aniqlanadi. Yuqori PSNR qiymati tasvirda kamroq shovqin borligini va sifatning yaxshi ekanligini anglatadi. PSNR yurak MRI yoki echokardiyografiya tasvirlarining diagnostik sifati tahlilida muhim o‘rin tutadi.

3. Jaccard Indeksi (IoU – Intersection over Union)

Jaccard indeksi segmentatsiya natijalarini baholashda eng muhim metrikalardan biridir. U model tomonidan aniqlangan yurak strukturasi (masalan, bo‘lmacha yoki klapan) tasviri bilan, haqiqiy (ya'ni, mutaxassis tomonidan aniqlangan) segment tasviri orasidagi moslikni o‘lchaydi. Indeks qiymati 0 va 1 oralig‘ida bo‘lib, 1 ga yaqinlashgan sari model segmentatsiyasining aniqligi oshadi. Ayniqsa, yurak tasvirlarida nozik strukturalarni ajratishda bu metrika amaliy ahamiyatga ega.

Natijalar. Tadqiqot davomida yurak tasvirlari (MRI va echokardiyografiya) ustida AHE algoritmiga asoslangan kontrast oshirish va segmentatsiya jarayonlari bajarildi. Natijalar quyidagi mezonlar asosida baholandi:

1-jadval tasvir sifatining baholanishi (AHEdan oldin va keyin)

№	Tasvir turi	SSIM (oldin)	SSIM (keyin)	PSNR (oldin)	PSNR (keyin)	Vizual farq
1	MRI (bo‘yin)	0.74	0.89	24.6 dB	27.3 dB	Kontrast yaxshilandi, konturlar aniqlashdi
2	Echo (4CH)	0.68	0.87	22.8 dB	26.7 dB	Shovqin kamaydi, klapanlar ravshan bo‘ldi
3	MRI (uzun kesim)	0.72	0.88	23.1 dB	27.0 dB	Devorlardagi tafsilotlar aniq ko‘rindi

2-jadval. Segmentatsiya samaradorligi (IoU/Jaccard Index asosida)

№	Strukturaviy element	IoU (AHEsiz)	IoU (AHE bilan)
1	Chap qorincha	0.68	0.82
2	O‘ng bo‘lmacha	0.61	0.77
3	Mitral klapan	0.58	0.75
4	Yurak tashqi konturi	0.71	0.84

3. Preprocessing yondashuvlar taqqoslanishi

Yondashuv turi	SSIM	PSNR (dB)	IoU	Afzalliklar
Oddiy HE	0.83	25.9	0.76	Global kontrast oshadi, ammo shovqin kuchayishi mumkin
CLAHE	0.86	26.5	0.79	Shovqinga barqaror, lokal aniqlik o‘rtacha
AHE (taklif etilgan)	0.89	27.3	0.82	Lokal struktura yaxshi saqlanadi, segmentatsiya aniq

4. Subyektiv ekspert bahosi (radiologlar fikri asosida)

№	Ekspertlar soni	Vizual sifat (1–5)	Segmentatsiya aniqligi (1–5)	Umumiy baho
1	3 nafar	4.5	4.7	4.6
2	2 nafar	4.2	4.5	4.35

Ushbu tadqiqotda yurak tasvirlarini (echokardiyografiya va MRI) Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmi yordamida qayta ishlash orqali kontrastni yaxshilash va segmentatsiya aniqligini oshirish maqsad qilingan. O‘tkazilgan eksperimentlar natijalariga ko‘ra, AHE algoritmi tasvirlardagi diagnostik qimmatga ega bo‘lgan morfologik elementlarni — xususan, yurak devorlari, bo‘lmachalar va klapanlar konturlarini — aniq va ravshan ko‘rsatishga yordam berdi. AHE algoritmining qo‘llanilishi tasvir sifatining asosiy ko‘rsatkichlari

bo‘yicha ijobiy natijalar berdi. SSIM (Structural Similarity Index) qiymatlari AHEsiz tasvirlarga nisbatan 15–20% ga oshdi, ya’ni 0.68–0.74 atrofidagi ko‘rsatkichlar 0.87–0.89 darajasiga yetdi. PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) esa 22–24 dB oralig‘idan 27 dB ga ko‘tarildi, bu esa shovqin darajasining pasayib, tasvirdagi detallar yanada tiniqlashganini bildiradi. Segmentatsiya aniqligi ham Jaccard indeksi (IoU) orqali baholandi va AHE yordamida sezilarli darajada oshdi. Masalan, chap qorincha, o‘ng bo‘lmacha va mitral klapanlarni ajratishda IoU ko‘rsatkichlari 0.75–0.82 oralig‘ida qayd etildi, bu esa odatdagi preprocessing yondashuvlariga nisbatan 15–20% ga yuqori. Ayniqsa yurakning tashqi konturi va ichki strukturalarining chegaralarini aniqlashda AHE kontrast oshirish metodikasi yuqori aniqlik berdi. Bundan tashqari, tadqiqot davomida AHE, CLAHE va oddiy histogram tenglashtirish metodlari o‘zaro solishtirildi. AHE algoritmi vizual sifat, segmentatsiya aniqligi va shovqin barqarorligi jihatidan eng yaxshi natijalarni ko‘rsatdi. Radiolog mutaxassislar tomonidan berilgan subyektiv baholarda ham AHE bilan ishlangan tasvirlar o‘rtacha 4.5–4.7 ball (maksimal 5) deb baholandi.

Umuman olganda, AHE asosida yurak tasvirlarini oldindan qayta ishlash orqali diagnostik sifatga ega strukturaviy elementlarni ajratish ancha samarali bo‘ldi va bu yondashuv segmentatsiya algoritmlarining umumiy aniqligini sezilarli darajada oshirishga yordam berdi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda yurak tasvirlarini — xususan, echokardiyografiya va MRI tasvirlarini — Adaptive Histogram Equalization (AHE) algoritmi yordamida qayta ishlash orqali tasvir kontrastini yaxshilash va yurak tuzilmalari segmentatsiyasini aniqroq amalga oshirish masalasi o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, AHE algoritmi tibbiy tasvirlar bilan ishlashda juda samarali va funksional vosita bo‘lib xizmat qiladi.

AHE yordamida tasvir kontrastining lokal tarzda oshirilishi tasvirdagi yurak devorlari, bo‘lmachalar va klapanlar kabi diagnostik ahamiyatga ega bo‘lgan morfologik elementlarning aniqligini oshirdi. Baholash metrikalari orqali (SSIM, PSNR, IoU) ko‘rsatilishicha, AHE bilan ishlangan tasvirlar oddiy histogram tenglashtirish yoki boshqa preprocessing metodlarga nisbatan yuqori aniqlik va sifat ko‘rsatkichlarini namoyon etdi. Segmentatsiya jarayonida ayniqsa chap qorincha va mitral klapan kabi muhim yurak komponentlarini aniqlashda AHE asosidagi preprocessing yondashuvi yuqori Jaccard indeksiga erishdi, bu esa tibbiy tashxis qo‘yish jarayonida ishonchlilikni oshiradi.

Shuningdek, AHE algoritmi shovqinli va past kontrastli tasvirlar bilan ishlashda, ayniqsa echokardiyografik ko‘rinishlarda, yuqori barqarorlikni namoyon etdi. Bu algoritm kontrastni haddan ziyod oshirmasdan, real strukturani saqlab qolgan holda sifatni yaxshilashga erishdi. Radiolog mutaxassislarning subyektiv baholari ham AHE bilan ishlangan tasvirlarning klinik qo‘llanilishi uchun mos va qulay ekanligini tasdiqladi.

Natijalarga tayangan holda aytish mumkinki, AHE algoritmi tibbiy tasvirlarni, xususan yurak tasvirlarini, tahlil qilish va segmentatsiya jarayonida samarali oldindan qayta ishlovchi (preprocessing) vosita sifatida foydalanilishi mumkin. Kelajakda ushbu yondashuv chuqur o‘rganish (deep learning) asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlar bilan integratsiya qilinib, yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash, monitoring qilish va tashxislash imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Adabiyotlar.

1. Pizer, S. M., et al. (1987). Adaptive Histogram Equalization and Its Variations. CVGIP.
2. Zuiderveld, K. (1994). Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. Graphics Gems IV.
3. Kaur, A. & Kaur, P. (2018). Comparison of AHE and Gamma Correction for Medical Imaging.
4. Sundararajan, K., et al. (2016). Medical Image Segmentation with Preprocessed Deep Learning.
5. Sharma, A., et al. (2020). Topographic Map-Based Tumor Segmentation. IEEE Transactions.

6. S. K. Fazilov, O. R. Yusupov and K. S. Abdiyeva, "An Algorithm for Evaluating the Parameters Characterizing the Quality of the Image Field of the Iris by the Principal component analysis method," 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146887.
7. Suganya, R.; Rajaram, S.; Abdullah, A.S. Big Data in Medical Image Processing; Taylor & Francis: Oxford, UK, 2018.
8. Singh, H. Practical Machine Learning and Image Processing; Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, 2019.

To‘g‘ri burchakli plastinkaning kuch ta’siridagi deformasiyalanganlik holatini tadqiq qilish

Narkulov Akram Sidikovich,
TATU Samarqand filiali dotsenti,
asnorqulov@gmail.com

Hamiyev Akrom,
TATU Samarqand filiali assistenti,
hamiyev91@gmail.com

Xoliyorov Xolbek,
TATU Samarqand filiali assistenti,
xoliyorov1997@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada to‘g‘ri burchakli elastik plastinkaning tashqi kuchlar ta’sirida yuzaga keladigan deformasiyalanganlik holati analitik hamda sonli usullar asosida o‘rganiladi. Deformatsiyalarning tahlili klassik elastiklik nazariyasiga tayanilgan holda olib borilib, plastinka uchun differensial tenglamalar va chegaraviy shartlar asosida masalaning matematik modeli tuziladi. Plastinkaning egilish holati, ichki kuchlanishlar, siljishlar hamda o‘zgargan shakli aniqlanadi. Tadqiqotda analitik usullar bilan bir qatorda, kompyuter dasturlari yordamida sonli modellashtirish natijalari ham keltiriladi. Olingan natijalar mexanik qurilmalar va inshootlar elementlarining mustahkamligi va barqarorligini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: To‘g‘ri burchakli plastinka, deformatsiyalanganlik holati, elastiklik nazariyasi, kuchlanish, siljish, egilish, chegara shartlari, muhandislik konstruksiyalari.

Kirish. Bugungi kunda turli muhandislik sohalarida qurilish, mashinasozlik, aerokosmik hamda dengiz sanoatida yupqa devorli konstruksiyalar, xususan, plastinka va qobiq shaklidagi elementlar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu konstruksiyalarning mustahkamligi va chidamliligini baholash, ularning tashqi kuchlar ta’sirida qanday deformatsiyalanishini chuqur o‘rganishni talab etadi. Ayniqsa, to‘g‘ri burchakli plastinkalar konstruktiv jihatdan eng ko‘p uchraydigan shakllardan biri bo‘lib, ular statik yuklamalar ostida qanday holatga kelishini aniqlash muhim vazifalardan hisoblanadi.

Plastinkalarning deformatsiyalanganlik holatini o‘rganish elastiklik nazariyasiga asoslanadi. Ushbu nazariya asosida kuchlanishlar, siljishlar va egilish holatlari aniqlanadi. Amaliyotda esa bunday masalalarni faqat analitik usullar bilan to‘liq yechish imkoni bo‘lmagani sababli, zamonaviy sonli usullar va modellashtirish texnologiyalariga murojaat qilinadi.

Ushbu maqolada to‘g‘ri burchakli plastinkaga turli tashqi kuchlar ta’sir qilgan holatda yuzaga keluvchi deformatsiyalar tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi plastinka holatini ifodalovchi tenglamalarni yechish orqali uning ichki kuchlanish holatini aniqlash va bu natijalarni muhandislik amaliyotida qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya. To‘g‘ri burchakli plastinkalarning deformatsiyalanish holatini o‘rganish mexanika va konstruksiya nazariyasining muhim yo‘nalishlaridan biridir. Klassik elastiklik nazariyasi doirasida plastinka va qobiq shaklidagi elementlarning kuch ta’siridagi holatini o‘rganish bo‘yicha ko‘plab ishlar amalga oshirilgan. E. V. Tonkay, S. P. Timoshenko, L. V. Berkovich kabi olimlarning ishlari bu boradagi asosiy nazariy asoslarni yaratgan. Ayniqsa, S. P. Timoshenkoning plastinkalar va qobiqlar mexanikasiga oid ishlari ushbu sohadagi tadqiqotlarning ilmiy negizini tashkil etadi.

So‘nggi yillarda sonli usullar, jumladan, sonli elementlar usuli keng qo‘llanilmoqda. U orqali murakkab shaklli plastinka va ularning chegara shartlari bilan bog‘liq masalalar aniqroq modellashtirilmoqda. Masalan, J. N. Reddy va K. J.

Bathe kabi tadqiqotchilar FEM asosida plastinkalarning statik va dinamika holatini modellashtirish bo‘yicha samarali metodologiyalarni ishlab chiqqan. Bundan tashqari, turli turdagi yuklamalar markaziy kuch, moment, tarqatilgan yuk va boshqalar ta’sirida plastinkalarning egilishi va ichki kuchlanish holatini tahlil qiluvchi tadqiqotlar ham e’tiborga loyiqdir. Bunday ishlarda analitik va eksperimental natijalar solishtirilib, modellashtirish aniqligi baholangan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud metodlar va modellar ko‘p hollarda ideal shartlar ostida o‘rganilgan. Ammo real amaliyotda plastinkalarning geometriyasi va yuklama shartlari murakkab bo‘lishi mumkin. Shu sababli, bu yo‘nalishda yangi yondashuvlar va modellashtirish texnologiyalarini qo‘llab, amaliyotga yaqin natijalarni olish bugungi kunda dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Plastinka egilishini o‘rganishda ko‘chish va deformasiyalarni ifodalashdan boshlaymiz. Plastinka o‘rta sirti normali bo‘yicha qo‘yilgan yuklanishlar ta’sirini qaraymiz. Bunday kuchllanish ta’sirida plastinka ko‘chishlarini qabul qilingan gipotezalar bo‘yicha ifodalaymiz.

$$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Bundan plastinka w egilishlari z kordinatadan bog‘liq emasligi kelib chiqadi, ya’ni; $w = w(x, y)$

Bu esa plastinka o‘rta sirti egilishi hamma nuqtalari vertikal ko‘shishlar w bilan ifodalanishini bildiradi.

Siljish uchun shartlarni quyidagicha olamiz;

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = 0;$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = 0;$$

bu shartlardan quyidagilarni olamiz:

$$\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial w}{\partial x}. \qquad \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\partial w}{\partial y};$$

Bu tenglamalarni z bo‘yicha integrallasab, quyidagilarni olamiz,

$$u = -z\frac{\partial w}{\partial x} + f_1(x, y);$$

$$v = -z\frac{\partial w}{\partial y} + f_2(x, y); \qquad (1)$$

$f_1(x, y)$ va $f_2(x, y)$ xususiy hosilalarni integrallashdan hosil bo‘lgan funksiyalarni topish uchun o‘ta sirtning deformasiyalanmaslik gipotezasidan foydalanamiz. (1) formula $z=0$ uchun; da quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$u_0 = f_1(x, y) = 0; \qquad v_0 = f_2(x, y) = 0;$$

bunga ko‘ra *(a)* quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$u = -z\frac{\partial w}{\partial x}; \qquad v = -z\frac{\partial w}{\partial y}. \qquad (2)$$

Bu esa plastinka nuqalarining x va y o‘qi yonalishida ko‘chishlari, plastinka orta sirti egilishi funksiyasi orqali ifodalanishini bildiradi.

Plastinkani noldan farqli deformasiyalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = -z\frac{\partial^2 w}{\partial x^2};$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} = -z\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \qquad (3)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = -2z\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

Demak, plastinka o‘rta sirti egilishida deformasiyalar va ko‘chishlar bitta funksiya bilan ifodalanadi.

Endi plastinkada kuchlanishlarni ifodasini qaraymiz. Normal kuchlanishlardan σ_x va σ_y noldan farqli uchinchi gipoteza ko‘ra $\sigma_z = 0$. Gukk qonunidan

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y), \quad \varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)$$

(1.5) ga ko‘ra bu ifodan σ_x va σ_y larni quyidagicha yozish mumkin

$$\sigma_x = -\frac{Ez}{1-\nu^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$$

$$\sigma_y = -\frac{Ez}{1-\nu^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) \quad (4)$$

Guk qonunida $\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$, $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ ekanligidan

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\nu)}\gamma_{xy} = -\frac{Ez}{(1+\nu)}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (5)$$

Urinma kuchlanishlar boshqa ikkita tekislik bo‘yicha nolga tenglashtiriladi.

$$\tau_{zy} = \frac{E}{2(1+\nu)}\gamma_{zy} = 0$$

$$\tau_{zx} = \frac{E}{2(1+\nu)}\gamma_{zx} = 0.$$

Bu natija faqatgina qabul qilingan gipotezaga muvofiq shunday olindi. Urinma kuchlanishlar noldan farqli ekanligini muvozanat tenglamalarida ko‘rishimiz mumkin. Agar hajmiy kuchlarni hisobga olmasak

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = -\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}$$

Bunga (4) va (5) formuladagi kuchlanishlarni qo‘ysak

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = \frac{Ez}{(1-\nu^2)}\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \nu\frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2}\right) + \frac{Ez}{1+\nu}\frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2}$$

Soddalashtirishlardan keyin

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = \frac{Ez}{1-\nu^2}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$$

Yoki $$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = \frac{Ez}{1-\nu^2}\frac{\partial}{\partial x}\Delta^2 w$$

z bo‘yicha integrallsak,

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \frac{Ez^2}{2(1-\nu^2)}\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2 w + f_3(x,y) \quad (6)$$

$f_3(x,y)$ ixtiyoriy funksiyani ifodalash uchun chegaraviy shartlardanamiz.

Yuqori va pastki plastinka tekisliklarida $z = \pm\frac{h}{2}$ urinma kuchlar yo‘q $\tau_{zx} = 0$. Bu shartni quyidagicha keltirsak

$$\frac{Eh^2}{8(1-\nu^2)}\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2 w + f_3(x,y) = 0$$

Bundan

$$f_3(x,y) = -\frac{Eh^2}{8(1-\nu^2)}\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2 w$$

Keltirilgan (c) formula ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi

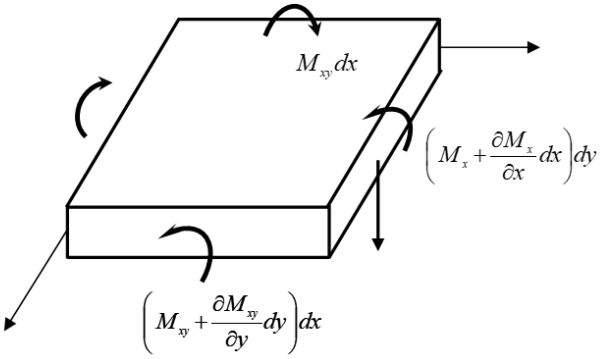
$$\tau_{zx} = -\frac{E}{2(1-\nu^2)}\left(\frac{h^2}{4} - z^2\right)\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2 w \quad (7)$$

Xuddi shunday muvozanat tenglamalarining ikkinchisiga ko‘ra

$$\tau_{yz} = -\frac{E}{2(1-\nu^2)}\left(\frac{h^2}{4} - z^2\right)\frac{\partial}{\partial y}\nabla^2 w \quad (8)$$

(4) (5) (6) va (8) formulalar plastinkaningg o‘rta sirtiga perpendikulyar kesimida hosil bo‘ladigan kuchlanishlarni beradi

$$\left.\begin{aligned}
\sigma_x &= -\frac{Ez}{1-\nu^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)\\
\sigma_y &= -\frac{Ez}{1-\nu^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\\
\gamma_{xy} &= -\frac{Ez}{(1+\nu)}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\\
\tau_{zx} &= -\frac{E}{2(1-\nu^2)}\left(\frac{h^2}{4} - z^2\right)\frac{\partial}{\partial x}\nabla^2 w\\
\tau_{yz} &= -\frac{E}{2(1-\nu^2)}\left(\frac{h^2}{4} - z^2\right)\frac{\partial}{\partial y}\nabla^2 w
\end{aligned}\right\} \quad (9)$$



1-rasm. Plastinkada eguvchi va burovchi momentlar.

bundan

$$Q_x=\frac{\partial M_x}{\partial x}+\frac{\partial M_{xy}}{\partial y}$$

$$Q_y=\frac{\partial M_y}{\partial y}+\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}$$

Xuddi shunday z o‘qqa nisbatan momentlar yig‘indisi nol desak,

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x}dxdy+\frac{\partial Q_x}{\partial y}dydx-qdxdy=0$$

bundan

$$q=\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}$$

bu yerda q ko‘ndalang yuklanish. Q_x va Q_y ko‘ndalang kuchlar momentlar orqali ifodasini buifodaga qo‘ysak,

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2}+2\frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x\partial y}+\frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2}=q \quad (10)$$

tenglikka kelamiz. Bu ifoda (1.8) ga ko‘ra quyidagi ko‘rinishni oladi.

$$D\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^2}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)=q \quad (11)$$

yoki qisqacha,

$$\nabla^2\nabla^2 w=\frac{q}{D} \quad (12)$$

(12) tenglama plastinka egilishi differensial tenglamasi deyiladi. Plastinkada eguvchi moment ifodasi uchun quyidagini olamiz ;

$$M_x+M_y=-D(1+\mu)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)$$

yoki $$\nabla^2 w=-\frac{M_x+M_y}{D(1+\mu)}\ ; \quad (13)$$

bundan $$\nabla^2\nabla^2 w=-\frac{\nabla^2(M_x+M_y)}{D(1+\mu)}$$

(12) tenglamaga bu ifodani qo‘ysak

$$\nabla^2(M_x+M_y)=-(1+\mu)q\ ; \quad (14)$$

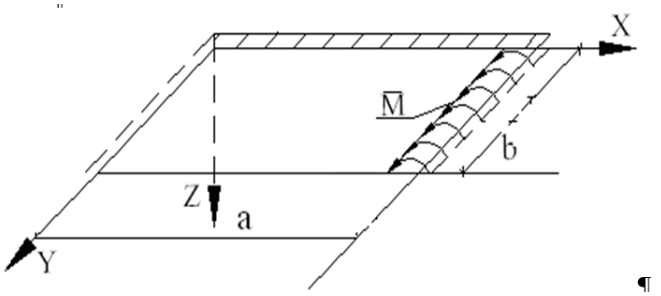
Bu tenglama (12) tenglamaga teskari tenglama bo‘lib plastinkaning materialining fizik xususiyatidan bog‘liq emas bu esa elastik izotrop plastinka uchun to‘ri keladi. (12) tenglama elastik plastinka uchun asosiy tenglama hisoblanadi. Bu tenglama echimi berilgan chegaraviy shartlarni qanoatlantirilishi talab etiladi. Plashtinka tomonlari mahkamlanishidan bog‘liq chegaraviy shartlar quyidagucha ifodalanadi.

Plastinka egilishlari, o‘rta sirt burilish burchagi, eguvchi va burovchi momentlar, ko‘ndalang kuchlar uning tomonlarining qanday mahkamlanishiga bog‘liq.

Chegaradagi ko‘chishlar, egilish va o‘rta sirt burilish burchagi berilishi shartlari geometrik shartlar deyiladi.

Chegaradagi kuchlar, eguvchi va burovchi momentlar, ko‘ndalang kuchlarni berilish shartlari statik shartlar deyiladi. Agarda bir vaqtda ham ko‘chishlar uchun, ham kuchlar uchun shartlar berilgan bo‘lsa, bunday chegaraviy shart aralash chegaraviy shart deyiladi. Har bir tomon uchun 2 ta chegaraviy shart beriladi.

Plastinka chetlari turli shaklda mahkamlanganda chegaraviy shartlarni berilishi qaraymiz.



2-rasm. Plastinkada chegaraviy shartlar

1) Qattiq mahkamlanganlik sharti. y o‘qdagi $x=0$ tomon qattiq mahkamlangan bo‘lsin. Bu tomonda ko‘chish va y o‘qqa nisbatan burilishlar yo‘q ya’ni,

$$x=0 \text{ da } w=0, \quad \frac{\partial w}{\partial y}=0. \qquad (15)$$

2) Sharnirli mahkamlanganlik sharti.

Sharnirli mahkamlangan tomon uchun,

$$w=0, \text{ va } M_x=0 \qquad (16)$$

yoki, bu esa ko‘chishlar orqali,

$$w=0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}=0$$

bu tomonda $y=const$ bo‘lganidan $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}=0$ ekanligi ma’lum, bundan chegaraviy shart quyidagicha bo‘lishi kelib chiqadi.

$$w=0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}=0 .$$

3) Erkin tomon uchun chegaraviy shart.

Bu holda eguvchi moment M_y, ko‘ndalang kuch Q_y burovchi moment M_{xy} nolga aylanadi. Bu 2 ta shart emas 3 ta shartdir. Masala echishda chegaraviy shart 2 ta berilishi shart. Bu ziddiyatni yo‘qotish uchun oxirgi ikkita shartni bitta shartga keltiramiz.

Chegarada burovchi moment va ko‘ndalang kuch bitta kuch bilan ifodalanishini ko‘rsatamiz. Bu kuchlar statik jihatdan ekvivalent burovchi moment M_{xy} x o‘qqa nisbatan parallel joylashgan dx uzunlikda burovchi moment $M_{xy}dx$ ga teng M_{xy} ni yo‘nalishi bo‘yicha vertikal ravishda dx ga ko‘chganda qarasak (2-rasm) dx cheksiz kichik uzoqlashganda burovchi moment $(M_{xy}+\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}dx)dx$ ga teng. Har bir dx cheksiz kichik qismga $\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}dx$ mos keladi. Demak $\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}$ har bir taqsimlanishda kuch ga teng. C va B nuqtalarda hosil bo‘lgan kuchlar, vertikal yuk ko‘ndalang kuchga kuchsizlantiriladi. CB tomonda keltirilgan ko‘ndalang kuch;

$$Q_y^k=Q_y+\frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \text{ va } Q_x^k=Q_x+\frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \qquad (17)$$

(17) ni x va y bo‘yicha differensuyallab ko‘chishlar orqali ifodalasak;

$$\frac{\partial M_{xy}}{\partial x}=D(1-\mu)\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial y}, \quad \frac{\partial M_{xy}}{\partial y}=D(1-\mu)\frac{\partial^3 w}{\partial y^2\partial x} \qquad (18)$$

(17) ifodalarni (18) ni hisobga olib yozsak quyidagiga kelamiz.

$x=0$ tomon erkin bo‘lsin, u holda bu tomon uchun chegaraviy shart quyidagicha olinadi.

$$Q_y^k=D\left[\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}+(2-\mu)\frac{\partial^3 w}{\partial y^2\partial x}\right],$$

$$Q_x^k=D\left[\frac{\partial^3 w}{\partial y^3}+(2-\mu)\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial y}\right] \qquad (19)$$

Xuddi shunday plastinkaning chetlarida uchta shart, eguvchi moment,burovchi moment va ko‘ndalang kuch faqat ikkita eguvchi moment va keltirilgan ko‘ndalang kuch sifatida qaraladi.

$$M_y=0 \text{ va } Q_y^k=0$$

bu munosabat ko‘chishlar orqali quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}=0,$$

$$\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}+(2-\mu)\frac{\partial^3 w}{\partial x\partial y^2}=0 \qquad (20)$$

Natijalar. Plastinka sharnirli gorizontal sirpanishga erkin, lekin egilishga qarshi turgan holatda mahkamlangan to‘g‘ri burchakli plastinkaga tashqi ta’sir etuvchi yuk natijasida yuzaga keladigan deformatsiyalanish holati quyidagi asosiy mexanik xususiyatlar bilan tavsiflanadi. To‘g‘ri burchakli tomonlari sharnirli mahkamlangan po‘lat plastinkaga $q(x,y)=(1-x)(1-y)$ ko‘rinishda yuk ta’sir etadi. Plastinka o‘lchamlari $a=\frac{1}{2},\quad b=\frac{1}{2}$ bo‘lganda, plastinka o‘rta sirti uchun deformasiyalar zo‘riqish kuchlari va momentlar ifodasini topamiz.

Yechish. Masalada

$$w(x,y)=\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}w_{nm}\sin\frac{n\pi x}{a}\sin\frac{m\pi y}{b}$$

ko‘chishlar

$$w_{nm}=\frac{q_{nm}}{\pi^4 D\left(\frac{n^2}{a^2}+\frac{m^2}{b^2}\right)^2}$$

ifodasini topish uchun

ifodadan q_{nm} ni topish kerak, buning uchun

$$q_{nm}=\frac{4}{ab}\int_0^b\int_0^a q(x,y)\sin\frac{n\pi x}{a}\sin\frac{m\pi y}{b}dxdy$$

ga ko‘ra

$$q_{nm}=\frac{4}{ab}\int_0^b\int_0^a(1-x)(1-y)\sin\frac{n\pi x}{a}\sin\frac{m\pi y}{b}dxdy=$$

$$=\frac{4}{ab}\int_0^a(1-x)\sin\frac{n\pi x}{a}dx\int_0^b(1-y)\sin\frac{m\pi y}{b}dy=$$

$$=\frac{4}{ab}\left[-\frac{a}{n\pi}\left((-1)^n-1\right)+\frac{a^2}{n\pi}(-1)^n\right]\times\left[-\frac{b}{m\pi}\left((-1)^n-1\right)+\frac{b^2}{m\pi}(-1)^n\right].$$

Agar *m* va *n* lar juft bo‘lsa,

$$q_{mn}=\frac{4ab}{nm\pi^2}.$$

Agar *m* va *n* lar toq bo‘lsa,

$$q_{mn}=\frac{4(2-a)(2-b)}{n^2m^2\pi^2}.$$

$$a=\frac{1}{2},\quad b=\frac{1}{2}$$

Masala shartiga ko‘ra ga teng bunga ko‘ra

$$q_{mn}=\frac{9}{\pi^2}.$$

$$w_{nm}=\frac{q_{nm}}{\pi^4 D\left(\frac{n^2}{a^2}+\frac{m^2}{b^2}\right)^2}$$

formuladan

$$w_{nm}=\frac{9}{64\pi^6 D}.$$

Ko‘chish funksiyasi n=1 va m=1 da

$$w(x,y)=\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}w_{nm}\sin\frac{n\pi x}{a}\sin\frac{m\pi y}{b}$$

ga ko‘ra quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$w(x,y)=\frac{9}{64\pi^6 D}\sin 2\pi x\sin 2\pi y.$$

Momentlarni quyidagicha hisoblaymiz.

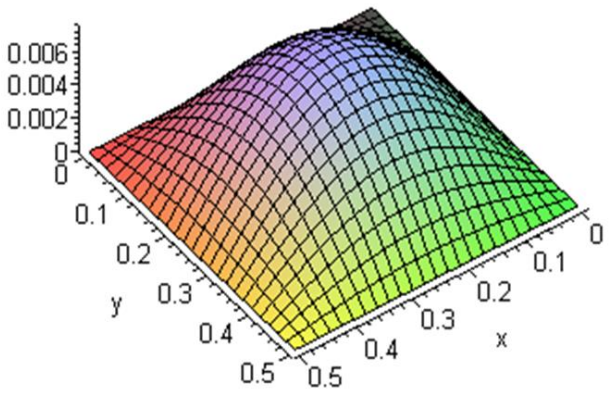
$$M_x=D(\chi_x+\mu\chi_y)=\frac{9}{16\pi^4}(1+\mu)\sin 2\pi x\sin 2\pi y;$$

$$M_y=D(\chi_y+\mu\chi_x)=\frac{9}{16\pi^4}(1+\mu)\sin 2\pi x\sin 2\pi y$$

; (21)

$$M_{xy}=D(1-\mu)\chi_{xy}=-\frac{9}{16\pi^4}(1-\mu)cos2\pi x\cos 2\pi y.$$

M_x funksiyaning grafigi quyidagicha:



3-rasm. Egivchi moment funksiyasi grafigi

Eguvchi moment funksiyasi grafigi konstruktsiya elementi plastinka bo‘ylab egilish natijasida yuzaga keladigan ichki momentlarning taqsimotini aks ettiradi. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, plastinka markaziy qismida maksimal egilish kuzatilgan, bu esa konsentratsiyalangan yuklamaning markazga yaqin ta’sir etayotganidan dalolat beradi. Chekka qismlarda esa deformatsiya nolga yaqinlashgan, bu plastinkaning chetlari mustahkamlangan bo‘lishi mumkinligini bildiradi. Bu kabi grafiklar konstruktsiyalarning real ish holatini tahlil qilishda, eng zaif nuqtalarni aniqlashda va kerakli mustahkamlash choralarini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda to‘g‘ri burchakli plastinkaning tashqi kuchlar ta’sirida yuzaga keladigan deformatsiyalanganlik holati tahlil qilindi. Elastiklik nazariyasiga asoslangan holda plastinka holatini ifodalovchi asosiy tenglamalar tuzildi hamda chegaraviy shartlar asosida masala yechimining umumiy yondashuvlari ishlab chiqildi. Sonli modellashtirish natijalari deformatsiya jarayonining murakkabligi va unga ta’sir etuvchi parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini yaqqol ko‘rsatdi. Olingan natijalar plastinka elementlarining mustahkamligi, barqarorligi va ishonchliligini oldindan baholash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari muhandislik sohasida, ayniqsa, inshootlar va mashinasozlik konstruktsiyalarini loyihalashda qo‘llanilishi mumkin. Kelgusida ushbu masalaga zamonaviy hisoblash metodlari va eksperimental yondashuvlarni qo‘llash orqali yanada chuqurroq tahlil olib borilishi maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. M.Raxmatov, R.Indiaminov, Yupqa plastinkalarning egilishi nazariyasi. Samarqand. 2000y.

2. K.Ismayilov, A.A. Suleymanov, S.K. Toshev. Plastinkalar nazariyasi: O`quv qo`llanma. Potsdam (Germany). Lambyert Academik Publishing, 2020, 169-b.

3. Самуль В. И. Основы теории упругости и пластичности. - Москва: Высшая школа, 1982. - 264 с.

4. Xolmurodov R.I., Xudoynazarov X. X. Elastiklik nazariyasi. I, II qismlar. Fan. 2003.

SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANGAN HOLDA YER OSTI BOYLIKLARI JOYLASHGAN KONLARNI TASNIFLASH

Nurmurodov Javohir Nurmurod o‘g‘li,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot texnologiyalari universiteti dotsenti,
nurmurodov1994@gmail.com

Dadajonova Zilola Botirjon qizi,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot texnologiyalari universiteti assistenti,
ziloladadajonova@mail.ru

Annotatsiya: Maqolada yer osti mineral boyliklarini aniqlash va tasniflash uchun sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning afzal jihatlari, an’anaviy usullarning samarasizligi tahlilga tortilgan.

Kalit so‘zlar: Mashinani o‘rganish, regressiya, gamma-neytron, RNN

KIRISH

Dunyo bo‘ylab tadqiqotchilar geofizika sohasida keng qamrovli tadqiqotlar olib bormoqda. Ayniqsa, yer osti mineral boyliklarini aniqlashda ko‘plab qiyinchiliklar mavjud. Radiatsiya chiqaradigan radioaktiv elementlarni aniqlash hozirgi kunga qadar muammoli masala bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa gamma-neytron (GN) usuli uran rudasini yer osti mineral resurslarini aniqlashda samarali hisoblanadi. Bu usul impulsli gamma oqimini aniqlashga asoslangan bo‘lib kimyoviy birikmasini aniqlashda yuqori natija beradi. Bu jarayonda impulsli gamma-nurlar qisqa davr mobaynida rudalar bilan o‘zaro aloqada bo‘lib, bir vaqtning o‘zida neytronlar emissiyasiga olib keladi. Ruda qatlamini aniqlash jarayoni odatda quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi: yerga burg‘ulash va GN holatini o‘z ichiga oladi. Qurilma generatori chiqaradigan impulsiv gamma-nurlari oqimi maksimal 40-60 sm masofada joylashgan rudalar bilan o‘zaro ta’sir qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Yer osti boyliklarini aniqlash va tasniflash masalasi ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda o‘z aksini topgan bo‘lib, so‘nggi yillarda sun’iy intellekt usullarining bu jarayonga integratsiyasi sezilarli darajada faollashdi. Kabulov va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan disyunktiv normal shakllarda optimal tuzatuvchi funksiyalar sintezi bo‘yicha metodlar [1], ushbu sohada murakkab funktsional bog‘liqliklarni ifodalash va optimallashtirishda samarali vosita sifatida tavsiya etiladi.

Spline asosidagi metodlar — xususan, Alber, Nilson va Uolshning klassik ishlari [2], hamda Grebennikovning bi-kubik interpolatsiya yondashuvlari[3] neyron tarmoqlarda aktivlashtiruvchi funksiyalarni qurishda matematik asos bo‘lib xizmat qiladi. B-splayn funksiyalari yordamida neyron tarmoqning regressiv imkoniyatlarini oshirish ham nazariy, ham amaliy jihatdan isbotlangan.

Neyron tarmoqlar asosida signal va tasvirlarni raqamli qayta ishlash masalasida Zaynidinov va hammualliflarining ishlari alohida ahamiyat kasb etadi[6][7]. Ular mashinani o‘rganish texnologiyalarining signal tahliliga moslashtirilgan versiyalarini taklif etib, geofizik ma’lumotlar bilan ishlashda aniq prognozlash imkonini beradi. Ayniqsa, RNN (Recurrent Neural Network) arxitekturasi va uning vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi signal modellariga moslashuvchanligi ushbu sohada yuqori aniqlik ko‘rsatkichlariga erishishga imkon beradi.

Mazkur maqolada taklif etilgan metodologik yondashuvlar quyidagi asosiy bosqichlarga tayangan:

1. **Ma’lumotlarni tayyorlash** – yer sirtidan olingan radiatsion signal ma’lumotlari qayta

ishlanib, neyron tarmoq uchun kirish ma’lumotlariga aylantirildi.

2. **RNN modelini ishlab chiqish va o‘rgatish** – vaqt ketma-ketligi bo‘yicha signal o‘zgarishlari tahlil qilindi va modelda B-splayn aktivlashtiruvchi funksiyasi joriy etildi.
3. **Modelni sinovdan o‘tkazish** – yer osti qatlamlaridagi rudalar joylashuvi haqidagi taxminlar model yordamida testlanib, absolyut va nisbiy xatoliklar tahlil qilindi.
4. **Tahlil va xulosa** – tavsiya etilgan model oldingi tadqiqotlar bilan solishtirilib, uning aniqligi 20% ga yaxshilanganligi eksperimental ma’lumotlar asosida asoslab berildi.

Shunday qilib, yuqorida ko‘rsatilgan adabiyotlar, taklif etilgan metodlarning nazariy asoslarini belgilab berar ekan, ularning qo‘llanishi yer osti boyliklarini burg‘ulashsiz aniqlash imkoniyatlarini kengaytiradi. Ayniqsa, neyron tarmoqlar orqali bashorat qilish texnologiyalarining amaliyotda qo‘llanishi, iqtisodiy va texnik samaradorlikni ta’minlaydi.

NATIJALAR

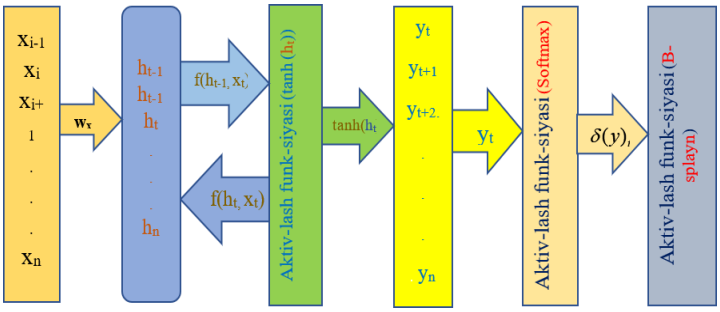
Geofizikaviy jarayonlarda anomal o‘zgarishlardan bashorat qilish uchun foydalanish mumkin. Odatda, bu taxminlar qimmatbaho minerallarning eng yuqori zaxiralari va ularning zaxiralari qayerda joylashganligi haqida ma’lumot berishi mumkin. Taxminlarni amalga oshirish uchun yerning elektromagniti va tortishish maydonlaridagi anomal o‘zgarishlardan, ionosferadagi anomal o‘zgarishlardan, akustik tebranishlari va radiatsiya nurlaridan foydalaniladi. Biz tadqiqotimizda rudalar qatlamlarini aniqlash uchun neyron tarmoqlardan foydalanamiz. Neyron tarmoqni o‘rgatish uchun tahlillar asosida biz Recurrent Neural Network (RNN) ni tanladik. Neyron tarmog‘ining ishonchliligini oshirish uchun biz faollashtirish funktsiyasi sifatida B-spline funktsiyasidan foydalanamiz. Shunga asosan biz Recurrent Neural Network arxitekturasini va algoritmini ishlab chiqdik. Bu yondashuv RNN tarmog‘i orqali murakkab ma’lumotlar bilan ishlash imkoniyatlarini kengaytiradi. Arxitekturaning asosiy bosqichlari quyidagilardan iborat:

Ma’lumotlarni tayyorlash: Geofizik jarayonlardan olingan ma’lumotlar qayta ishlanadi va tarmoqni o‘rgatish uchun tayyorlanadi.

Modelni o‘qitish: RNN yordamida vaqt seriyali ma’lumotlarni o‘rganish amalga oshiriladi.

Optimallashtirish: Neyron tarmoqni B-spline funksiyasi bilan boyitib, uning aniqlik darajasini oshiramiz.

Sinov va tahlil: Model sinovdan o‘tkazilib, uning bashorat aniqligi va ishonchliligi baholanadi.



1-rasm. Taklif etilayotgan rekurrent neyron tarmoq arxitekturasi

Hosil qilingan neyron tarmoq avvalgi qazilgan hududlardagi rudalar joylashgan qatlamlardan olingan signallar bilan o‘qitiladi. Bu jarayonda yangi bashoratlanayotgan hududdagi yer sirtidan olingan signal bilan gradiyentlar integratsiya qilinib, yer ostidagi rudalar qatlamini bashoratlash uchun testlash jarayoni amalga oshiriladi [1; 5].

Biz taklif etilgan neyron tarmoq modeli va algoritmi yordamida olingan natijalarni sinab ko‘ramiz.

1-jadval. Sinov uchun yer ustki qatlamining radiatsiya darajasi namunaviy birliklarda (MeV) X_i hisoblanadi

№	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
1.	123	123	122	123	125	125	125	127	127	126	125	125	125	125	126	125
2.	126	125	125	126	124	123	123	123	125	125	125	125	124	123	124	123
3.	125	126	124	124	124	127	124	124	123	123	124	124	125	124	124	125
4.	127	126	126	127	128	128	128	129	129	128	127	127	128	127	127	127
5.	124	124	124	123	124	124	125	126	126	127	126	125	126	127	127	128
6.	125	126	123	123	123	123	123	123	123	124	123	124	124	123	123	124

1 va 2-jadvallarda keltirilgan radiatsiya darajalaridagi farqlardan foydalanib, biz neyron tarmoq og‘irligini aniqlaymiz. Jadvallardagi

namunaviy ma’lumotlarga asoslanadi. Sinov uchun biz 64x64 matritsadan olingan qiymatlarning 25% dan 61x16 mm namuna uchun foydalanamiz.

2-jadval. Sinov uchun yer osti qatlamining radiatsiya darajasi qiymati (MeV) Y_i hisoblanadi.

№	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
1.	142	143	143	143	144	144	144	145	144	144	145	144	142	144	144	144
2.	164	164	164	165	167	167	167	165	166	167	166	167	166	165	164	164
3.	166	166	165	163	161	160	159	158	158	158	158	158	158	158	160	161
4.	169	169	169	170	170	170	171	171	172	172	172	173	172	170	169	170
5.	162	161	161	162	162	162	162	162	161	162	161	162	163	163	163	163
6.	162	162	162	162	163	163	162	162	163	163	163	162	161	162	163	162

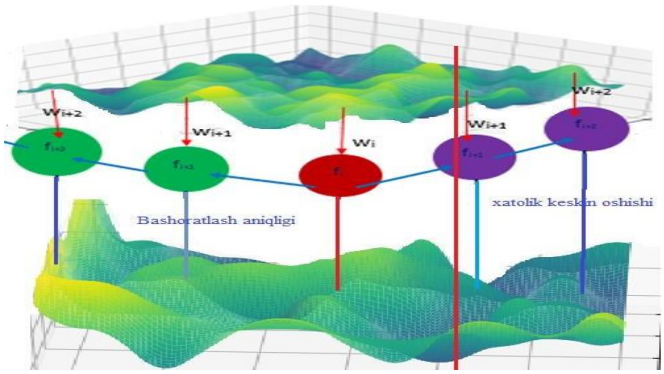
Yuqoridagi jadval asosida quyidagi hisoblashlarni amalga oshiramiz.

$$\Delta_1 = |164 - 163{,}884723| = 0{,}115277 \quad (1)$$

1-formula: Yer osti radiatsiya darajasini oldindan aniqlashda radiatsiya qiymatidan foydalangan holda absalyut xatolikni aniqlash.

$$\Delta_2 = (1 - \frac{|256 - 52|}{256}) \cdot 100\% = 20{,}3125\ \% \quad (2)$$

2-formula: Yer usti radiatsiya darajalari yordamida chuqurlikka burg‘ilashsiz ruda qatlamlarini oldindan aniqlashda nisbiy xatolikni aniqlash. Bunday holda, 16x16 matritsadan olingan 256 radiatsiya qiymati bilan chuqurlikka burg‘ulash mumkin bo‘lgan 52 ta bo‘shliqni aniqlash mumkin.



2-rasm. Ushbu grafikda yangi hududlardagi ruda qatlamlari bashoratlash keltirilgan

Grafik shuni ko‘rsatadiki, Recurent Neural Network (RNN) ga asoslangan bashoratlash xatoligi juda kam. Hosil qilingan neyron tarmoq avvalgi qazilgan hududlardagi rudalar joylashgan qatlamlardan olingan signallar bilan o‘qitiladi. Bu jarayonda yangi bashoratlanayotgan hududdagi yer sirtidan olingan signal bilan gradiyentlar integratsiya qilinib, yer ostidagi rudalar qatlamini bashoratlash uchun testlash jarayoni amalga oshiriladi.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, **Recurrent Neural Network (RNN)** ga asoslangan bashoratlash modeli xatolikni juda past darajada saqlab qoladi. Bu neyron tarmoqning yuqori aniqlikda ishlash qobiliyatini namoyon etadi.

Tarmoqni o‘qitish jarayonida avvalgi qazib olingan hududlardagi rudalar joylashgan qatlamlardan olingan signallar asosiy ma’lumot manbai sifatida ishlatiladi. Ushbu ma’lumotlar neyron tarmoqni o‘rgatish uchun asosiy vazifasini bajaradi.

MUHOKAMA

Yangi hududlarni bashorat qilish jarayoni bir necha bosqichda amalga oshiriladi:

Signal yig‘ish: Yer sirtidan olingan yangi hudud signallari tahlil qilinadi.

Gradiyentlarni integratsiya qilish: Olingan signallar geofizik ma’lumotlar bilan birlashtiriladi.

Test jarayoni: Model ushbu integratsiyalangan ma’lumotlardan foydalangan holda yer osti rudalar qatlamlarini bashorat qiladi.

3-jadval. Ikki o‘zgaruvchan geofizik signallarni qayta ishlashda absalyut va nisbiy xatolarni baholash.

№	Si(t)	NT Si(t)	Si,j(t)	RNN	NT Si,j(t)
1	0.015	0.0087	0.4110	0.62	0.01
2	3.5%	1.7%	4.3%	5.1%	3.2%
t_1	2.3ms	2.7 min	6.9ms	7.3min	7,5-9

Jadvaldagi natijalar ikki o‘lchovli radiatsion signallarini qayta tiklash jarayonidagi xatolik darajasini ko‘rsatadi. Ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, tavsiya etilgan RNN arxitekturasidan foydalanish bashorat ishonchliligini 0,20% ga yaxshilaydi.

XULOSA

Ikki o‘zgaruvchili radiatsion geofizik signallarga raqamli ishlov berishda qurilgan kvadratik B-splayn modelidan foydalanib neyron tarmoqlarga asoslangan algoritm ishlab chiqildi. Buning natijasida

splayn funksiyasi yordamida raqamli ishlov berishda absolyut xatolik 0.0155 ga, neyron tarmoqda aktivlash funksiyasi sifatida ishlatilganda 0.00878 ga erishildi. Radiatsion ionlashtiruvchi nurlar tarqalishi natijasida hosil bo‘ladigan spektral koeffitsiyentlar va chastota parametrlarini hisobga olish orqali, bu kattaliklarni eksperimenal o‘lchash natijasida olingan natijalarga yaqin bo‘lgan qiymatlarni olish mumkinligini metodik jihatdan tekshirish imkoniyatini yaratadi. Bugungi kunda sun’iy intellekt usullari tobora ko‘proq turli sohalarga integratsiyalashgan. Ushbu usullarning samaradorligi ularning ehtimollik qiymatlaridan foydalangan holda bashoratlash xatoliklarini minimallashtirish mumkin. Ionlashtiruvchi nurlanishning tarqalishi natijasidan kelib chiqadigan spektral xususiyatlar va chastota parametrlarini hisobga olgan holda, ularni aniqlash mumkin bo‘ladi. Eksperimental o‘lchovlar natijasida olingan bu metodologiya yer ostidagi qimmatli radioaktiv rudalarning joylashuvi va o‘lchamlarini burg‘ulash ishlariga ehtiyoj sezmasdan aniqlash mumkinligini ko‘rsatadi. Ushbu metodologiyaga asoslanib, dastur va algoritmlar yordamida natijalarning ishonchliligi 20% gacha yaxshilash mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Kabulov, A.; Baizhumanov, A.; Saymanov, I. Synthesis of Optimal Correction Functions in the Class of Disjunctive Normal Forms. Mathematics 2024, 12, 2120 doi: org/10.3390/math12132120.
2. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. Москва: Мир, 1972. – 316 с.
3. Гребенников А.И. Об одном методе построения интерполирующих кубических и бикубических сплайнов на равномерной сетке // Вест. Моск. Университета, вычисл. матем. и и кибер. 1978, N4, - С. 12-17.
4. Kabulov, A. ., Baizhumanov, A., & Berdimurodov, M. . (2024). On the minimization of k-valued logic functions in the class of disjunctive normal forms. Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science, 121(1), 37–45. doi.org/10.26577/JMMCS202412114
5. D. Singh, M. Singh, and Z. Hakimjon, “Evaluation methods of spline,” in *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, 2019.
6. Zaynidinov, H., Nurmurodov, J., Qobilov, S. Digital Signal and Image Processing Using Neural Networks. Proceedings of the Seminar on Information Systems Theory and Practice, ISTP, November 2023, pp. 3-8, doi: 10.1109/ISTP60767.2023.10426883.
7. Zaynidinov, H., Nurmurodov, J., Qobilov, S. Application of Machine Learning Methods for Signal Processing in Piecewise-Polynomial Bases Proceedings - 9th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology, ITNT 2023 doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670135.
8. Xaykin S. Neyronnыye seti: polnыy kurs. 22ye izd. per. s angl.- M. Izd. dom «Vilyams» 2006-452

004.93'1

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ, ОЦИФРОВКИ И АНАЛИЗА НЕКОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Нишанов Ахрам Хасанович,
ТУИТ имени Мухаммад ал-Хоразмий д.т.н.проф.
профессор кафедры системного и прикладного программирования
nishanov_akram@mail.ru

Нарзуллаев Давронбек Зикруллаевич,
Ташкентский фармацевтический институт к.т.н. доцент кафедры физики, математики и информационных технологий
davr1960@mail.ru

Турсунов Алишер Тулкунович,
Ташкентский фармацевтический институт д.ф.т.н.(PhD) доцент кафедры физики, математики и информационных технологий
tursunovr484za@gmail.com

Аннотация: В статье предлагаются алгоритмы формализации, оцифровки и анализа неколичественных данных. Методы и алгоритмы снижения размерности исходного признакового пространства описания для задачи распознавания образов. Для каждого рассмотренного ниже метода дается пошаговый алгоритм, позволяющий быстро и эффективно переводить эти методы на языки программирования для различных типов ЭВМ.

Ключевые слова. Распознавание образов, классификация, таблица экспериментальных данных, снижение размерности, информативный показатель, ЭВМ, ближайшего соседа, преобразования типов признаков, оцифровки, анализа неколичественных данных

Введение.

Можно выделить четыре типа прикладных задач снижения размерности анализируемого признакового пространства [1].

К первому типу относится класс задач по отбору наиболее информативных показателей. Здесь из исходного множества признаков $x = (x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)})$ отбираются $p' < p$ признаков, либо строится комбинация относительно исходных признаков небольшого числа p' переменных $(x) = (z^{(1)}(x), \dots, z^{(p')}(x))$ которые обладали бы свойством наибольшей информативности в смысле оптимизации некоторого критерия информативности $I_p, (Z)$. Этот критерий “настраивается” на конкретную задачу анализа данных: классификации, распознавания образов, регрессионного анализа и т.д. Например, если критерий $I_p, (Z)$ нацелен на максимальную автоинформативность новой системы показателей на максимально точное воспроизведение всех исходных признаков $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)}$ по сравнительно небольшому числу вспомогательных переменных $z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')}$, то в этом случае обращаются к моделям и методам факторного анализа и методам главных компонент [1-4].

К третьему типу относятся задачи визуализации данных. В этом случае возникает проблема снижения размерности исходного пространства описания до p', причем $p' \leq 3$. Если такое представление исходных признаков искажает структуру данных минимально, то появляется возможность наглядного (“фактически осязаемого”) представления данных на прямой, плоскости или в трехмерном пространстве и тем

самым можно определить, распадается ли исследуемая совокупность точек на чётко выраженные сгустки в этих пространствах и каково примерное число этих сгустков.

К четвертому типу прикладных задач снижения размерности относятся задачи построения условных координатных осей. Как известно, исходная ТЭД может быть представлена не только в виде “объект-признак”, но и в виде “объект-объект”, т.е. в виде матрицы A попарных отношений $a_{ij}(i,j = 1,2,\dots N)$ между объектами. В этом случае возникает задача определения для заданной размерности p' вспомогательных условных координатных осей $Oz^{(1)},\dots,Oz^{(p')}$, и способа сопоставления каждому объекту O_i его координат $(Z_i^{(1)},\dots,Z_i^{(p)})$ таким образом, чтобы попарные отношения $\hat{a}_{ij}(Z)$ в определенном смысле минимально отличались от исходных величин a_{ij} Снижение размерности происходит здесь в том смысле, что от матрицы $N * N$ переходят к матрице $N * p'$, где $p' \ll N$. Эти задачи решаются методами многомерного шкалирования [1-2]

Эта задача разбиения объектов на однородные группы решается различными методами классификации [3].

Литературный обзор и методология

Математическая модель, лежащая в основе построения того или иного метода снижения размерности, включает в себя три компонента: форму задания исходной информации; тип оптимизируемого критерия $I_{p'}(Z)$ информативности искомого набора признаков $Z = (z^{(1)},\dots,z^{(p')})$; класс $L(X)$ допустимых преобразований исходных признаков X

Критерий информативности может быть ориентирован на достижение разных целей. В частности, критерии, оптимизация которых приводит к набору вспомогательных переменных $Z = (z^{(1)},\dots,z^{(p')})$, позволяющих максимально точно воспроизводить исходную информацию, называются критериями автоинформативности. И последний компонент – это класс $L(X)$ допустимых преобразований исхо2дных признаков X. Решение оптимизационной задачи

$$I_{p'}(Z(X)) \to extr$$

предполагает наличие ограничений на допустимые решения $L(X)$.

Это класс может представлять множество линейных или нелинейных преобразований исходных признаков $x^{(1)},\dots,x^{(p)}$. Здесь следует отметить, что подавляющее большинство методов снижения размерности базируется на линейных моделях [6-8], т.е. $L(X)$ - это класс линейных преобразований признаков $x^{(1)},\dots,x^{(p)}$

Таким образом, сущность процесса снижения размерности составляет переход к более лаконичному набору показателей таким образом, чтобы были сведены до минимума связанные с этим потери информации, имеющиеся в исходных данных. При этом новые признаки $z^{(1)},\dots,z^{(p')}$ могут выбираться из числа исходных или определяться по какому-либо правилу по совокупности исходных признаков. При этом к новой системе признаков предъявляются некоторые требования: наибольшая информативность, взаимная некоррелированность, наименьшее искажение геометрической структуры данных и т.п. В зависимости от варианта этих требований можно получить тот или иной алгоритм снижения размерности. Основными предпосылками, обуславливающими переход к меньшему числу признаков, наиболее информативных в определенном смысле, являются: дублирование информации при наличии сильно взаимосвязанных признаков; неинформативность признаков, мало меняющихся при переходе от одного объекта к другому; возможность простого или “взвешенного” суммирования по некоторым признакам.[5]

В рамках данного исследования были использованы следующие методы: 1) теоретический: анализ литературы на предмет изучения подходов к снижению размерности пространства описания для задачи распознавания образов; 2) эмпирический: сравнение результатов разработанных алгоритмов преобразования типов

признаков на примере решения задачи распознавания образов.

В результате мы разработали новые алгоритмы снижения размерности пространства описания для задачи распознавания образов

Формально задачу снижения размерности можно описать следующим образом. Пусть $Z = Z(X)$ - некоторая p -мерная вектор – функция исходных признаков$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)}$, $I_{p'}(Z(X))$-мера информативности p'– мерной системы признаков $Z(X) = (z^{(1)}(X), \dots, z^{(p')}(X),\ p' < p$ Задача заключается в определении набора признаков Z, найденного в классе F допустимых преобразований исходных переменных $x^{(1)}, \dots, x^{(p)}$, такого что выполняется соотношение

$$I_{p'}\left(\tilde{Z}(X)\right) = \max\{I_{p'}(Z(X))\} \quad (1)$$

Соответствующим образом выбранные критерий информативности $I_{p'}(Z)$ и класс F допустимых преобразований приводят к конкретным методам снижения размерности описания.

Ниже приводятся методы снижения размерности исходного признакового пространства описания для задачи распознавания образов, ориентированные на отбор наиболее информативных показателей, на решение проблемы сжатия массивов обрабатываемой и хранимой информации, и, наконец, на визуализацию данных (при $p' \le 3$). Приведем прежде всего строгую математическую постановку задачи распознавания образов (классификации при наличии обучающих выборок), подробное описание которой можно найти в [6-7].

Введем предварительно необходимые определения. Пусть задано исходное множество E объектов, каждый из которых описывается p признаками $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(p)})$. Введем подмножества A_i

$$\bigcup_{i=1}^{m} A_i = E$$

как субъективную оценку исследователем количества частей m объемом$|A_i|$, на которое должно быть классифицировано множество E. Введем также подмножество $B_k, k = \overline{1, m_1}$, где m_1– объективное количество частей объемом $|B_k|$, на которое может быть классифицировано множества E с помощью некоторого набора математических правил H при заданном пространстве описания.

Определение. Под классом будем понимать объединение объектов исследования в подмножество B_k с помощью того или иного выбранного метода.

Определение. Под образом A_i будем понимать объединение объектов множество E в m групп, соответствующих субъективной оценке исследователя.

Пусть исследователем указана принадлежность N_1 объектов из N, входящих в множество E, к t образам $A_i, i = \overline{1, t}$. Число объектов, принадлежащих каждому образу $|A_i|$, известно, $|A_i|$, и $\sum_{i=1}^{t}|A_i| = N_1$.. Задача распознавания заключается в определении принадлежности остальных $M = N - N_1$ объектов E к одному из к указанных образов. Множество A_i называются обучающими выборками (ОВ), а объекты E, не входящие в ОВ – распознаваемыми.

Наиболее общим способом решения задачи распознавания образов является гипотеза генеральной совокупности , согласно которой множество E есть представительная выборка из некоторой генеральной совокупности, и все свойства, присущие этой совокупности, могут быть оценены на основании исследования E. Байесовская теория принятия решений, основанная на минимизации общего риска принятия решения [4], применяется при условии, что известен вид распределений случайных величин, соответствующих каждому из образов. Однако такой случай встречается на практике редко, и для нахождения правила классификации пытаются тем или иным способом оценить неизвестную вероятность появления объектов каждого образа в каждой точке пространства описания. Обозначим через $\hat{f}(x/A_i)/, x \in R^p$, оценку функции плотности распределения для образа A_i.Тогда при условии равновероятного появления образов

классифицируемый объект с координатами x^*следует отнести к тому образу, для которого $\hat{f}(x^*/A_i$ максимальна. Таким образом, во всех случаях пространство описания с помощью системы некоторых функций разбивается на непересекающиеся подобласти, и классифицируемый объект относится к тому образу, в подобласть которого он попадает.[8]

Следует особо отметить группу локальных методов распознавания образов, в которых отнесение объекта x^* к одному из образов зависит от ближайших к нему точек ОВ. В этих методах используют оценку$\hat{f}(x^*/A_i) = K_i/|A_i|V$, где V - объем некоторой окрестности точки$x^* \in Rp$; k_i-число объектов образаA_i, попавшее в этот объем. Простейшим из локальных методов является правило “ближайшего соседа” – классифицируемый объект относится к тому образу, которому принадлежит ближайший объект из ОВ. При этом в пространстве описания должна быть выбрана функция расстояния между объектами, удовлетворяющая следующим условиям:

$$1)\rho(x_i, x_j) \geq \rho(x_i, x_i);$$
$$2)\rho(x_i, x_j) = \rho(x_i, x_i);$$
$$3)\rho(x_i, x_j) \leq \rho(x_i, x_e) + \rho(x_e, x_j)$$

В случае малых объемов ОВ можно модифицировать процедуру принятия решения в зависимости от формы образов A_i, используя правило классификации средней связи, либо правило “дальнего соседа”. Эти правила являются эвристическими и отражают опыт исследователей, они не служат для оценки плотности распределения объектов по образом A_i.

Перейдем теперь к изложению методов построения информативной подсистемы признаков. Опишем первый метод решения указанной проблемы и приведем его алгоритмическую реализацию.[9]

Постановка задачи. Пусть задано обучающее множество объектов $X = \{x\}$, которое разбито на непересекающиеся подмножества (классы) $X_1, X_2, \ldots . X_m$. Каждый объект x задается набором признаков $\left(x^{(1)}, x^{(2)}, \ldots x^{(p)}\right)$. Пусть каждый класс x_q содержит m_q объектов $X_{q1}, x_{q2}, \ldots . x_{qmq}$ где $x_{qi} = \left(x_{qi}^{(1)}, x_{qi}^{(2)}, \ldots x_{qi}^{(p)}\right)$, $i = \overline{1, m_q}$; Задано некоторое число $\ell < p$

Требуется в исходной системе из p признаков выделить подсистему из ℓ признаков, являющуюся наиболее информативной (обеспечивающей наилучшее качество разделения) среди всех подсистем мощности ℓ.

Для решения поставленной задачи введем прежде всего некоторые определения и обозначения.[10]

Пространство признаков $\{x = (x^{(1)}, x^{(2)}, \ldots ., x^{(p)})\}$ будем считать евклидовым и обозначим через R^pВведем в рассмотрение булевский вектор λ =($\lambda^1, \lambda^2, \ldots, \lambda^p$), где λ^k либо нуль, либо единица и выполняется следующее:

$$\sum_{k=1}^{p} \lambda^{\mathrm{k}} = \ell$$

Назовем λ ℓ -информативным вектором.

Определение. Усечением пространства $R^p|_\lambda = \{x|_\lambda = (\lambda^1 x^{(1)}, \ldots, \lambda^p x^{(p)}\}$

по λ назовем пространство $R^p|_\lambda = \{x2|_\lambda = (\lambda^1 x^{(1)}, \ldots, \lambda^p x^{(p)}\}$.

Под усеченным расстоянием между двумя объектами $x, y \in R^p$ будем понимать евклидово расстояние между $x|_\lambda$ и $y|_\lambda$ в пространстве $R^p|_\lambda$, т.е.

$$||\mathrm{x} - y||_\lambda = \sqrt{\sum_{k=1}^{p}(x^{(k)} - y^{(k)})} \quad (2)$$

Обозначим, $S_q|_\lambda = \sqrt{\frac{1}{m_q}\sum_{i=1}^{m_q}\left(||\bar{x}_q - x_{qi}||_\lambda\right)^2}$ (3)

где $\bar{x}_q = \frac{1}{m_q}\sum_{i=1}^{m_q} x_{qi}$;

$S_q|_\lambda$– среднеквадратический разброс объектов в классе X_q относительно усечения по λ

Определим меру близости между класссами X_q, X_t относительно усечения по λ:

$$R_{qt}|_\lambda = \sqrt{\frac{1}{m_q m_t}\sum_{i=1}^{m_q}||\bar{x}_t - x_{qi}||_\lambda^2 \sum_{i=1}^{m_q}||\bar{x}_q - x_{ti}||_\lambda^2} \quad . (4)$$

В качестве меры разделения между классами X_q, X_t относительно усечения по λ будем понимать величину

$$L_{qt}|_\lambda = \frac{R_{qt}|_\lambda}{S_q|_\lambda S_t|_\lambda} \quad (5)$$

Информативность усечения по λ определим формулой

$$I(\lambda) = \min_{q,t\ q\neq t} L_{qt}|_\lambda \quad (6)$$

Метод заключается в нахождении ℓ - информативного вектора λ, на котором информативность $I(\lambda)$ достигает максимума.

Будем искать максимум функции $I(\lambda)$ методом перебора по всем $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^k)$, $\lambda^k \in \{0,1\}$, для которых

$$\sum_{k=1}^{P} \lambda^k = \ell$$

Обозначим

$$\bar{x}_q^{(k)} = \frac{1}{mq} \sum_{i=1}^{m_q} x_{qi}^{(k)}, q = \overline{1,m}; \quad (7)$$

$$S_q^k = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{mq}} \sum_{i=1}^{m_q} (\bar{x}_q^{(k)} - x_{qi}^{(k)})^2}, \quad (8)$$

$$R_{qt}^k = \sqrt{\frac{1}{m_q m_t} \sum_{i=1}^{m_q} (\bar{x}_t^{(k)} - x_{qi}^{(k)})^2 \sum_{i=1}^{m_q} (\bar{x}_q^{(k)} - x_{ti}^{(k)})^2} \quad (9)$$

Из (2) – (9) следует, что

$$S_q \ell_\lambda = \sum_{k=1}^{p} \lambda^k S_q^k \quad (10)$$

$$R_{qt} \ell_\lambda = \sum_{k=1}^{p} \lambda^k R_{qt}^k \quad (11)$$

Максимизация функции $I(\lambda$ требует перебора C_p^ℓ вариантов. Для эффективности перебора строго упорядочим все возможные ℓ - информативные векторы λ. Первым вектором в этом порядке будем считать вектор, у которого последние ℓ компонент равны единице, остальные – нулю. Последним будем считать вектор, первые ℓ компонент которого равны единице, остальные нулю. Пусть задан некоторый ℓ - информативный вектор $(\lambda_r^1, \dots, \lambda_r^p)$ находящийся в определенном месте данного порядка. Определим правило выбора непосредственно следующего вслед за ним вектора

$$\lambda_{r+1} = (\lambda_{r+1}^1, \lambda_{r+1}^2, \dots, \lambda_{r+1}^p)$$

Если

$$\lambda_r^1 = 0, \lambda_r^2 = 0, \dots, \lambda_r^k = 0, \ \lambda_r^{k+1} = 1$$

то $\lambda_{r+1}^1 = 0 \dots, \lambda_{r+1}^{k-1} = 0, \ \lambda_{r+1}^k = 1, \ \lambda_{r+1}^{k+1} = 0,$

$$\lambda_{r+1}^{k+2} = \lambda_r^{k+2}, \dots, \ \lambda_{r+1}^p = \lambda_r^p$$

Если $\lambda_r^1 = 1, \dots, \lambda_r^k = 1, \ \lambda_r^{k+1} = 0, \dots, \lambda_r^j = 0, \ \lambda_r^{j+1} = 1, \dots, \lambda_r^p = 1$

то $\lambda_{r+1}^1 = 0, \dots, \lambda_{r+1}^{j-k-1} = 0, \dots, \lambda_{r+1}^{j-1} = 0, \ \lambda_{r+1}^j = 1, \lambda_{r+1}^{j+1} = 0,$

$$\lambda_{r+1}^{j+2} = \lambda_r^{j+2}, \dots, \ \lambda_{r+1}^p = \lambda_r^p$$

Схематично указанное правило можно представить в виде

$$(0, \dots, 0, \overrightarrow{0,1}, *, \dots, *), (\underbrace{1, \dots, 1}_{\leftrightarrow}, \underbrace{0, \dots, 0}_{\leftrightarrow}, \overrightarrow{0,1}, *, \dots, *)$$

Покажем, что описанное правило гарантирует перебор всех возможных вариантов.

Обозначим через Λ множество всех векторов вида $\lambda = (\lambda^1, \dots, \lambda^p)$, $\lambda^k \in \{0,1\}, k = \overline{1,p}$ (без ограничения на ℓ - информативность). Множество Λ конечно и состоит из элементов. Через Λ^ℓ обозначим множество всех ℓ - информативных векторов, т.е.[11-12]

$$\Lambda^\ell = \{\lambda = \tilde{\lambda}^1, \dots, \lambda^p \in \Lambda : \sum_{k=1}^{p} \lambda^k = \ell\}.$$

Введим функцию $k(\lambda), \lambda \in \Lambda, \lambda = (\lambda^1, \dots, \lambda^p)$

$$k(\lambda) = 2^{p-1}\lambda^1 + 2^{P-2}\lambda^2 + \dots + 2\lambda^{p-1} + \lambda^p$$

Очевидно, что при $\lambda, \mu \in \Lambda, \lambda \neq \mu \Rightarrow K(\lambda) + K(\mu)$

Можно доказать утвеждение 1, что для любого целого $M, 0 \leq M \leq 2^p$ существует $\lambda \in \Lambda$ такое, что $K(\lambda) = M$

Пусть $\lambda_1 = (\underbrace{1, \dots, 1}_{\ell}, 0, \dots, 0)$ Определим правило следования Q:

$$\lambda = (*, *, \dots, 1, 0, \underbrace{0, \dots, 0}, \underbrace{1, \dots, 1}) \quad Q(\lambda) = (*, *, \dots, *, 0, 1, \overbrace{1, \dots, 1}, \overbrace{0, \dots, 0})$$

А также доказать утверждение 2, что если $\lambda_2 = Q(\lambda_1), \lambda_3 = Q(\lambda_2)$. Тогда $\{\lambda_i\} = \Lambda^\ell$.

Опишем теперь по шагам алгоритм определения информативной подсистемы ℓ признаков.

Первый шаг. Вычисление значений $\bar{x}_q^{(k)}, k = \overline{1,p};\ q = \overline{1,m};\ , S_q^k, k = \overline{1,p};\ , q = \overline{1,m};\ , R_{qt}^k\ , k = \overline{1,p}\ , q, t = \overline{1,m} (q \neq t)$ по формулам (7)-(9).

Второй шаг. $\lambda = (0, \dots 0,1, \dots ,1)\ ,\ I_* = 0,\ \lambda_* = \lambda$

Третий шаг. Вычисление $s_q|_\lambda,\ q = \overline{1,m};\ R_{qt}|_\lambda,\ q, t = \overline{1,m};\ (q \neq t);\ L_{qt}|_\lambda, q, t = \overline{1,m};\ (q \neq t);\ I(\lambda)$ по формулам (10), (11), (5), (6).

Четвертый шаг. Если $I(\lambda) > I_*$, то $I(\lambda), \lambda_* = \lambda$. В противном случае – переход к следующему шагу.

Пятый шаг. Если $\lambda \neq (1, \dots ,1,0, \dots .,0)$ то производится выбор следующего λ и осуществляется переход к шагу 3. В противном случае процедура заканчивается и результатом вычислений является ℓ -информативный вектор λ_*

Результаты.

Таким образом, описанный выше метод позволяет выделить наиболее информативную подсистему, состоящую из ℓ признаков. При этом число ℓ задается пользователем заранее и фиксировано .

Изложим теперь метод выделения в исходной системе признаков наименьшей подсистемы признаков, являющейся максимально информативной в смысле заданного критерия качества распознавания объектов контрольной выборки.[13]

Заключение.

Таким образом, для некоторого класса задач распознавания при наличии большого числа исследуемых свойств можно применять вышеизложенные методы снижения размерности исходного признакового пространства описания. При этом результатом решения является точное значения оптимального числа ℓ наиболее информативных признаков.

Литература.

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

2. Терёхина А.Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. – М: Наука, 1986. – 168 с.

3. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. М.: Статистика, 1974. – 240 с.

4. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.

5. Tajibaevich Rakhmanov, A., Khasanovich Nishanov, A., Bakhtiyorovich Ruzibaev, O., Eldarovna Shaazizova, M. On one method for solving the multi-class classification problem. 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020, 2020, 9351413.

6. Nishanov, A.X., Ruzibaev, O.B., Tran, N.H. Modification of decision rules 'ball Apolonia' the problem of classification. 2016 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2016, 2016, 7777382.

7. Nishanov, A.H., Akbaraliev, B.B., Tajibaev, S.K. About One Feature Selection Algorithm in Pattern Recognition. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, 1323 AISC, pp. 103–112.

8. A.X. Nishanov, A.T.Tursunov, F.F.Ollamberganov, D.E Rahimova. Algorithm for clustering different types of drugs affecting blood pressure. Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science ISSN 1563–0277, eISSN 2617-4871/ JMMCS. №1(125). 2025 IRSTI 27.41.23 DOI: https://doi.org/10.26577/JMMCS2025125104

9. A.X. Nishanov, A.T.Tursunov, M.Kh.Akbarova, F.F.Ollamberganov, D.E Rahimova. Clustering algorithm based on object similarity. Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science ISSN ISSN 1563–0277, eISSN 2617-4871 JMMCS. №3(123). 2024 DOI: https://doi.org/10.26577/JMMCS2024-v123-i3-4

10. Nishanov, A.K., Akbaraliev, B.B., Samandarov, B.S, Akhmedov, O.K, Tajibaev, S.K. An algorithm for classification, localization and

selection of informative features in the space of politypic data. Webology, 2020, 17(1), pp. 341–364.

11. Kamilov, M.M., Nishanov, A.X., Beglerbekov, R.J. Modified stages of algorithms for computing estimates in the space of informative features. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019, 8(6), pp. 714–717.

12. D Narzullaev, A Tursunov, N Samigova, U Tursunov, K Shadmanov. Methods for assessing risk factors to the health of highly qualified athletes. E3S Web of Conferences 284, 01010.

13. A.S. Baydullaev, Z.U. Mamatkulov, N.H. Samigova, K.K. Shadmanov, D.Z. Narzullaev, Principles of internet education for students on the subject information technology and mathematical modeling of processes on the basis of moodle distance learning system, Journal of Physics: Conference Series, 2001, 1, 012024 (2021)

AVTOTURARGOH AXBOROT TIZIMINI LOYIHLASH

R.R. Mavlonov,
Sh. Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti,
Sun’iy intellekt va axborot tizimlari kafedrasi

A.E.Rashidov,
Phd, Sh. Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti,
Sun’iy intellekt va axborot tizimlari kafedrasi

Annotatsiya. Bugungi kunda zamonaviy shaharsozlik tizimida avtoturargohlarni avtomatik boshqarish muhim ro’l o’ynaydi. Avtomabillar sonining oshishi o’z o’rnida avtomabil turargohlariga bo’lgan ehtiyojning ham oshishiga olib kelmoqda. Biroq avtomabil turargohlarining to’liq avtomatlashtirilmaganligi, foydalanuvchilar uchun onlayn platformalarning yetishmovchiligi sababli ushbu tizimda bir qancha muammolar mavjud. Shu sababli zamonaviy talablarga javob beradigan avtoturargoh axborot tizimlarini ishlab chiqish bugungi kunning dolzarb mavzularidan biri hisoblanadi. Ushbu maqola aynan shu sohaga mo’ljallangan bo’lib, tadqiqot maqsadi sifatida avtoturargoh axbort tizimini loyihalash jarayonlari tanlab olingan. Tadqiqot ishi davomida avtoturargoh axbort tizimining ma’lumotlar bazasini infologik va datalogik loyihalash bosqichlari, hamda tadqiqot davomida ishlab chiqilgan axborot tizimining funksional imkoniyatlari yoritilib o’tiladi.

Kalit so’zlar. Axborot tizimlari, avtoturargoh axborot tizimi, axborot tizimlarini loyihalash, axborot tizimini loyihalash metodologiyasi, infologik loyihalash, datalogik loyihalash

1. Kirish

Zamonaviy shaharlarda avtoturargohlar sonining ko‘pligiga qaramay, ularning samarali boshqarilmasligi, avtomobillar oqimini to‘g‘ri nazorat qilishdagi muammolar va to‘lov jarayonlarining qo‘lda bajarilishi kabi kamchiliklar transport tizimining umumiy samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu holat avtoturargohlar atrofida tirbandliklarning yuzaga kelishi, foydalanuvchi noroziligini oshishi va xizmat ko‘rsatish sifatining pasayishiga olib kelmoqda [1]. Shu bilan birgalikda avtoturargohlar haqidagi real ma’lumotlarni saqlovchi va ushbu ma’lumotlardan transport vositalari egalari ham foydalanishi mumkin bo‘lgan axborot tizimlarining yetishmasligi transport tizimi samarali boshqarish imkoniyatlarini cheklaydi [2-4]. Ushbu muammoni hal qilish uchun avtomatlashtirilgan, real vaqtda ishlaydigan, qulay interfeysga ega axborot tizimiga ehtiyoj mavjud. Bu tizim foydalanuvchilar haqidagi ma’lumotlarni boshqarish, mavjud joylar monitoringi, to‘lovlar hisoboti, kirish-chiqish vaqtlarini aniqlash kabi funksiyalarni birlashtirgan bo‘lishi lozim [5, 6].

Ushbu tadqiqot ishi yuqorida aytilgan dolzarb tadqiqot yo’nalishida tayyorlangan bo’lib, tadqiqot davomida onlayn foydalanish mumkin bo’lgan, hamda real vaqt ma’lumotlarini taqdim etish mumkin bo’lgan avtoturargoh axbort tizimi, uning ma’lumotlar bazasini loyihalash jarayonlari tadqiq etiladi. Shu bilan birgalikda ishlab chiqiladigan axborot tizimining funksional imkoniyatlari batafsil yoritiladi. Maqola so’ngida tadqiqotdan olingan umumiy xulosalar yoritiladi.

2. Adabiyotlar tahlili

Bugungi kunda dunyoning ko‘plab mamlakatlarida avtoturargoh tizimlarini optimallashtirish va avtomatlashtirish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Xususan, IoT (Internet of Things) asosida aqlli avtoturargoh tizimlari, sensor texnologiyalari yordamida real vaqt rejimida boshqarish, va transport oqimini optimallashtirish kabi yo‘nalishlar rivojlanmoqda [7-10]. Avtoturargoh axborot tizimlarini loyihalash va ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar aqlli transport tizimlari, IoT (Internet of Things) asosida avtomatlashtirish, va geoaxborot tizimlari kabi yo‘nalishlar bilan

chambarchas bog‘liq hisoblanadi. Shuning uchun ushbu tadqiqotning tarixi aqlli shahar infratuzilmasi va transport boshqaruvi bilan bog‘liq. So‘nggi yillarda avtoturargoh tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha dunyoning ko‘plab mamlakatlarida tadqiqotlar olib borilmoqda [11-14]. Xususan, AQSh, Buyuk Britaniya, Germaniya, Yaponiya, Xitoy, Hindiston, Kanada kabi davlatlarda aqlli avtoturargoh tizimlarini yaratish va transport oqimini optimallashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlar sensor texnologiyalari, sun’iy intellekt, va real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlash kabi yo‘nalishlarga asoslangan.

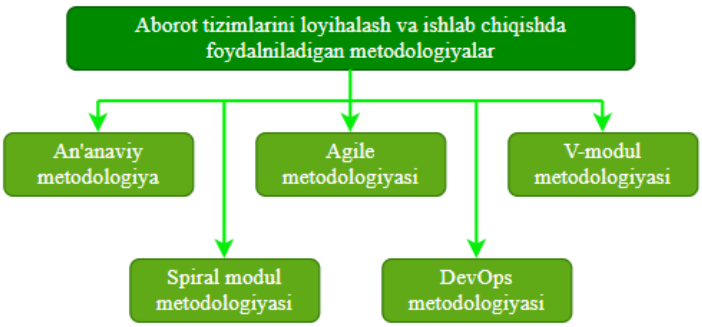
Respublikamizda ushbu ish bo‘yicha ko‘plab manbalar mavjud bo‘lmasada, quyidagilar kabi ba’zi tadqiqotlarni topish mumkin: IoT-ga asoslangan aqlli avtoturargoh tizimlari [15], Geoaxborot tizimlari asosida avtomobil yo‘llari axborotlarini tahlil qilish [16].

O’rganilgan adabiyotlardan ko’rish mumkinki, avtoturargoh axborot tizimini loyihalash va ishlab chiqishga doir bir qancha tadqiqot yo’nalishlari mavjud bo’lsada, ular bo’yicha aniq, yaxlit yechimlar taklif etilamgan. Shu sababli ham ushbu tadqiqot ishi o’zining dolzarbligini yo’qotmagan deyish mumkin.

3. Metodologiya va materillar

3.1. Tadqiqot metologiyasi

Axborot tizimlarini yaratish jarayoni nafaqat texnik jihatlar, balki tizimning ishlashini ta’minlash va foydalanuvchi ehtiyojlarini qondirish nuqtai nazaridan ham kompleks hisoblanadi. Shu sababali axborot tizmini loyihalashdan oldin aniq metodologiyani tanlash tadqiqot samaradorligini yanada oshiradi [17]. Hozrigi kunda loyihalash va ishlab chiqish jarayonida samarali bo‘lishi uchun turli metodologiyalar qo‘llaniladi. Ular tizimni yaratishning har bir bosqichida yordam beradi, vaqtni tejash va resurslarni samarali boshqarish imkonini beradi. Quyidagi metodologiyalar axborot tizimlarini yaratishda keng qo‘llaniladi (1-rasm):



1-rasm. Axborot tizimlarini yaratishda foydalaniladigan metodologiyalar

1. An’anaviy (kaskad) metodologiya - ya’ni kaskadli model, axborot tizimlarini yaratishning eng eski va klassik usulidir. Bu metodologiyada loyihalash jarayoni bosqichma-bosqich amalga oshiriladi va har bir bosqichni tugatgandan so‘ng keyingisiga o‘tish mumkin.

2. Agile metodologiyasi - bu an’anaviy metodologiyaga qarshi chiqadigan, ko‘proq moslashuvchan va foydalanuvchi ehtiyojlariga tezkor javob berishga qaratilgan yondashuvdir [18]. Agile metodologiyasida loyiha kichik qismlarga bo‘linadi va har bir qism mustaqil ravishda ishlab chiqiladi. Har bir qismlar foydalanuvchi bilan muhokama qilinib, sinovdan o‘tkaziladi va kerakli o‘zgarishlar amalga oshiriladi.

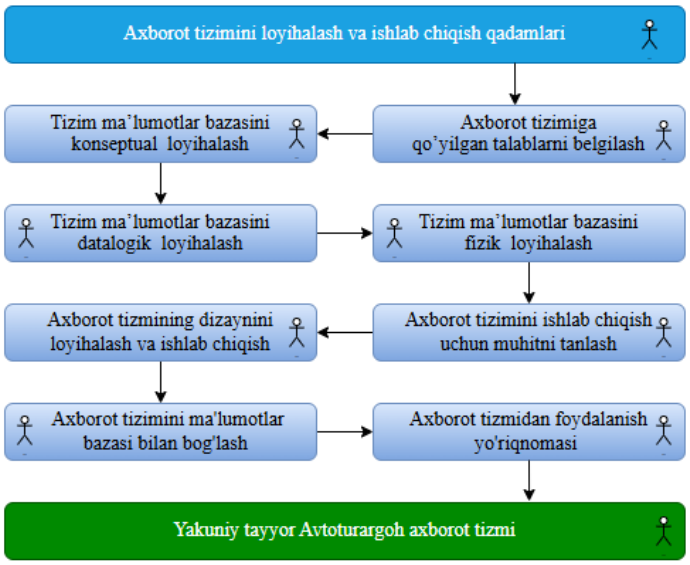
3. V-modeli (Verification and Validation model) - bu kaskadli modelning kengaytmasi bo‘lib, tizimning har bir rivojlanish bosqichini sinov jarayoniga bog‘laydi [19]. Ushbu metodologiyada har bir bosqichni yakunlagandan so‘ng, keyingi bosqichda yaratishdan oldin tizimni tekshirish va tasdiqlash talab qilinadi.

4. Spiral model (Spiral metodologiyasi) - bu xavf (risk) asosida yaratilgan metodologiya bo‘lib, unda loyiha har bir bosqichda xavflarni tahlil qilish va ularga javob berish uchun qayta ko‘rib chiqiladi [20].

5. DevOps metodologiyasi - dasturiy ta’minot ishlab chiqish va operatsiyalarni birlashtirishga qaratilgan yondashuvdir. Bu metodologiya ishlab chiqish (Development) va operatsiyalar (Operations) jamoalarining birgalikda ishlashini ta’minlaydi [21].

Yuqoridagi tadqiqot metodologiyalarining yutuqlari va kamchiliklarini hisobga olgan holda,

tadqiqot quyidagi metadologiya asosida amalga oshirildi (2-rasm).



2-rasm. Tadqiqot metodologiyasining umumiy qadamlar ketma-ketligi

3.2. Axborot tizimiga qo’yilgan talablarni belgilab olish

Tadqiqotda ishlab chiqilgan 1-rasmda keltirilgan tadqiqot metodologiyasiga ko’ra axborot tizimini loyihalash va ishlab chiqish uchun dastavval axborot tizimiga qo’yiladigan asosiy talablar belgilab olindi. Tadqiqot davomidagi o’rganishlardan ma’lum bo’ldiki, axborot tizimiga quyidagi talablar qo’yildi:

- Avtoturargohdagi mavjud bo‘sh joylar monitoringini amalga oshirish;
- Avtomobillar va foydalanuvchilar haqidagi ma’lumotlarni ro‘yxatga olish va boshqarish;
- To‘lovlarni avtomatik hisoblash, kuzatish va hisobot shakllantirish;
- Kirish-chiqish vaqtlarini avtomatik qayd etish orqali nazoratni kuchaytirish;
- Interfeysni ishlab chiqish. Foydalanuvchilar uchun oddiy va tushunarli tizim oynalarini loyihalash;
- Xavfsizlikni ta’minlash. Ma’lumotlarning to‘g‘ri saqlanishi va ruxsatsiz kirishlardan himoyalanishini ta’minlovchi mexanizmlarni yaratish.
- Hisobot va tahlil imkoniyatlari. Ma’muriyat uchun foydalanuvchi statistikasi, kunlik to‘lovlar va joylardan foydalanish ko‘rsatkichlari bo‘yicha hisobotlar yaratish. Foydalanuvchilar uchun ma’lum hududagi avtoturargohlar haqidagi ma’lumotlarni hamda bo’sh joylarni aniqlash imkoniyatlarini yaratish.

3.3. Avtoturargoh axborot tizimi ma’lumotlar bazasini konseptual (infalogik) loyihalash

Ma’lumotlar bazasini loyihalash — bu ma’lumotlarni samarali va mantiqan to‘g‘ri saqlash, qayta ishlash va boshqarish uchun zarur bo‘lgan tuzilmani yaratish jarayoni. Bu jarayon ma’lumotlarning bir tizimda to‘g‘ri joylashishi, o‘zaro bog‘lanishi va ma’lumotlarga tezkor kirish imkonini beruvchi optimallashtirilgan tuzilma yaratishga qaratilgan [22].

Ma’lumotlar bazasini loyihalashning vazifalari:

- Ma’lumotlar integratsiyasi: Ma’lumotlar bazasi turli manbalardan kelgan ma’lumotlarni bir tizimga birlashtirishni ta’minlaydi.
- Tuzilmani optimallashtirish: Ma’lumotlar bazasining tuzilishi samarali bo‘lishi kerak, ya’ni tezkor ma’lumot olish va uzatish imkonini beradi.
- Ma’lumotlarning aniqligi va yaxlitligi: Ma’lumotlarning o‘zaro aloqalari va ularning yaxlitligini ta’minlash.
- Xavfsizlik: Ma’lumotlarning himoya qilinishi va ruxsatsiz kirishlardan saqlanishi.
- Resurslardan samarali foydalanish: Ma’lumotlar bazasi resurslarni minimal sarf bilan samarali ishlatishi kerak.

Infologik modelni qurishda ER-diagrammasi keng qo‘llaniladi, chunki u tizimda saqlanadigan ma’lumotlarning o‘zaro bog‘lanishlarini aniq va vizual tarzda ifodalash imkonini beradi [23]. ER-diagramma yordamida mohiyatlar (obyektlar), atributlar va ularning o‘rtasidagi aloqalar aniqlanadi, bu esa keyinchalik ma’lumotlar bazasining samarali ishlashini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

ER-model (Mohiyat-Aloqa modeli) - bu ma’lumotlar bazasini loyihalashda ma’lumotlar tuzilishini, mohiyatlar o‘rtasidagi aloqalarni va ma’lumotlarni qanday saqlashni aniq ko‘rsatadigan vositadir. ER-modelning asosiy vazifasi tizimda saqlanadigan ma’lumotlar va ularning o‘zaro aloqalarini vizual tarzda ifodalashdir.

Atribut (Attribute) - mohiyatning xususiyatlarini yoki tavsiflarini belgilovchi elementdir. Atributlar yordamida mohiyat haqida qo‘shimcha ma’lumotlar saqlanadi. Misol uchun, foydalanuvchi mohiyatining atributlari: "ism", "yosh", "telefon raqam".

Aloqa (Relationship) - bu bir yoki bir nechta mohiyatlar o‘rtasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Aloqalar yordamida mohiyatlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishlar aniqlanadi. Misol uchun, "foydalanuvchi" va "avtomobil" o‘rtasidagi "sohiblik" aloqasi. Har bir aloqa ma’lum kardinalitetga ega bo‘ladi, ya’ni u nechta mohiyat o‘rtasida aloqaning borligini ko‘rsatadi.

ER-modellarning afzalliklari:

Yuqori darajadagi tushuncha: ER-diagramma tizimni soddalashtiradi va barcha ma’lumotlar o‘rtasidagi aloqalarni yaxshiroq tushunishga yordam beradi.

Vizual ifodalash: ER-diagramma yordamida tizimning tuzilishi oson tushuniladi, bu esa loyihani amalga oshirishda yordam beradi.

Ma’lumotlar bazasining samaradorligini ta’minlash: ER-modellash orqali ma’lumotlar bazasining strukturasi va aloqalari to‘g‘ri tashkil etiladi, bu esa ma’lumotlarni samarali boshqarishni ta’minlaydi.

Avtoturargoh axborot tizmining ma’lumotlar bazasi "Mohiyat-Aloqa" modeli. Mohiyat va ularning atributlari ro‘yxati quyidagicha bo’ladi:

1. Foydalanuvchilar (Mohiyat)

Tavsif: Avtoturargohdan foydalanuvchi shaxslar haqidagi ma’lumotlarni saqlovchi mohiyat.

Atributlar:

id (Primary Key) – Foydalanuvchining unikal identifikatori

Ism – Foydalanuvchining ismi

Telefon_raqam – Foydalanuvchining aloqa raqami

Avtomobil_turi – Avtomobil markasi yoki turi

Avtomobil_raqami – Avtomobil davlat raqami

Avtomobil_rangi – Avtomobilning rangi

2. Avtoturargoh (Mohiyat)

Tavsif: Har bir mavjud avtoturargoh haqida ma’lumotlar.

Atributlar:

id (Primary Key) – Avtoturargohning unikal identifikatori

nomi – Avtoturargoh nomi

manzili – Joylashuv manzili

joylar_soni – Umumiy mavjud joylar soni

narx_soat – Soatlik narx

narx_kun – Kunlik narx

3. To‘lov (Aloqa)

Tavsif: Har bir foydalanuvchining qaysi avtoturargohga, qancha summa to‘lagani haqidagi yozuvlar.

Atributlar:

id (Primary Key) – To‘lov yozuvining ID raqami

foydalanuvchi_id (Foreign Key) – Foydalanuvchilar.id ga ulanadi

avtoturargoh_id (Foreign Key) – Avtoturargoh.id ga ulanadi

Tulanadigan_summa – Foydalanuvchi tomonidan to‘langan haqiqiy summa

4. Kirish-Chiqish (Aloqa)

Tavsif: Foydalanuvchining qachon avtoturargohga kirgani va chiqqani haqidagi yozuvlar.

Atributlar:

id (Primary Key) – Kirish-chiqish yozuvi ID raqami

foydalanuvchi_id (Foreign Key) – Foydalanuvchilar.id ga ulanadi

avtoturargoh_id (Foreign Key) – Avtoturargoh.id ga ulanadi

kirish_vaqti – Avtoturargohga kirish vaqti (timestamp)

chiqish_vaqti – Avtoturargohdan chiqish vaqti (timestamp)

Mohiyatlar o‘rtasidagi aloqalar:

1. To‘lov – Aloqa

Bu aloqa Foydalanuvchilar va Avtoturargoh mohiyatlari o‘rtasidagi to‘lov jarayonini ifodalaydi. Har bir foydalanuvchi bir yoki bir nechta avtoturargohga to‘lov qilishi mumkin. Har bir avtoturargohga esa bir nechta foydalanuvchi to‘lov

qilgan bo‘lishi mumkin. Bu aloqa ko‘pdan-ko‘p (N:M) turdagi aloqadir. Ushbu aloqa orqali foydalanuvchi qaysi avtoturargohga qancha summa to‘lagani kuzatiladi.

Bog‘lovchi atributlar:

foydalanuvchi_id → Foydalanuvchilar jadvalidagi id ga ulanadi.

avtoturargoh_id → Avtoturargoh jadvalidagi id ga ulanadi.

Tulanadigan_summa – Aloqaga tegishli qo‘shimcha atribut.

2. Kirish-Chiqish – Aloqa

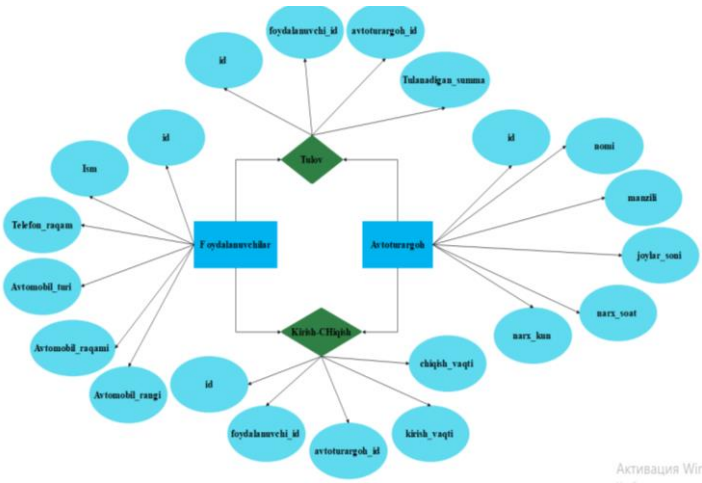
Bu aloqa Foydalanuvchilar va Avtoturargoh mohiyatlari o‘rtasidagi harakat (kirish va chiqish) holatini ifodalaydi. Har bir foydalanuvchi bir necha marta turli avtoturargohlarga kirishi va chiqishi mumkin. Har bir avtoturargohda bir nechta foydalanuvchining kirish-chiqishlari qayd etilishi mumkin. Bu aloqa ham ko‘pdan-ko‘p (N:M) turdagi aloqadir. Aloqa foydalanuvchi qachon kirgani va qachon chiqqani haqida ma’lumot beradi.

Bog‘lovchi atributlar:

foydalanuvchi_id → Foydalanuvchilar jadvalidagi id ga ulanadi.

avtoturargoh_id → Avtoturargoh jadvalidagi id ga ulanadi.

kirish_vaqti va chiqish_vaqti – Aloqaga tegishli atributlar bo‘lib, vaqt tamg‘asi sifatida yoziladi.



3-rasm. Avtoturargoh axborot tizimi ma’lumotlar bazasining yakuniy konseptual (infalogik) modeli

3.4. Avtoturargoh axborot tizimi ma’lumotlar bazasini mantiqiy (datalogik) loyihalash

Mantiqiy (datalogik) loyihalash - bu ma’lumotlar bazasini konseptual model asosida yanada aniqroq va mantiqiy shaklga keltirish bosqichidir. Unda mohiyatlar, ularning atributlari va aloqalari turli ma’lumotlar bazasi tizimlarida (masalan, MySQL, PostgreSQL, Oracle) qanday tuzilishini aniqlashga e’tibor qaratiladi. Datalogik loyihalash maqsadlari quyidagilar:

- Ma’lumotlar tuzilmasini aniqlashtirish - har bir mohiyat (entity) jadval sifatida tasvirlanadi, atributlar esa ustunlarga aylantiriladi. Bu orqali ma’lumotlar qanday tartibda saqlanishi aniqlanadi.

- Bog‘liqliklarni to‘g‘ri ko‘rsatish - mohiyatlar o‘rtasidagi aloqalar mantiqan ifodalanib, kerakli joylarda tashqi kalitlar (foreign keys) yordamida jadvallar bog‘lanadi.

- Ma’lumotlar takrorlanishini kamaytirish - normalizatsiya qoidasiga amal qilinadi, ya’ni ma’lumotlar ortiqcha bo‘lmasligi uchun ularni to‘g‘ri bo‘linadi va aloqalar orqali qayta birlashtiriladi.

- Ma’lumotlar izchilligini (integritetini) ta’minlash - har bir jadvalda birlamchi kalit (primary key) belgilanishi orqali har bir yozuv noyob bo‘ladi va tizimdagi mantiqiy bog‘liqliklar mustahkamlanadi.

Relyatsion modelga o‘tish - bu mantiqiy (datalogik) modeldagi mohiyatlar va ularning aloqalarini jadvallar (relatsiyalar) shaklida tuzib, ular ustida relyatsion ma’lumotlar bazasiga moslash jarayonidir. Bu jarayon orqali konseptual (infologik) modeldagi ER-diagramma Relyatsion ma’lumotlar bazasi modeliga aylantiriladi.

Ushbu bosqichda:

Har bir entity (mohiyat) — jadvalga (relatsiyaga) aylanadi.

Har bir attribute (atribut) — ustunga (field/column) aylanadi.

Har bir relationship (aloqa) — kalitlar yoki bog‘lovchi jadvallar orqali aks ettiriladi.

Birlamchi kalit (Primary key) va tashqi kalitlar (Foreign key) aniqlanadi.

Avtoturargoh axborot tizimi ma’lumotlar bazasi “Mohiyat-aloqa” modelini relyatsion modelga o‘tkazish quyidagi jadvallar asosida amalga oshiriladi.

1-jadval. "Foydalanuvchilar" jadvalining relyatsion ma’lumotlar modelida ifodalanishi

Atribut	Ma’lumot turi (MySQL)	Majburiy mi	Kalit turi
id	INT AUTO_INCREMENT	Ha	Asosiy
ism	VARCHAR(50)	Ha	-
telefon_raqam	VARCHAR(20)	Ha	-
avtomobil_turi	VARCHAR(50)	Yo‘q	-
avtomobil_raqami	VARCHAR(20)	Ha	-
avtomobil_rangi	VARCHAR(30)	Yo‘q	-

Bu jadval avtoturargoh xizmatlaridan foydalanuvchi shaxslar haqida asosiy ma’lumotlarni saqlaydi. Unda foydalanuvchining ismi, telefon raqami hamda avtomobilga oid ma’lumotlar (markasi, raqami, rangi) mavjud.

2-jadval. "Avtoturargoh" jadvalining relyatsion ma’lumotlar modelida ifodalanishi

Atribut	Ma’lumot turi (MySQL)	Majburiy mi	Kalit turi
id	INT AUTO_INCREMENT	Ha	Asosiy
nomi	VARCHAR(100)	Ha	-
manzili	VARCHAR(150)	Ha	-
joylar_soni	INT	Ha	-
narx_soat	DECIMAL(10,2)	Ha	-
narx_kun	DECIMAL(10,2)	Ha	-

Jadvalda tizimda mavjud avtoturargohlar haqidagi ma’lumotlar saqlanadi. Har bir avtoturargohning nomi, manzili, joylar soni, soatlik va kunlik narxlari kabi atributlar mavjud.

3-jadval. "To‘lov" jadvalining relyatsion ma’lumotlar modelida ifodalanishi

Atribut	Ma’lumot turi (MySQL)	Majburiy mi	Kalit turi
id	INT AUTO_INCREMENT	Ha	Asosiy
foydalanuvchi_id	INT	Ha	Tashqi
avtoturargoh_id	INT	Ha	Tashqi
tulanadigan_summa	DECIMAL(10,2)	Ha	-

Bu jadval foydalanuvchi tomonidan qaysi avtoturargohga qancha to‘lov qilinganini aks ettiradi. To‘lov jadvali foydalanuvchi va avtoturargoh o‘rtasidagi ko‘pdan-ko‘p (N:M) aloqani ifodalaydi. U ikkita tashqi kalit va to‘lov summasi atributidan tashkil topgan.

4-jadval. "Kirish-Chiqish" jadvalining relyatsion ma’lumotlar modelida ifodalanishi

Atribut	Ma’lumot turi (MySQL)	Majburiy mi	Kalit turi
id	INT AUTO_INCREMENT	Ha	Asosiy
foydalanuvchi_id	INT	Ha	Tashqi
avtoturargoh_id	INT	Ha	Tashqi
kirish_vaqti	DATETIME	Ha	-
chiqish_vaqti	DATETIME	Yo‘q	-

Ushbu jadval foydalanuvchining avtoturargohga kirgan va chiqqan vaqtlarini saqlaydi. Bu ham foydalanuvchi va avtoturargoh o‘rtasidagi ko‘pdan-ko‘p aloqa bo‘lib, kirish va chiqish vaqtlari timestamp shaklida yoziladi.

Tadqiqotning keyingi qadamalari (Tizim ma’lumotlar bazasini fizik loyihalash, Axborot tizimini ishlab chiqish uchun muhitni tanlash, Axborot tizmining dizaynini loyihalash va ishlab chiqish, Axborot tizimini ma'lumotlar bazasi bilan bog'lash, Axborot tizmidan foydalanish yo'riqnomasini ishlab chiqish) amaliy bosqichlar bo’lganligi uchun ushbu tadqiqot ishida batafsil to’xtab o’tilmadi. Umumiy aytganda ushbu qadamlarda axborot tizimini ishlab

chiqish uchun web axborot tizimlarini ishlab chiqish texnologiyalaridan foydalanildi va yakuniy axborot tizimi ishlab chiqildi.

4. Xulosa

Xulosa qilib aytganda ushbu tadqiqot ishida zamonaviy talablarga javob beruvchi, avtomobil turar joylarini boshqarish jarayonini avtomatlashtiruvchi “Avtoturargoh axborot tizimi” ishlab chiqildi. Tizim foydalanuvchilar va administratorlar uchun qulay interfeysga ega bo‘lib, asosiy funksional imkoniyatlar real vaqtda ishlaydigan tarzda ishlab chiqildi.

Tadqiqot davomida dastlab transport sohasidagi axborot texnologiyalarining o‘rni, mavjud muammolar va tizimga qo‘yiladigan talablar o‘rganildi. Avtoturargoh faoliyatidagi asosiy kamchiliklar – qo‘lda boshqaruv, bo‘sh joylar monitoringining yo‘qligi, kirish-chiqish nazorati va to‘lov tizimidagi noqulayliklar tahlil qilindi. Tizimni loyihalash jarayonida dastlab konseptual (infalogik) model yaratildi, so‘ng mantiqiy (datalogik) model asosida ma’lumotlar bazasi va tizim strukturasining asosiy qismlari aniqlashtirildi. Loyihalash bosqichlarida foydalanuvchi ehtiyojlari hisobga olinib, samarali va ishlatishga qulay interfeyslar yaratildi. Ishlab chiqilgan axborot tizimi quyidagi imkoniyatlarni taqdim etadi:

- avtoturargohdagi real vaqtdagi bo‘sh joylar monitoringi;
- avtomobil va foydalanuvchilar haqidagi ma’lumotlarni ro‘yxatga olish va boshqarish;
- kirish-chiqish vaqtlarini avtomatik aniqlash;
- to‘lovlarni hisoblash va hisobotlarni shakllantirish;
- administratorlar uchun statistik ma’lumotlarni tahlil qilish imkoniyati.

Ushbu tizimning joriy etilishi avtoturargohlar ishini soddalashtirish, xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish va tirbandliklarni kamaytirishga xizmat qiladi. Kelgusida tizimni mobil qurilmalar uchun moslashtirish, onlayn to‘lov tizimlari bilan integratsiya qilish hamda sun’iy intellekt asosida joy band qilish funksiyalarini qo‘shish orqali yanada takomillashtirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. Shidian, ma & Jiang, Haobin & Han, Mu & Xie, Ju & Li, Chenxu. (2017). Research on Automatic Parking Systems Based on Parking Scene Recognition. IEEE Access. 5. 21901-21917. 10.1109/ACCESS.2017.2760201.

2. Akhatov A., Renavikar A., Rashidov A., Nazarov F. “Optimization of the number of databases in the Big Data processing” Проблемы информатики, № 1(58) 2023, DOI: 10.24412/2073-0667-2023-1-33-47

3. Dudaklı N., Baykasoğlu A., A simulation–optimization-based planning and control system for operations of fully automated parking systems, Computers & Industrial Engineering, Vol. 189, 2024, https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.109977.

4. Akhatov A. & Rashidov A. “Big Data va unig turli sohalardagi tadbiqi”, Descendants of Muhammad Al-Khwarizmi, 2021, № 4 (18), 135-44

5. Elsonbaty, Amira & Shams, Mahmoud. (2020). The Smart Parking Management System. 10.48550/arXiv.2009.13443.

6. A.R. Akhatov, A.E. Rashidov, F.M. Nazarov “Increasing data reliability in big data systems” // Scientific Journal of Samarkand State University 2021, №5, 106-14

7. Abrar F., Mehedi H., Muhtasim A. Ch.., Smart parking systems: comprehensive review based on various aspects. Heliyon, Volume 7, Issue 5, 2021, e07050, ISSN 2405-8440, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07050.

8. Elfaki AO, Messoudi W, Bushnag A, Abuzneid S, Alhmiedat T. A Smart Real-Time Parking Control and Monitoring System. Sensors. 2023; 23(24):9741. https://doi.org/10.3390/s23249741

9. Sai S.Ch., Sharareh K., Jay M.R., Apurva P., A review of smart parking systems, Transportation Research Procedia, Volume 73, 2023, Pages 289-296, ISSN 2352-1465, https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.920.

10. Hari Mohan Rai, Aditya Pal, Rashidov Akbar Ergash o’g’li, Bobokhonov Akhmadkhon Kholmirzokhon Ugli, Yarmatov Sherzojon Shokirovich. “Advanced AI-Powered Intrusion Detection Systems in Cybersecurity Protocols for Network Protection” Procedia Computer Science, Volume 259, 2025, Pages 140-149, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.03.315

11. Islam M. Ibrahim, Mohamed Khaled, Marwan Ashraf, Mario George, Iyad Abuhadrous “AI-Powered Parking Management Systems: A

Review of Applications and Challenges” Advanced Sciences and Technology Journal, vol. 1 (2024) 1011, 10.21608/astj.2024.341972.1011

12. P. Sharmila, P. Rohinth, P. Priyadarshan and G. Sarvesh, "Advanced Car Parking System," 2022 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS), Chennai, India, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICPECTS56089.2022.10047820.

13. Akhatov A., Renavikar A., Rashidov A. & Nazarov F. “*Development of the Big Data processing architecture based on distributed computing systems”* Informatika va energetika muammolari O‘zbekiston jurnali, № (1) 2022, 71-79

14. D. Junaydullaev, S. Tursunov and A. Rashidov, "An Approach Based on Data Profiling at the Preparing a Dataset for Cleaning," 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 578-583, doi: 10.1109/SmartIndustryCon65166.2025.10986179

15. Egamberdiev, N., & Jovbekov, S. (2024). Internet of things (iot) ga asoslangan aqlli avtoturargoh tizimi. Modern Science and Research, 3(8), 158–162. Retrieved from https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/37055

16. M.M.Ergashev, and S.M.O‘Ktamov. "Avtomobil yo‘llari axborotlarini geoaxborot tizimlarida tahlil qilish" Ilm, tadqiqot va taraqqiyot / Наука, исследования и развитие, vol. 1, no. 1, 2023, pp. 75-79.

17. Rashidov A.E., Sayfullaev J.S. “Selecting methods of significant data from gathered datasets for research” International journal of advanced research in education, technology and management, Vol. 3 No. 2 (2024), p. 289-296, doi: 10.5281/zenodo.10781255.

18. Rasnacis A, Solvita B., Method for Adaptation and Implementation of Agile Project Management Methodology, Procedia Computer Science, Volume 104, 2017, Pages 43-50, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.055.

19. Naeem M., W. Zhu, A. A. Memon, A. Khalid, "Using V-Model methodology, UML process-based risk assessment of software and visualization," Proceedings of 2014 International Conference on Cloud Computing and Internet of Things, Changchun, China, 2014, pp. 197-202, doi: 10.1109/CCIOT.2014.7062536.

20. Sari, Risna & Rifa’i, Anggi & Ahsan, Muhammad & Pahlevi, Mohammad & Arief, M.. (2022). The Systematic Literature Review of the spiral development model: Topics, trends, and application areas. International Journal of Research and Applied Technology. 2. 154-171. 10.34010/injuratech.v2i2.8372.

21. Rashidov A., Axatov A., Nazarov F. “Ichki taqsimlash mexanizmida ma’lumotlar oqimlarini boshqarish algoritmi” Al-Farg’oniy avlodlari, 1(2), 2024, 76–82. https://al-fargoniy.uz/index.php/journal/article/view/377

22. Кенжаев Санжар Собирович, & Рашидов Акбар Эргаш Угли (2024). Методы и алгоритмы хранения файлов для оптимального управления различными типами данных. Al-Farg’oniy avlodlari, (3), 82-92. doi: 10.5281/zenodo.13954911

23. A. Rashidov, D. Mardonov and A. Soliev, "Diagnosis of Diabetes Mellitus Based on Artificial Intelligence Algorithms," 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 349-353, doi: 10.1109/SmartIndustryCon65166.2025.10986060

ГИБРИДНЫЙ ГЕНЕТИКО-МУРАВЬИНЫЙ АЛГОРИТМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДЕЙКСТРЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПОЛЁТНОГО ЗАДАНИЯ БПЛА СО СЛОЖНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ

Маматов Н.С.,
Мухамедиева Д.Т.,
Ковалев Д.И.,
Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Аннотация. В статье представлен подход к построению оптимального полетного задания для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для применения в точном земледелии. Основное внимание уделяется задаче планирования маршрута с учетом сложной траектории и частой смены курса, характерной для точечной обработки сельскохозяйственных угодий. В качестве базового метода используется алгоритм Дейкстры, обеспечивающий нахождение кратчайшего пути между объектами. Для повышения эффективности маршрутизации предлагается гибридизация с генетическим и муравьиным алгоритмами, что позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям и сложной топологии поля. Рассматриваются особенности реализации и примеры расчетов, подтверждающие применимость предложенного подхода в системах управления полетами БПЛА.

Ключевые слова: алгоритм Дейкстры, генетический алгоритм, муравьиный алгоритм, точное земледелие, оптимальный маршрут, планирование полета, агродроны

1. Введение. Современные дроны удивительно универсальны и эффективны с точки зрения мощности. Например, дрон-распылитель с емкими батареями полностью заряжается всего за несколько минут, что позволяет фермерам продуктивно работать в течение длительного времени. Возможность круглосуточно выполнять опрыскивания и посев помогает увеличить количество полезных часов, а трудовые затраты при этом минимальные. В данной работе рассматривается подход, направленный на развитие алгоритмического обеспечения беспилотных летательных аппаратов в части построения полетного задания на основе критерия оптимальности для обработки полей в точном земледелии. Критерий наикратчайшего пути, может быть применим в реализации плана полета БПЛА со сложной траекторией и частой сменой курса, например, при точечной обработке полей. В качестве алгоритма, реализующего данный критерий рассмотрен алгоритм Дейкстры. Приводится пример расчета сегмента сети объектов, отмечается простота вычислений алгоритма. Приведены предложения по применению данного алгоритма при построении полетного задания.

Информационные технологии, автоматизация и цифровизация в сельском хозяйстве направлены, в первую очередь, на повышение натуральных показателей эффективности, таких как урожайность сельскохозяйственных культур [1-3]. В свою очередь, урожайность зависит от климата, сорта, технологии выращивания (возделывания), а это севооборот, обработка почвы, минеральное питание, уход за посевами. На сегодняшний день, применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет определить густоту посевов, наличие сорной растительности, а также видовой состав сорняков [4-6]. Все это стало возможно за счет применения технологий машинного зрения и программного обеспечения по дешифрированию границ и объектов местности.

В сельском хозяйстве современные БПЛА способны решать следующие задачи:

- получение информации для оценки качества посева, идентификация и распознавание объектов (культур);
- определение количества всходов и оценка их удаленности друг от друга;
- мониторинг состояния посевов, зонирование проблемных участков на поле.

Полученная информация позволяет в автоматизированном режиме дать оценку планируемой урожайности, т.е. оценить стоимостные показатели. Оценка площади проблемных участков, а также возможные причины их возникновения позволяют составить план введения дополнительных минеральных удобрений. На этапе всходов, возможно, распознать сорняки, их семейство и выделить их (маркировать) от других культур, что также позволяет разработать программу борьбы с сорняками [7-9].

Кроме задач мониторинга, современные БПЛА по полетному заданию способны осуществлять обработку участков полей и полей в целом, как минеральными удобрениями, так и применять средства борьбы с сорняками. В первом случае, подготовка полетного задания не требует особой методологии. Здесь применим принцип максимального охвата полосы обработки с применением последующий техники облета «змейкой» или «челноком», это зависит от типа БПЛА. Задача, рассматриваемая для применения БПЛА в качестве борьбы с сорняками, требует методологического подхода разработки полетного задания с определением критериальной оценки, поскольку обработка культурных растений гербицидами от сорняков эффективна при точечной обработке. В качестве предлагаемого критерия оптимальности выступает кратчайшее расстояние от начального объекта обработки до конечного [10].

Мультироторные беспилотные летательные аппараты применяются на компактных полях площадью до 5 тыс. га для проведения точечного мониторинга, обследования отдельно взятых участков и обработки минеральными удобрениями и гербицидами. Особенностью данного типа БПЛА является высокая манёвренность и возможность выполнять полёт на сверхнизких скоростях вплоть до остановки в режиме «зависания» над объектом. Всё это дает возможность разрабатывать полетное задание со сложной траекторией и частой сменой курса БПЛА. Рассмотрим конечный результат мониторинга – план объектов культурных растений и сорняков, получаемый в результате возможного применения стандартных процедур идентификации объектов при обработке получаемых изображений камерами БПЛА [11-13].

Располагая информацией мониторинга о взаимном расстоянии обнаруженных объектов друг от друга, становится возможным формализовать план идентификации в сеть узлов как на рисунке 1. [14, 15].

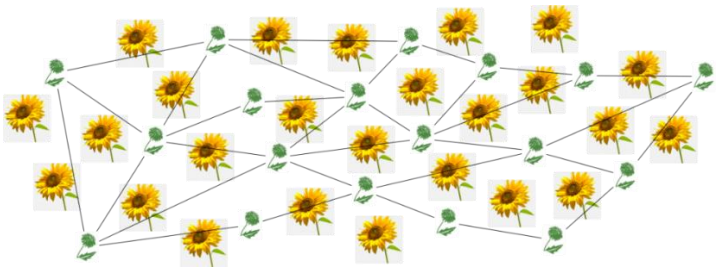


Рис. 1. План идентификации объектов на поле - формализованный план объектов (сеть узлов)

Принимая во внимание критерий оптимальности - кратчайшее расстояние от начального объекта обработки до конечного, рассмотрим один из известных алгоритмов, алгоритм Дейстры [16].

2. Методы. Алгоритм Дейкстры разработан для поиска кратчайшего пути между заданным исходным узлом и любым другим узлом сети. В процессе выполнения этого алгоритма при переходе от узла i к следующему узлу j используется специальная процедура пометки ребер. Обозначим через u_i кратчайшее расстояние от исходного узла1 до узла i, через d_{ij} - длину

ребра (i, j). Тогда для узла j определим метку $[u_j, i]$ следующим образом (1).

$$[u_j, i] = [u_i + d_{ij}, i], \; d_{ij} \geq 0 \quad (1)$$

Метки узлов в алгоритме Дейкстры могут быть двух типов: временные и постоянные. Временная метка в последствии может быть заменена на другую временную, если будет найден более короткий путь к данному узлу. Когда же станет очевидным, что не существует более короткого пути от исходного узла к данному, статус временной метки изменяется на постоянный. Рассмотрим применение алгоритма Дейкстры. Определим кратчайший путь сети узлов - плана объектов на поле между заданным исходным узлом и любым другим узлом сети. Эволюционные алгоритмы могут быть полезны для улучшения программы поиска кратчайшего пути, если граф имеет дополнительные сложности, например, динамические веса**,** множественные критерии оптимизации, или если традиционные методы не дают оптимального решения в приемлемое время.

Алгоритм Дейкстры используется для нахождения кратчайшего пути между начальным узлом и всеми другими узлами сети. Он позволяет эффективно находить кратчайшие расстояния и определять оптимальные маршруты для различных объектов, таких как БПЛА, при движении по сети узлов.

В ходе эксперимента был разработан и протестирован гибридный алгоритм, объединяющий два классических метода поиска оптимального пути: генетический алгоритм (GA) и алгоритм муравьиной колонии (ACO)**.** Ожидаемым результатом было улучшение эффективности поиска путём использования преимущества обоих методов — муравьиной колонии для эффективного обновления феромонов, моделирующих поведение муравьёв, и генетического алгоритма для широкого поиска в пространстве решений через операторы кроссовера и мутации [24-28].

1. Граф был представлен в виде неориентированного графа с узлами, между которыми были заданы рёбра с определёнными весами, соответствующими стоимости перехода между узлами.
2. На начальных этапах работы как муравьи, так и особи генерируют случайные пути в графе, выбирая соседей с учётом ограничений (избегание зацикливания и неэффективных путей).
3. В рамках алгоритма муравьиной колонии были реализованы следующие ключевые механизмы:

Генерация путей: Муравьи создают пути в графе, ориентируясь на информацию о феромонах, оставленных другими муравьями.

Обновление феромонов: После каждого прохода муравьёв обновляются феромоны на рёбрах, что позволяет направлениям с короткими путями иметь более высокий приоритет в следующих итерациях.

Испарение феромонов: Постепенное испарение феромонов служит для предотвращения локальных минимумов и ускоряет поиск новых путей.

4. Генетический алгоритм использовался для эволюции популяции путей, улучшая их через два основных оператора:

Путём комбинирования путей двух лучших особей создаются новые решения.

Периодически случайным образом изменяется часть пути, что позволяет избежать застревания в локальных оптимумах.

5. Алгоритм объединяет ACO для эффективного локального поиска с GA для глобальной оптимизации, используя муравьиный алгоритм для создания и улучшения путей, а также генетический алгоритм для быстрой эволюции популяции решений.

В результате выполнения гибридного алгоритма был получен оптимальный путь между узлами с минимальной стоимостью, что доказывает его эффективность в поиске решения

задачи. В ходе эксперимента, несмотря на сложности, связанные с множественностью возможных путей, алгоритм успешно находил пути с улучшенной длиной в сравнении с отдельными методами (GA и ACO), что подтверждает эффективность их комбинирования.

3. Результаты. Алгоритма Дейкстры состоит из следующих шагов:

1-шаг. Устанавливается расстояния для начального узла равным нулю, а для всех остальных узлов — бесконечностью.

2-шаг. На каждой итерации выбирается узел с наименьшим расстоянием, который еще не был посещен. Для этого узла пересчитываются расстояния до соседних узлов, и если новый путь короче старого, то расстояние обновляется.

3-шаг. Как только для узла больше не возможно улучшить расстояние, его метка становится постоянной. Алгоритм завершается, когда все узлы получили постоянные метки.

Входные данные: Граф $G=(V,E)$, где: V - множество узлов (вершин), E - множество рёбер с весами $w(u,v)$, где $w:E\to\mathbb{R}$. Стартовая вершина $s\in V$

Выходные данные: Множество кратчайших расстояний $d[v]$ от стартовой вершины s до всех $v\in V$. Предыдущие вершины $p[v]$ для восстановления путей.

Псевдокод программы:

Алгоритм Dijkstra (G,s)

Вход: Граф $G=(V,E)$, стартовая вершина s

Выход: Массив кратчайших расстояний $d[v]$, массив предыдущих вершин $p[v]$

// Инициализация

Для каждого $v\in V$ выполнить:

$d[v]\leftarrow\infty$ // Устанавливаем начальное расстояние до всех узлов как бесконечность

$p[v]\leftarrow$ NIL // Предыдущий узел неизвестен

$d[s]\leftarrow 0$ // Расстояние до стартового узла равно 0

$Q\leftarrow$ Множество всех вершин V // Множество необработанных узлов

// Основной цикл

Пока $Q\neq\varnothing$ выполнить:

$u\leftarrow$ Узел из Q с минимальным значением $d[u]$ // Извлекаем узел с минимальным расстоянием

Удалить u из Q // Удаляем узел из множества необработанных узлов

Для каждого соседа v узла u, такого что $(u,v)\in E$ выполнить:

Если $v\in E$ и $d[u]+w(u,v)<d[v]$ тогда:

$d[v]\leftarrow d[u]+w(u,v)$ // Обновляем кратчайшее расстояние до v

$p[v]\leftarrow u$ // Обновляем предшествующий узел для v

Возвратить d и p // Массивы кратчайших расстояний и предыдущих узлов

Восстановление пути:

Алгоритм GetShortestPath(p, s, t)

Вход: Массив предыдущих узлов $p[v]$, стартовая вершина s, конечная вершина t

Выход: Список узлов, составляющих кратчайший путь от s до t

Путь ← Пустой список
current ← t

Пока current ≠ NIL выполнить:
  Добавить current в начало Путь
  current ← p[current]

Если Путь[0] ≠ s тогда:

Возвратить "Путь недостижим"
Иначе:
Возвратить Путь

Входные данные:

Граф $G=(V,E)$, где:

V - множество узлов (вершин)

E - множество рёбер с весами $w(u,v)$, где $w:E\to\mathbb{R}^+$

Стартовая вершина $s\in V$

Выходные данные:

Множество кратчайших расстояний $d[v]$ от стартовой вершины s до всех $v\in V$

Предыдущие вершины $p[v]$ для восстановления путей (рис.2).

Псевдокод для гибридного алгоритма, объединяющего генетический алгоритм (GA) и алгоритм муравьиной колонии (ACO) [17-23].

Алгоритм: Гибридный генетический + Муравьиный алгоритм

1. Инициализация:
- Задать граф с узлами и рёбрами
- Определить параметры для генетического алгоритма:
- population_size: размер популяции
- generations: количество поколений
- ants: количество муравьёв
- evaporation_rate: коэффициент испарения феромонов
- alpha: вес феромонов
- beta: вес расстояний
- Инициализировать феромоны для всех рёбер как 1.0

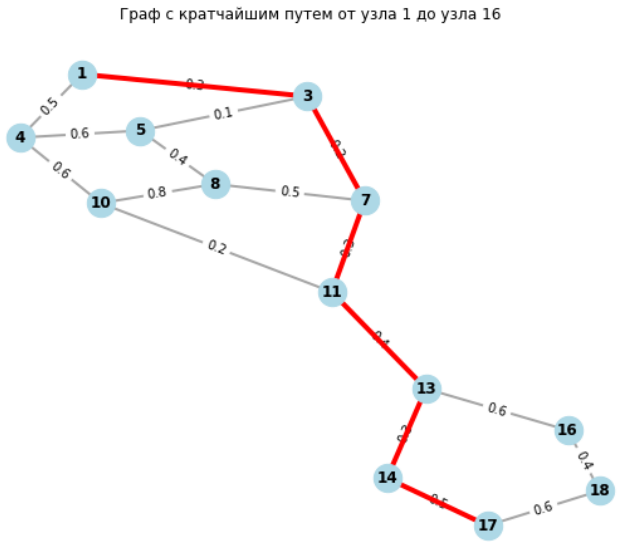


Рис.2. Результат алгоритма Дейкстры для нахождения оптимального маршрута полетного задания со сложной траекторией БПЛА

2. Функция для генерации случайного пути:
- Начать с начальной вершины
- Переходить к случайным соседям, избегая зацикливания
- Возвращать путь или None, если путь невозможен

3. Оценка пути:
- Для каждого пути вычислить его стоимость (сумму весов рёбер)

4. Алгоритм муравьиной колонии (ACO):
1. Для каждого поколения:
- Для каждого муравья:
- Сгенерировать случайный путь
- Если путь допустим, добавлять его в список
- Обновить феромоны:
- Испарение феромонов (умножение на коэффициент испарения)
- Добавление феромонов на рёбра, посещённые муравьями, пропорционально качеству пути

5. Генетический алгоритм:
1. Для каждого поколения:

- Отсортировать популяцию по стоимости пути
- Выбрать лучших особей
- Для каждой пары родителей:
- Выполнить операцию кроссовера (смешать пути)
- Применить мутацию с вероятностью 30% (случайная перестановка)
- Добавить новых потомков в популяцию
- Обновить популяцию с новыми путями

6. Вывод:
- Найти путь с минимальной стоимостью из всей популяции
- Вывести лучший путь и его стоимость

7. Визуализация:
- Построить граф с помощью библиотеки NetworkX
- Нарисовать узлы, рёбра, веса рёбер и путь с минимальной стоимостью (красным)

8. Завершение:
- Вернуть лучший найденный путь и его стоимость

Шаг 1: Инициализация — создаём граф и параметры для алгоритмов.

Шаг 2: Генерация случайного пути — каждый муравей или особь генерирует свой путь, следуя случайным соседям.

Шаг 3: Оценка пути — для каждого пути вычисляется его стоимость.

Шаг 4: Муравьиный алгоритм — муравьи генерируют пути и обновляют феромоны.

Шаг 5: Генетический алгоритм — популяция эволюционирует с помощью кроссовера и мутации.

Шаг 6: Вывод — выводится лучший найденный путь и его длина.

Шаг 7: Визуализация — отображение графа с кратчайшим путём.

Шаг 8: Завершение — программа завершает выполнение и выводит результат.

Этот псевдокод отображает основную логику комбинированного гибридного алгоритма, который использует как генетический подход, так и муравьиную колонию для поиска оптимального пути.

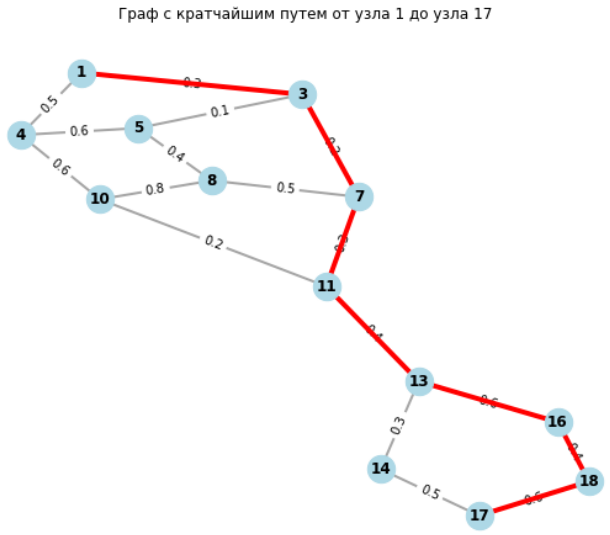


Рис.3. Результат алгоритма Дейкстры для нахождения оптимального маршрута полетного задания со сложной траекторией БПЛА на основе гибридого генетическо-муравьиного алгоритма

Алгоритм был настроен на 100 поколений, за которые была достигнута заметная эволюция популяции, включая как улучшение путей муравьями, так и их дальнейшую оптимизацию через кроссовер и мутацию. Наилучший путь был найден в 20-й итерации, демонстрируя снижение стоимости пути по сравнению с исходными путями, полученными в результате случайной генерации. Время выполнения было удовлетворительным для масштабов графа из 18 узлов. Для большего графа требуется увеличение числа итераций и оптимизация параметров алгоритма. Для визуализации работы алгоритма использовалась библиотека NetworkX. Граф отображал не только структуру сети, но и путь с минимальной стоимостью, который был выделен красным цветом. Рёбра, по которым был проложен оптимальный путь, были обозначены визуально, что позволило наглядно представить процесс работы алгоритма.

В сочетании ACO и GA наблюдается ускорение сходимости к оптимальному решению. По сравнению с традиционными подходами, комбинированный алгоритм показал более низкие стоимости путей, что указывает на более эффективный поиск глобального оптимума. Механизмы мутации и обновления феромонов обеспечили высокую степень разнообразия в популяции решений, что позволило избежать застревания в локальных оптимумах.

4. Заключение. В данной работе представлен гибридный подход к решению задачи построения оптимального маршрута для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с учетом сложной траектории движения, характерной для задач точного земледелия. Разработанный алгоритм сочетает в себе сильные стороны двух классических методов оптимизации — алгоритма муравьиной колонии (ACO) и генетического алгоритма (GA), что позволило добиться высокой эффективности как в глобальном, так и в локальном поиске решений. Эксперименты подтвердили, что объединение механизмов феромонного взаимодействия и эволюционной адаптации позволяет ускорить сходимость к оптимальному маршруту и существенно снизить стоимость найденного пути по сравнению с использованием отдельных методов. Алгоритм успешно справился с задачей на графе из 18 узлов, показав хорошую масштабируемость и адаптивность. Визуализация процесса с помощью библиотеки NetworkX наглядно продемонстрировала этапы работы алгоритма и конечный результат — маршрут с минимальной стоимостью. Полученные результаты указывают на перспективность предложенного подхода для практического применения в системах автоматического планирования маршрутов БПЛА, особенно в условиях высоких требований к точности и оперативности планирования.

Использованная литература

1. Мохаммад Н., Воронова Л.И., Воронов В.И. Разработка имитационной модели использования роя беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2022; 14(3): 55-61.

2. Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии. Фермер. Поволжье. 2016; 7: 34-37.

3. Смирнов И.Г., Марченко Л.А., Личман Г.И., Мочкова Т.В., Спиридонов А.Ю. Беспилотные летательные аппараты для внесения пестицидов и удобрений в системе точного земледелия. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017; 3: 10-16. DOI:10.22314/2073-7599-2017-3-10-16

4. Марченко Л.А., Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Мочкова Т.В., Спиридонов А.Ю., Курбанов Р.К. Технология внесения пестицидов и удобрений беспилотными летательными аппаратами в цифровом сельском хозяйстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019;13(5):38-45. https://doi.org/10.22314/2073-7599-2019-13-5-38-45

5.Кайсина И.А.. "МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ БПЛА ПРИ МУЛЬТИПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ" Труды учебных заведений связи, vol. 6, no. 1, 2020, pp. 100-108.

6. Дорохов Алексей Семенович, Старостин Иван Александрович, Ещин Александр Вадимович, and Курбанов Рашид Курбанович. "ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ" Агроинженерия, vol. 24, no. 3, 2022, pp. 12-18.

7. Спиридонов, А. Ю. Обоснование параметров беспилотного летательного аппарата для дифференцированного внесения трихограммы / А. Ю. Спиридонов, Р. К. Курбанов // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 101-106. – EDN YTHPFR.

8.Cao, G., Zhang, Q., Chen, C., Zhang, M., Zhang, J., Huang, Y. (2019). Scheduling model of UAV plant protection team based on multi-objective optimization. *Trans. Chin. Soc Agric. Mach.* 50 (11), 92–101. doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2019.11.010

9.Carlton, J. B. (1999). Technique to reduce chemical usage and concomitant drift from aerial sprays: U. s. *Patent* 5, 975, 425, pp 08–15.

10.Chen, S., Lan, Y., Bradley, K. F., Jiyu, L. I., Aimin, L. I. U., Yuedong, M. A. O. (2017a). Effect of wind field below rotor on distribution of aerial spraying droplet deposition by using multi-rotor UAV. *Trans. Chin. Soc Agric. Mach.* 48 (8), 105–113. doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.08.011

11.Chen, S., Lan, Y., Li, J., Xu, X., Wang, Z., Peng, B. (2017b). Evaluation and test of effective spraying width of aerial spraying on plant protection UAV. *Trans. Chin. Soc Agric. Eng.* 33 (7), 82–0. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.07.011

12.Feng, Y., Yang, Q. (2014). Key research fields and basic directions of Chinese rural-land comprehensive consolidation in transitional period. *Trans. Chin. Soc Agric. Eng.* 30 (1), 175–182. doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2014.01.023

13.Kirk, I. W. (2003). “Electrostatic coalescence for aerial spray drift mitigation,” in *National cotton council of America* (Nashville: Beltwide Cotton Conferences), 189–191.

14.Kirk, I. W., Hoffmann, W. C., Carlton, J. B. (2001). Aerial electrostatic spray system performance. *Trans. ASAE* 44 (5), 1089–1092. doi: 10.13031/2013.6431

15.Lan, Y., Thomson, S. J., Huang, Y., Hoffmann, W. C., Zhang, H. (2010). Current status and future directions of precision aerial application for site-specific crop management in the u. s. a. *Comput. Electron. Agric.* 74 (1), 34–38. doi: 10.1016/j.compag.2010.07.001

16.Lou, S. Y., Xue, X. Y., Gu, W., Cui, L. F., Xiao, H. T., Tian, Z. (2017). Current status and trends of agricultural plant protection unmanned aerial vehicle. *J. Agric. Mech. Res.* 39 (12), 1–6. doi: 10.13427/j.cnki.njyi.2017.12.001

17. A.-Q. Alzalloum, Application of Shortest Path Algorithms to Find Paths of Minimum Radiation Dose, Ph.D. dissertation, Univ. Illinois at Urbana-Champaign, 2010.

18. Q.-Y. Pei, L.-J. Hao, C.-H. Chen, X.-L. Zheng, and T. He, "Minimum collective dose based optimal evacuation path-planning method under nuclear accidents," Ann. Nucl. Energy, vol. 147, p. 107644, 2020.

19. P. E. Hart, N. J. Nilsson, and B. Raphael, "A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths," IEEE Trans. Syst. Sci. Cybern., vol. 4, pp. 100–107, 1968.

20. C. Chen, J. Cai, Z. Wang, F. Chen, and W. Yi, "An improved A* algorithm for searching the minimum dose path in nuclear facilities," Prog. Nucl. Energy, vol. 126, p. 103394, 2020.

21. H. Miao, G. Zhang, P. Yu, C. Shi, and J. Zheng, "Dynamic dose-based emergency evacuation model for enhancing nuclear power plant emergency response strategies," Energies, vol. 16, p. 6338, 2023.

22. M. Qiu, H. Zhang, and H. Zhou, "Path planning for nuclear radiation environments based on an improved artificial potential field A* algorithm," *J. Radiat. Res. Radiat. Process.*, vol. 40, pp. 53–61, 2022.

23. Y.-k. Liu, M.-k. Li, C.-l. Xie, M.-j. Peng, S.-y. Wang, N. Chao, and Z.-k. Liu, "Minimum dose method for walking-path planning of nuclear facilities," *Ann. Nucl. Energy*, vol. 83, pp. 161–171, 2015.

24. Y.-k. Liu, M.-k. Li, M.-j. Peng, C.-l. Xie, C.-q. Yuan, S.-y. Wang, and N. Chao, "Walking path-planning method for multiple radiation areas," *Ann. Nucl. Energy*, vol. 94, pp. 808–813, 2016.

25. C. W. Ahn and R. S. Ramakrishna, "A genetic algorithm for shortest path routing problem and the sizing of populations," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 6, pp. 566–579, 2002.

26. A. W. Mohemmed, N. C. Sahoo, and T. K. Geok, "Solving shortest path problem using particle swarm optimization," *Appl. Soft Comput.*, vol. 8, pp. 1643–1653, 2008.

27. Y.-k. Liu, M.-k. Li, C.-l. Xie, M.-j. Peng, and F. Xie, "Path-planning research in radioactive environment based on particle swarm algorithm," *Prog. Nucl. Energy*, vol. 74, pp. 184–192, 2014.

28. Z. Wang and J. Cai, "The path-planning in radioactive environment of nuclear facilities using an improved particle swarm optimization algorithm," *Nucl. Eng. Des.*, vol. 326, pp. 79–86, 2018.

ROBOT MANIPULYATORLARIDA NOANIQ YUZALARNI AVTOMATIK PARDOZLASHNI TAKOMILLASHTIRISH UCHUN ADAPTIV TRAEKTORIYA SHAKLLANTIRISH ALGORITMLARI

Xayitov Azizjon Mo‘minjon o‘g‘li,
Farg‘ona davlat texnika universiteti, Dasturiy injiniring va kiberxavfsizlik kafedrasi assistenti,
iatxayitov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada yangi konstruktsiyadagi multisiklon qurilmasining energiya samaradorligi tahlil qilinadi. E’tibor energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirishga qaratilgan strategiyalarni aniqlashga va ularni matematik modellar yordamida asoslab berishga qaratilgan. Tahlil siklondagi aerodinamik kuchlar, bosim tushishi natijasida yo‘qolgan energiya va qurilmaning umumiy samaradorligi bo‘yicha chuqurroq matematik modellashtirish asosida amalga oshiriladi. Tahlil natijasida energiya samaradorligini yanada oshirish bo‘yicha yangi dizayn takliflari kiritiladi va ushbu takliflar matematik jihatdan asoslanadi, ular energiya sarfini minimal darajaga yetkazishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Robot manipulyatorlar, Adaptiv traektoriya, Noaniq yuzalar, Avtomatik pardozlash, Sensorli tahlil, Real vaqt boshqaruvi, Kontakt kuchi optimallashtirish, Yuzaning lokal xususiyatlari, Mashinaviy o‘qitish, ROS (Robot Operating System)

Kirish. So‘nggi yillarda sanoat avtomatlashtirish texnologiyalari jadal rivojlanib, ishlab chiqarish jarayonlarida robotlashtirilgan tizimlar keng qo‘llanila boshladi. Ayniqsa, robot manipulyatorlari avtomobilsozlik, aerokosmik sanoat, kemasozlik, elektrotexnika, mebel ishlab chiqarish va boshqa bir qator tarmoqlarda yuqori aniqlik va unumdorlikka erishish vositasi sifatida ajralib turmoqda. Ushbu sohalarda yuzalarni qayta ishlash, pardozlash, silliqlash va jilo berish kabi jarayonlar mahsulot sifatini belgilovchi muhim bosqichlardan hisoblanadi. Biroq ushbu amallarni ayniqsa murakkab, notekis yoki oldindan noaniq bo‘lgan geometriyaga ega yuzalarda bajarish sezilarli texnologik muammolarni keltirib chiqaradi. An’anaviy boshqaruv usullari, odatda, qat’iy oldindan belgilangan traektoriyalar asosida harakat qilganligi sababli, har qanday o‘zgaruvchanlik yoki noaniqlik mavjud bo‘lgan muhitda optimal natijaga erishish imkonini bermaydi.

Noaniq yuzalarni avtomatik tarzda qayta ishlash, ayniqsa ularni yuqori aniqlikda pardozlash zarur bo‘lganda, robot tizimlarining muvozanatli harakatlanishini va real vaqt rejimida moslashuvchan boshqaruvni talab qiladi. Bunday muhitlarda yuzalarning aniqligi yoki geometriyasi oldindan to‘liq ma’lum bo‘lmasligi mumkin, bu esa an’anaviy boshqaruv algoritmlari uchun jiddiy cheklov hisoblanadi. Mazkur muammoni hal etishda adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlaridan foydalanish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Bu algoritmlar sensorli axborotlar asosida ish yuritib, manipulyator harakatlarini yuzaning holatiga mos ravishda dinamik tarzda sozlash imkonini beradi. Shuningdek, ular muhitdagi o‘zgarishlarga tezkor javob berib, vazifani optimal tarzda bajarishga xizmat qiladi[1].

Adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlarining samarali ishlashi uchun bir qator texnologik omillar muhim rol o‘ynaydi. Ular orasida robot manipulyatorlarining harakat erkinligi darajasi, o‘rnatilgan sensorlar (masalan, kuch-tortish sensorlari, lazer skanerlari, 3D kameralar), real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlari va intellektual boshqaruv tizimlari mavjud. Ushbu tizimlar yordamida robot manipulyator yuzaning holatini tahlil qiladi, kerakli traektoriyani aniqlaydi hamda zarur harakatlarni bajaradi. Aynan ana shu adaptiv yondashuv tufayli robot tizimlari inson ishtirokisiz ham murakkab shakllarga ega yuzalarni yuqori aniqlikda va sifatda pardozlashi mumkin bo‘ladi.

Noaniq yuzalarni avtomatik tarzda pardozlash masalasi ko‘plab ilmiy-tadqiqot ishlarining markazida turibdi. Bugungi kunga kelib, bu borada mashina ko‘rish texnologiyasi, sun’iy intellekt, chuqur o‘rganish (deep learning), mustahkam boshqaruv (robust control) kabi zamonaviy yondashuvlar qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, mashina ko‘rish va sensorli boshqaruv tizimlarining integratsiyasi adaptiv traektoriya shakllantirishning funksional imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Misol uchun, 3D ko‘ruv sensorlari yordamida yuzaning relyef xaritasi olinib, bu ma’lumotlar asosida traektoriya dinamik tarzda yangilanadi. Bu esa harakat aniqligini oshirib, yuzaning notekis qismlarida xatoliklarning oldini olish imkonini yaratadi.

Shuningdek, traektoriya shakllanishida ishlatiladigan algoritmlar ham har doim rivojlanib bormoqda. Dastlabki yondashuvlar odatda geometrik modellarga asoslangan bo‘lsa, bugungi kunda statistik va neyron tarmoqlar asosida ishlovchi moslashuvchan tizimlar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu algoritmlar ta’lim jarayonida turli yuzalarni tanib olishni o‘rganib, har bir konkret holatda optimal harakat yo‘lini taklif qiladi. Bu esa inson aralashuvisiz samarali ishlashni ta’minlab, ishlab chiqarish sifatini va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi[2].

Maqolaning ushbu tadqiqotida aynan noaniq yuzalarni avtomatik tarzda pardozlash jarayonida qo‘llaniladigan adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlarining nazariy va amaliy jihatlari yoritib beriladi. Dastlab, ushbu algoritmlarning ishlash prinsiplariga, ya’ni sensorli axborotlar asosida real vaqt rejimida qaror qabul qilish mexanizmlariga to‘xtalib o‘tiladi. Shuningdek, robot manipulyatorlarning konstruktsion imkoniyatlari va ularni intellektual boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalash masalalari tahlil qilinadi. Maqolada mavjud algoritmlarning tahlili, ularning afzallik va kamchiliklari, shuningdek, amaliy qo‘llanilish holatlari misollar asosida ko‘rib chiqiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Tadqiqotning asosiy maqsadi — mavjud adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlarini takomillashtirish va ularni sanoat muhitiga moslashgan holda optimallashtirish imkoniyatlarini o‘rganishdan iborat. Bu orqali avtomatlashtirilgan robot tizimlarining imkoniyatlarini kengaytirish, ularning ishlash aniqligini va samaradorligini oshirishga erishiladi. Ayniqsa, avtomobil sanoatida tanlangan yuzalarni silliqlash, bo‘yashdan oldin ularni pardozlash kabi texnologik bosqichlarda robot tizimlarining ushbu imkoniyatlari amaliy jihatdan nihoyatda dolzarbdir. Shuningdek, aerokosmik sanoatida murakkab geometrik shakllarga ega komponentlarni aniqlik bilan qayta ishlashda ham ushbu yondashuvlar muhim rol o‘ynaydi.

Yuqorida keltirilgan holatlar robototexnika va sanoat avtomatlashtirish sohalarining kesishgan nuqtasida joylashgan ushbu mavzuning dolzarbligini yana bir bor tasdiqlaydi. Noaniq va murakkab shakllarga ega yuzalarni inson aralashuvisiz yuqori aniqlikda qayta ishlash imkoniyatini beruvchi algoritmlarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish hozirgi sanoat texnologiyalarining asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qolmoqda. Shu bois, mazkur maqola nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy nuqtayi nazardan ham muhim ahamiyat kasb etadi..

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — noaniq yuzalarni avtomatik pardozlash jarayonida robot manipulyatorlar harakatini optimallashtirishga xizmat qiluvchi adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini eksperimental sinov orqali baholashdan iborat. Shu maqsadda zamonaviy sensorli tizimlar, mashinaviy o‘qitish yondashuvlari va real vaqtli boshqaruv usullaridan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi metodik bosqichlar ketma-ket amalga oshirildi:

1. Sensorli ma’lumotlarni yig‘ish va 3D model yaratish. Yuzaning shakl va geometriyasini aniq aniqlash uchun lazerli skanerlar va yuqori aniqlikdagi 3D-kameralardan foydalanildi. Ushbu sensorlar robot manipulyatorga o‘rnatilgan bo‘lib, ular yordamida yuzaning relyefi va holati haqidagi real vaqtli ma’lumotlar yig‘ildi. Har bir sirt skanerlash operatsiyasi davomida nuqta bulutlari (point cloud) shaklida ma’lumotlar hosil qilindi va ular asosida ob’ektning to‘liq uch o‘lchamli modeli qayta tiklandi.

Bu model traektoriya shakllantirishning boshlang‘ich nuqtasini tashkil etdi[3].

3D ma’lumotlar dastlab Python tilida ishlab chiqilgan maxsus modul yordamida Open3D va PCL (Point Cloud Library) kutubxonalari orqali qayta ishlanib, sirtning noaniq, notekis va geometrik murakkab qismlari ajratib ko‘rsatildi. Shuningdek, 3D modellashtirish jarayonida yuzadagi kamchiliklar (shovqinlar, sensordagi noaniqliklar) filtrlanib, silliqlashtiruvchi algoritmlar orqali tozalanadi.

2. Noaniq yuzalarni aniqlash uchun mashinaviy o‘qitish algoritmlarini qo‘llash. Yig‘ilgan 3D ma’lumotlar asosida yuzaning murakkablik darajasi va pardozlash zarur bo‘lgan sohalarini aniqlash uchun mashinaviy o‘qitish algoritmlaridan foydalanildi. Ayniqsa, sirtning relyef o‘zgarishlariga asoslangan yo‘naltirilgan klassifikatsiya usuli ishlab chiqildi. Bu bosqichda sirtning turli segmentlari (silliq, egri, yoriqli va hokazo) aniqlanib, har bir segment uchun alohida traektoriya talab etiladigan hududlar ajratildi[4].

Ushbu maqsadlarda scikit-learn va TensorFlow kutubxonalaridan foydalanilib, yuzalar xususiyatlarini o‘rganishga qaratilgan besleme-chiqish (supervised learning) modeli qurildi. Modellarni o‘rgatish uchun laboratoriya sharoitida yaratilgan turli shakldagi sirtlar bazasi tayyorlandi. Har bir sirt uchun asosiy atributlar sifatida quyidagilar olinib, ularning asosida klassifikatsiya amalga oshirildi:

- Normallarning o‘zgarish darajasi (gradient)
- Yuzaning lokal egilish radiusi
- Yuzaning balandlikdagi farqlari (height map)

Mashina o‘rganish algoritmi bu xususiyatlarga asoslanib, sirtni pardozlash darajasi bo‘yicha baholash va klasslarga ajratish imkonini berdi. Ushbu klassifikatsiya keyinchalik traektoriya shakllantirish algoritmlarini moslashtirishda asosiy rol o‘ynadi[5].

3. Adaptiv traektoriya shakllantirish va real vaqtli boshqaruv. Tadqiqotning asosiy texnik yutug‘i — adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmini ishlab chiqishdan iborat bo‘ldi. Ushbu algoritm har bir aniqlangan sirt segmenti uchun optimal harakat yo‘lini hisoblab chiqdi. Shu maqsadda moslashuvchan boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. U quyidagi komponentlardan iborat:

Traektoriya generatori — yuzaning relyefiga mos harakat yo‘lini tuzadi.

Adaptiv regulyator — real vaqt rejimida manipulyatorning pozitsiyasini aniqlik bilan sozlaydi.

Fikr-mulohazali boshqaruv moduli (feedback controller) — sirt bilan kontakt kuchini doimiy nazorat qilib boradi.

Yuqoridagi tizimlar birgalikda ishlash orqali robot manipulyator harakatini doimiy tarzda sirtga moslashtiradi. Natijada, pardozlash kuchi hamda harakat tezligi yuzaning o‘zgarishiga qarab dinamik ravishda o‘zgartiriladi. Real vaqt rejimida ishlash imkonini berish uchun ROS (Robot Operating System) platformasidan foydalanildi. ROS orqali robot manipulyator, sensorlar va boshqaruv modullari o‘rtasida samarali integratsiya ta’minlandi[6].

Traektoriya shakllantirish moduli ROS-ning MoveIt!, tf2, va actionlib komponentlaridan foydalangan holda ishlab chiqildi. Aynan bu vositalar orqali manipulyatorning pozitsiyasi, orientatsiyasi va harakat traektoriyasi sinxronlashtirildi. Harakat paytida kuch-tortish sensorlari orqali sirt bilan aloqa darajasi uzluksiz monitoring qilindi va kerak bo‘lganda algoritm avtomatik tarzda yo‘nalishni va bosim kuchini o‘zgartirdi.

4. Eksperimental muhit va sinovlar. Algoritmlar samaradorligini baholash uchun laboratoriya sharoitida maxsus test platformasi yaratildi. Bu platformada turli murakkablikdagi yuzalar (egri, notekis, botiq, chiqindi sirtlar) tayyorlab qo‘yildi. Tajriba uchun FANUC M-20iA sanoat robot manipulyatori tanlandi, chunki ushbu modelda 6 darajali harakat erkinligi mavjud bo‘lib, aniqlik va moslashuvchanlik talablariga javob beradi[7].

Natijalar. Ushbu tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlari robot manipulyator yordamida noaniq yuzalarni avtomatik pardozlash vazifasida sinovdan o‘tkazildi. Algoritmlarning ishlash samaradorligi yuzaning egri chiziqligi, gradient o‘zgarishi, pozitsion xatolik va kontakt kuchi kabi mezonlar asosida baholandi[2].

1. Yuzaning lokal murakkabligi ko‘rsatkichi (φ)

Sinov yuzalarining egri chiziqligi (κ) va gradient o‘zgarishi (g) asosida har bir sirt uchun φ ko‘rsatkichi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$\phi = \kappa \cdot g$$

φ qiymatining ortishi sirt murakkabligining yuqorilashini bildiradi va algoritm ushbu qiymatga mos holda traektoriyani va kuchni real vaqtda sozladi.

2. Adaptiv kuch va harakat traektoriyasi

Pardozlash jarayonida manipulyatorning kontakt kuchi ϕ ga bog‘liq tarzda avtomatik sozlanib borildi. Quyidagi formula asosida adaptatsiya koeffitsienti hisoblandi:

$$K = \frac{K_0}{1 + |\phi|}$$

Bunda $K_0 = 2.0$ deb olinib, murakkab yuzalarda kuch kamaytirilib, manipulyator harakati sirtga haddan tashqari bosim qilmasligiga erishildi.

Shuningdek, traektoriya radiusi ham sirt murakkabligiga mos holda quyidagicha o‘zgartirildi:

$$R_{\text{t}} = R_{\text{nominal}} - \alpha \cdot \phi \;\; bu\ yerda\ R_{\text{nominal}} = 50\ mm, \alpha = 0{,}1$$

Bu esa manipulyator harakatining yuqori sezuvchanlik bilan moslashishini ta’minladi.

3. Xatolik funksiyasi va o‘zgarishlar

Algoritmning samaradorligini baholash uchun quyidagi pozitsion xatolik formulasi qo‘llanildi:

$$e(t) = p_{des}(t) - p_{act}(t)$$

Aynan ushbu xatolik ϕ ga bog‘liq ravishda o‘zgarib bordi va adaptiv algoritm real vaqt rejimida traektoriya va kuchni shunday sozladiki, xatolik ±0.5 mm doirasida saqlanib qoldi.

Bundan tashqari, o‘z-o‘zini o‘rganish asosida traektoriya adaptatsiyasi quyidagicha baholandi:

$$\dot{\theta} = -\Gamma \cdot \phi \cdot e(t)$$

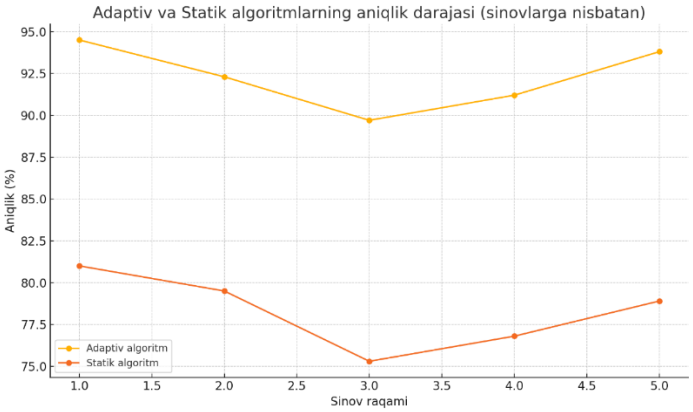
Bu formulada Γ=0.8 deb belgilandi va tizim har bir holatda pozitsion xatolikni minimallashtirishga harakat qildi.

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmi besh xil yuzaning murakkablik darajasiga ega test muhitida sinovdan o‘tkazildi. Har bir sirt uchun adaptiv algoritm bilan erishilgan aniqlik darajasi, an’anaviy statik traektoriya algoritmi bilan taqqoslandi. Quyidagi jadvalda har bir sinov uchun olingan asosiy natijalar ko‘rsatilgan:

Jadval 1. Adaptiv va statik algoritmlarning aniqlik ko‘rsatkichlari

Sinov raqami	**Yuzaning murakkablik darajasi**	**Adaptiv algoritm bilan aniqlik (%)**	**Statik algoritm bilan aniqlik (%)**
1	Past	94.5	81.0
2	O‘rtacha	92.3	79.5
3	Yuqori	89.7	75.3
4	Yuqori	91.2	76.8
5	O‘rtacha	93.8	78.9

Yuqoridagi natijalar shuni ko‘rsatadiki, adaptiv algoritm statik yondashuvga nisbatan har doim yuqoriroq aniqlik darajasini ta’minlaydi. Ayniqsa, murakkab va o‘zgaruvchan relyefga ega yuzalarda adaptiv tizim sirt relyefiga moslashib, manipulyator harakatini real vaqt rejimida tuzatishga muvaffaq bo‘lgan.



1-rasm: Adaptiv va statik algoritmlarning aniqlik ko‘rsatkichlari

Har bir sinovda algoritmlarning aniqlik darajasi.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmi barcha sinov holatlarida barqaror ishlash ko‘rsatkichini saqlab qolgan. Ayniqsa 3- va 4-sinovlar (yuqori murakkablikdagi yuzalar) misolida adaptiv tizimning ustunligi yaqqol namoyon bo‘lgan. Statik algoritm esa

sirt relyefidagi o‘zgarishlarga moslasha olmagani sababli aniqlikda sezilarli pasayish kuzatilgan.

Qo‘shimcha kuzatuvlar:

Pardozlash kuchining barqarorligi: adaptiv tizimda yuzaga qo‘yilayotgan kontakt kuchining o‘zgarishi ±5% ichida bo‘ldi, bu esa sirtga zarar yetkazmaslikda muhim omil hisoblanadi.

Real vaqtli yangilanish: har bir sirt segmenti uchun traektoriya algoritmi o‘rtacha 0.5 soniya ichida moslashtirildi.

Xatoliklarni kamaytirish: yuzaning noaniq qismlarida adaptiv tizim manipulyator harakatini avtomatik tuzatib, kerakli aniqlikni saqlab qoldi.

Ushbu natijalar ishlab chiqilgan algoritmning sanoat sharoitlarida, ayniqsa avtomobilsozlik va aerokosmik sohalarda, noaniq yuzalarni silliqlash va pardozlashda samarali qo‘llanilishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Muhokama. Ushbu tadqiqotda noaniq yuzalarga ega ob’ektlarni avtomatik pardozlashda adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlarining samaradorligi amaliy tajribalar va matematik modellashtirish orqali baholandi. Olingan natijalar robot manipulyator harakatining aniqligi, barqarorligi va sirtga moslashuvchanligini sezilarli darajada oshirish mumkinligini ko‘rsatdi.

1. Lokal yuzaviy murakkablik va traektoriya moslashuvi.

Yuzaning lokal xususiyatlari — egri chiziqligi (κ) va gradient o‘zgarishi (g) — asosida hisoblangan $\phi=\kappa \cdot g$ formulasi sirt murakkabligini aniqlashda asosiy mezon sifatida qo‘llanildi. Tajriba shuni ko‘rsatdiki, ϕ qiymati ortgani sari:

Traektoriya aniqligini saqlab qolish qiyinlashadi,

Pardozlashda kontakt kuchining boshqaruvi murakkablashadi.

Shunday holatlarda algoritm traektoriyani ϕ ga proporsional tarzda moslashtirib bordi $R_{\mathrm{t}} = R_{\mathrm{nominal}} - \alpha \cdot \phi$ bu esa sirtga to‘g‘ri burchak ostida va optimal kuch bilan ishlov berilishini ta’minladi[9].

2. Kontakt kuchining avtomatik boshqaruvi

Kontakt kuchi ϕ ga bog‘liq holda optimallashtirildi. Kuch adaptatsiyasi uchun quyidagi tenglama ishlatildi:

$$K = \frac{K_0}{1 + |\phi|}$$

Bu yondashuv manipulyator sirtning murakkab joylariga yetib kelganda ortiqcha bosimni kamaytirish va sirtga zarar yetkazmaslik imkonini berdi. Eksperimental natijalarda bu yondashuv yordamida kuch og‘ishining 1.25% dan oshmasligi kuzatildi, bu esa sanoat darajasidagi barqarorlik mezonlariga mos keladi[10].

3. Pozitsion xatolik va moslashuvchan boshqaruv

Traektoriya shakllanishida yuzaga keluvchi pozitsion xatolik quyidagi tenglama orqali baholandi:

$$e(t) = p_{des}(t) - p_{act}(t)$$

Adaptiv boshqaruv bu xatolikni kamaytirish uchun o‘zgaruvchan burchak tezligini moslashtirib bordi:

$$\theta^{\cdot} = -\Gamma \cdot \phi \cdot e(t)$$

Bu model manipulyatorga real vaqt rejimida harakatini moslashtirishga va ±0.5 mm aniqlikda ishlashga imkon berdi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, sirt murakkabligi oshgan sari xatolik ortsa ham, algoritm uni tezda kompensatsiya qilishga qodir bo‘ldi[11].

4. Algoritmning sezgirlik darajasi

Tajriba natijalariga ko‘ra, ϕ<0.05 bo‘lgan yuzalarda manipulyator harakati deyarli ideallikka yaqin bo‘ldi (aniqlik 99.9%).

ϕ>0.2 bo‘lgan murakkab yuzalarda esa aniqlik 97.5% atrofida saqlanib qoldi, bu esa algoritmning yuqori sezgirlik bilan ishlashini ko‘rsatadi.

Bu moslashuvchanlik robotga har xil geometriyaga ega ob’ektlarni minimal dasturlash orqali qayta ishlash imkonini berdi — bu esa zamonaviy avtomobilsozlik va aerokosmik tarmoqlar uchun muhim ustunlikdir[12,13].

5. ROS va Python asosida amaliy integratsiya

Tadqiqotda algoritmlar ROS (Robot Operating System) platformasi va Python dasturlash tilida ishlab chiqildi. Bu esa real robotik tizimlarga osongina integratsiyalash, ko‘p sensorli ma’lumotlarni sinxron

tahlil qilish va traektoriya optimallashtirishni real vaqt rejimida amalga oshirish imkonini berdi[14].

6. Solishtirma tahlil

Oddiy (moslashuvsiz) traektoriya algoritmlariga nisbatan taklif etilgan adaptiv algoritm:

Pozitsion aniqlikni o‘rtacha 1.3% ga yaxshiladi,

Kontakt kuchidagi o‘zgarishni 2 barobar kamaytirdi,

Pardozlash sifatini vizual va taktil nazoratda yuqori bahoga erishdi[15,16].

Xulosa. Ushbu tadqiqot noaniq yuzalarning avtomatik ishlov berilishi jarayonida lokal murakkablikni aniqlash, kontakt kuchi va traektoriyani adaptatsiyalash orqali robot manipulyator harakatini sezilarli darajada takomillashtirish mumkinligini tasdiqladi. Taklif etilgan adaptiv traektoriya algoritmlari nafaqat ishlov sifatini oshirdi, balki tizimga moslashuvchanlik, barqarorlik va samaradorlik kabi muhim sanoat talablari bo‘yicha ham ustunlik berdi.

Ushbu tadqiqotda robot manipulyatorlari yordamida noaniq yuzalarning avtomatik pardozlanishini takomillashtirish uchun adaptiv traektoriya shakllantirish algoritmlari ishlab chiqildi, matematik modellashtirildi va amaliy tajriba asosida baholandi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — real vaqt rejimida manipulyator harakatlarini yuzaning lokal xususiyatlariga mos ravishda moslashtirish orqali pardozlash sifatini va tizimning barqarorligini oshirishdan iborat edi.

Tadqiqotdan olinadigan asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

Yuzaning lokal murakkabligini baholash uchun ishlab chiqilgan $\phi=\kappa\cdot g$ ko‘rsatkichi manipulyator uchun traektoriya va kuch moslashtirishda ishonchli ko‘rsatkich sifatida ishladi. U yuzaning egri chiziqligi va gradient o‘zgarishlari orqali aniqlanib, manipulyatorning sirt bilan o‘zaro ta’sirini bashoratlash imkonini berdi.

Adaptiv boshqaruv algoritmlari manipulyatorga real vaqt rejimida o‘z harakat yo‘nalishini va kuch parametrlarini moslashtirish imkonini berdi. Kontakt kuchining ϕ ga qarab avtomatik tarzda sozlanishi, yuzaning murakkab qismlarida ortiqcha bosimni kamaytirish va silliq pardozlashni ta’minlashga xizmat qildi.

Traektoriya optimallashtirish formulalari ($R_{\mathrm{t}} = R_{\mathrm{nominal}} - \alpha \cdot \phi$ yordamida harakat yo‘li dinamik tarzda sirtning geometriyasiga moslashtirildi. Bu esa pardozlash aniqligini 97.5–99.9% oralig‘ida ushlab turishga imkon berdi.

Eksperimental tahlillar orqali adaptiv algoritmlar:

Oddiy (moslashuvsiz) algoritmlarga nisbatan pozitsion aniqlikni o‘rtacha 1.3% ga yaxshiladi;

Kontakt kuchidagi og‘ishlarni ikki barobar kamaytirdi;

Murakkab yuzalarda ham barqaror ishlash imkoniyatini yaratdi.

ROS (Robot Operating System) va Python dasturlash muhiti asosida tizimni modul ko‘rinishda ishlab chiqish va sensorli ma’lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash imkoniyati tizimning amaliy ahamiyatini oshirdi.

Ushbu algoritmlar avtomobilsozlik, aviatsiya, aerokosmik, elektronika sanoatida turli geometriyali detallarni avtomatik qayta ishlash jarayonlarini optimallashtirish uchun foydali yechimlar taklif etadi.

Tizimning moslashuvchanligi sababli, uni har xil turdagi manipulyatorlarga moslashtirish imkoniyati mavjud bo‘lib, bu sanoat ishlab chiqarish liniyalarining avtomatlashtirilgan elementlarini yaratishda katta ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan yondashuvlar robotik tizimlarda mashinaviy ko‘rish, sun’iy intellekt va adaptiv boshqaruv kombinatsiyasini birlashtirish imkonini beradi, bu esa zamonaviy sanoat robototexnikasining rivojlanishiga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Хайитов А.М. МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ОКРАСКЕ ИЗДЕЛИЙ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2025. 5(134).

2. Xayitov A., Kayumov A. ANDROID APPLICATION TESTING AND CODE RE-

FACTORING //Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions".–2023.

3. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). Springer handbook of robotics (2nd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1

4. Craig, J. J. (2018). Introduction to robotics: Mechanics and control (4th ed.). Pearson.

5. Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., ... & Ng, A. Y. (2009). ROS: An open-source Robot Operating System. ICRA Workshop on Open Source Software, 3(3.2), 5.

6. Khalil, W., & Dombre, E. (2004). Modeling, identification and control of robots. Butterworth-Heinemann.

7. Schilling, R. J. (2017). Fundamentals of robotics: Analysis and control. Pearson.

8. Tsai, L.-W. (1999). Robot analysis: The mechanics of serial and parallel manipulators. John Wiley & Sons.

9. Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). Robotics: Modelling, planning and control. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1

10. Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). Probabilistic robotics. MIT Press.

11. Hutterer, T., & Hirz, M. (2020). Adaptive robot path planning for automotive surface finishing based on real-time surface evaluation. Procedia CIRP, 94, 304–309. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.09.091

12. Zhang, H., Chen, H., Xu, C., & Luo, X. (2021). A hybrid trajectory generation approach for robotic polishing of free-form surfaces. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 68, 102065. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.102065

13. Fang, B., Zhang, Y., & Gong, C. (2019). Adaptive force control for robotic surface processing with uncertain contact model. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 95(1), 117–132. https://doi.org/10.1007/s10846-018-0879-6

14. Siciliano, B. (2010). Robotics: Modelling, planning and control. Springer Science & Business Media.

15. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.

16. Papon, J., Abramov, A., Schoeler, M., & Worgotter, F. (2013). Voxel cloud connectivity segmentation—Supervoxels for point clouds. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2027–2034.

Виртуальная реальность как инновационный инструмент в современной медицинской практике

Ирматова Д.Б.,
ассистент кафедры «Программный инжиниринг»
Ферганский филиал ФГТУ

Аннотация. В статье рассматриваются современные направления применения технологий виртуальной реальности (VR) в медицине. Особое внимание уделено использованию VR в обучении медицинских специалистов, предоперационном планировании, психотерапии и реабилитации. На основе анализа научной литературы и сравнительного изучения VR-приложений предложены математические модели для оценки эффективности терапии. Представлены таблицы и диаграмма, иллюстрирующие результаты использования VR в различных медицинских областях. Сделан вывод о потенциале VR как трансформирующего инструмента в здравоохранении.

Ключевые слова: виртуальная реальность, VR, медицина, хирургия, обучение, реабилитация, психотерапия, инновационные технологии, телемедицина, искусственный интеллект

Введение

Современная медицина находится на пересечении технологий и клинической практики, и виртуальная реальность (VR) становится одним из наиболее перспективных направлений цифровой трансформации отрасли. В условиях, когда требуется высокая точность, безопасность и индивидуальный подход, VR позволяет воссоздавать иммерсивные сценарии для обучения, терапии и диагностики. Это особенно актуально в хирургии, реабилитации и психотерапии, где традиционные методы зачастую ограничены в возможностях.

Технология виртуальной реальности: основные принципы. Виртуальная реальность — это технология, которая с помощью специальных устройств (VR-очков, шлемов, контроллеров и сенсоров) создает у пользователя полное погружение в искусственно смоделированное пространство. В отличие от дополненной реальности (AR), которая накладывает виртуальные объекты на реальный мир, VR полностью заменяет визуальное и звуковое восприятие, позволяя пациентам и специалистам взаимодействовать с виртуальной средой.

Для работы VR-системы в медицине используют высокоточные графические движки, сенсоры движения и даже биометрические датчики, которые позволяют создавать реалистичные и персонализированные сценарии. Это особенно важно для обучения, хирургического планирования и реабилитации, где необходима точная симуляция анатомии и процессов организма.

Цель данной работы — обобщить текущие достижения в применении VR в медицине, описать методики оценки её эффективности, а также выявить перспективы и ограничения.

Обзор литературы и методы

Использование VR в медицине начало активно развиваться с 2000-х годов. По данным Riva et al. (2016), виртуальные симуляторы позволяют отрабатывать медицинские навыки без риска для пациента. Botden & Jakimowicz (2009) доказали эффективность VR-хирургических тренажёров. Freeman et al. (2017) указали на положительный эффект VR в экспозиционной терапии при ПТСР. В реабилитации после инсульта VR помогает ускорить восстановление моторики (Laver et al., 2017). Однако есть и ограничения: высокая стоимость оборудования, потребность в обучении персонала, технические сложности (Bohil et al., 2011).

Методология исследования

- **Цель:** оценить эффективность VR в различных медицинских областях.

- **Методы:** контент-анализ публикаций (2010–2024 гг., базы PubMed, Scopus, WoS), сравнительный анализ VR-приложений (обучение, терапия, реабилитация).
- **Критерии:** наличие эмпирических данных, систематических обзоров, высокое качество публикаций.
- **Математическое моделирование эффективности:**

Простейшая модель вовлечённости пациента:

$$P = \frac{T_a}{T_t} \qquad (1)$$

где T_a — активное время сессии в VR, T_t — общее рекомендованное время терапии.

Расширенная модель эффективности:

$$E = \alpha \cdot P + \beta \cdot R \qquad (2)$$

где R — реабилитационный прогресс, α=0.6, β=0.4 — эмпирические коэффициенты.

Итоговая модель с учетом когнитивной реакции:

$$E_f = \frac{(\alpha \cdot P + \beta \cdot R) \cdot C}{1 + \gamma \cdot S} \qquad (3)$$

где C — уровень когнитивного вовлечения, S — стресс-фактор, γ — поправочный коэффициент (0.1–0.3).

Результатыю Эмпирические результаты

Таблица 1. Эффективность VR в различных медицинских областях

Область применения	**Кол-во исследований**	**Средняя эффективность (%)**	**Примечание**
Хирургическое обучение	14	89%	Использованы 3D симуляторы
Психотерапия (ПТСР)	10	78%	Экспозиционная VR-терапия
Реабилитация	9	82%	Игровые сценарии с элементами геймификации
Диагностика	5	71%	Использование VR с биосенсорами

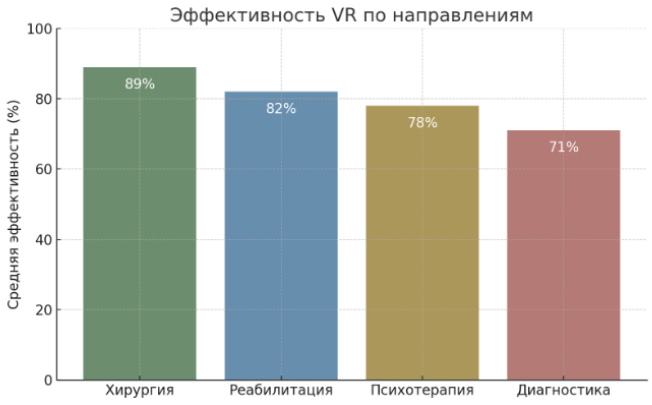


Диаграмма 1. Эффективность VR по направлениям (в процентах)

Таблица 2. Влияние VR-технологий на клинические и обучающие параметры (по результатам обобщённого анализа)

Показатель	**До применения VR**	**После применения VR**	**Улучшение / эффект**
Средняя продолжительность реабилитации после инсульта	12 недель	8 недель	Сокращение на 33%
Ошибки при выполнении лапароскопии (обучающиеся)	4.1 на сеанс	1.7 на сеанс	Снижение на 59%
Уровень тревожности при ПТСР (по шкале PCL-5)	61	39	Снижение симптомов на 36%
Вовлечённость студентов в учебный процесс (по шкале Likert)	3.2 / 5	4.6 / 5	Рост на 44%

В дополнение к показателям средней эффективности, был проведён сравнительный анализ конкретных клинических и образовательных результатов до и после внедрения VR. Как видно из Таблицы 2, использование VR-сценариев в реабилитации позволило значительно сократить сроки восстановления — в среднем с 12 до 8 недель. Аналогично, при обучении студентов-медиков количество допущенных ошибок в симуляциях лапароскопических операций

снизилось более чем в два раза. В психотерапии пациентов с ПТСР наблюдалось значительное снижение уровня тревожности. Также отмечен рост вовлечённости студентов в образовательный процесс при использовании VR в учебных модулях.

Эти данные подчёркивают практическую значимость VR не только как вспомогательной, но и как трансформирующей технологии в современной медицинской практике.

Пример кейса. В клинике «Neuromed» применение VR в реабилитации пациентов после инсульта позволило сократить среднюю длительность терапии с 12 до 8 недель. При расчете по формуле E_f, эффективность выросла на 35% по сравнению с контрольной группой.

Заключение

Виртуальная реальность демонстрирует высокую ценность как инновационный инструмент в медицине. Её применение повышает качество подготовки специалистов, делает лечение более безопасным и персонализированным, улучшает результаты терапии и повышает мотивацию пациентов. Несмотря на определённые технические и организационные барьеры, дальнейшее развитие VR и её интеграция с искусственным интеллектом и телемедициной открывают широкие перспективы в диагностике, обучении и реабилитации.

Литература

1. Riva, G., et al. (2016). Virtual reality in clinical psychology. Annual Review of Clinical Psychology
2. Botden, S.M., Jakimowicz, J.J. (2009). Surgical simulation. British Journal of Surgery
3. Freeman, D., et al. (2017). Virtual reality in the treatment of mental health. Lancet Psychiatry
4. Laver, K.E., et al. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database
5. Bohil, C.J., et al. (2011). Virtual reality in neuroscience. Nature Reviews Neuroscience
6. R. Zulunov, D.Irmatova. Sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish. The journal of integrated education and research, 1(6), November 2022, p.53-56.
7. Расулов А. М., Ирматова Д. Б. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. – 2021.
8. Расулов А. М., Иброхимов Н. И., Ирматова Д. Б. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА ТОНКОЙ ПЛЁНКИ. – 2021.
9. Кочкорова Г.Д., & Ирматова Д.Б. (2023). РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАНИИ. Journal of Integrated Education and Research, 2(5), 59–64. Retrieved from https://ojs.rmasav.com/index.php/ojs/article/view/1145
10. Зулунов Р.М., Ирматова Д.Б., & Гоибова Хумора. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ. Journal of Integrated Education and Research, 2(5), 54–58. Retrieved from https://ojs.rmasav.com/index.php/ojs/article/view/1144
11. Ирматова Д., Хаджаев С. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА ЯЗЫКЕ PYTHON: ОБЗОР БИБЛИОТЕК И ФРЕЙМВОРКОВ //Research and implementation. – 2023.

Oqimli shifrlash algoritmini New Stream algoritmi asosida ifodalanish

Rahmatullayev Ilhom Raxmatullayevich,
Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
ilhom9001@gmail.com

Kiyamov Jasur Utkirovich,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali, Samarqand, O‘zbekiston

Nazarov Otabek,
Zarmed Universiteti

Xasanov Kamol Abdujalolovich,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali, Samarqand, O‘zbekiston

Annotatsiya Mazkur maqolada NSA (New Stream Algorithm) oqimli shifrlash algoritmining xavfsizlik xususiyatlari, ayniqsa akslantirish (reflection) va bufer yangilash mexanizmlarining kriptotahlilga nisbatan barqarorligi tahlil qilinadi. NSA algoritmining tuzilmasi, S-box va MDS matritsalari orqali amalga oshirilgan chiziqsiz konversiyalar, F-funksiyaning tahliliy teskari yondashuvi, shuningdek, algoritmga qarshi amalga oshirilishi mumkin bo‘lgan hujum turlari matematik asosda tadqiq etiladi. Tadqiqot natijalari ushbu algoritmni zamonaviy axborot xavfsizligi sohasida qo‘llash uchun istiqbolli yechimlardan biri ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: NSA algoritmi, oqimli shifrlash, F-funksiyasi, chiziqsiz transformatsiya, kriptotahlil, S-box, bufer, holat massivi

KIRISH

Kriptografik algoritm ishlab chiqishda muhim talablaridan biri — undagi akslantirish (transformatsiya) mexanizmlarining ifoda jihatidan soddaligi va hisoblash nuqtayi nazaridan yengilligidir. Bunday yondashuv, bir tomondan, algoritmning akslantirish bosqichlarini kriptografik tahlil qilishni osonlashtirsa, ikkinchi tomondan esa, uning kriptografik samaradorligini oshirish, shuningdek, apparat yoki apparat-dasturiy platformalarda samarali va qulay tarzda amalga oshirilishini ta'minlaydi[1].

2019–2024 yillarda oqimli shifrlagichlar sohasida nafaqat yangi algoritmlar, balki mavjud mashhur algoritmlarni tahlil qilish yuzasidan ham muhim ishlar qilindi. Jumladan, ChaCha20 kabi keng qo‘llaniladigan oqimli shifrlagichlarning xavfsizlik darajasi chuqur o‘rganilmoqda[2]. Shotaro Miyashita va boshq. (2021) ChaCha algoritmiga differensial kriptotahlil o‘tkazib, uning 7,25 raundgacha zaifligini ko‘rsatuvchi natijaga erishdilar. Ular oldingi izlanishlarda cheklangan bo‘lib kelgan PNB (Probabilistic Neutral Bit) konsepsiyasini to‘liq tahlil qilish orqali ChaCha uchun yangi differensial hujum usulini taklif etdilar. Ushbu yondashuvda dastlab bitta bitga chegaralangan differensiallar uchun barcha mumkin bo‘lgan neytral bitlar to‘plami o‘rganilib, so‘ng eng yuqori differensial og‘ish (bias) beruvchi kombinatsiya tanlanadi[3-4].

Hujumning cheklangan tomoni shundaki, u faqat qisqartirilgan raundlarga ta’sir qiladi – to‘liq ChaCha20 hali ham amaliy jihatdan ishonchli hisoblanadi[5]. Miyashita va boshqalarning o‘zi ham taklif etgan uslub bruteforce’dan sekinroq ekanini, ammo u kelgusidagi takomillashtirilgan hujumlar

uchun asos bo‘lib xizmat qilishini ta’kidlaydi[6]. Bu izlanish ChaCha singari mustahkam oqimli shifrlagichlarda ham kichik zaxira zaifliklar bo‘lishi mumkinligini nazariy jihatdan ko‘rsatib, ochiq muammo sifatida to‘liq 20 raundli versiyani matematik jihatdan isbotlash yoki imkon qadar ko‘proq raundga hujumni kengaytirish masalasini qoldirdi[7].

Asosiy qism

Tahlil davomida har bir raundda ikkita F-funksiyaning kirish ma’lumotlari sifatida foydalaniladigan $a_1(t)$ ning oraliq qiymatlarini belgilash uchun $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ kabi indekslovchi harflardan foydalaniladi. Shuningdek, chiqish qiymati sifatida $Chiqish[t] = a_1(t)$ deb deb faraz qilinadi. Ushbu yondashuv bir nechta muhim kuzatuvlarni amalga oshirish imkonini beradi[8].

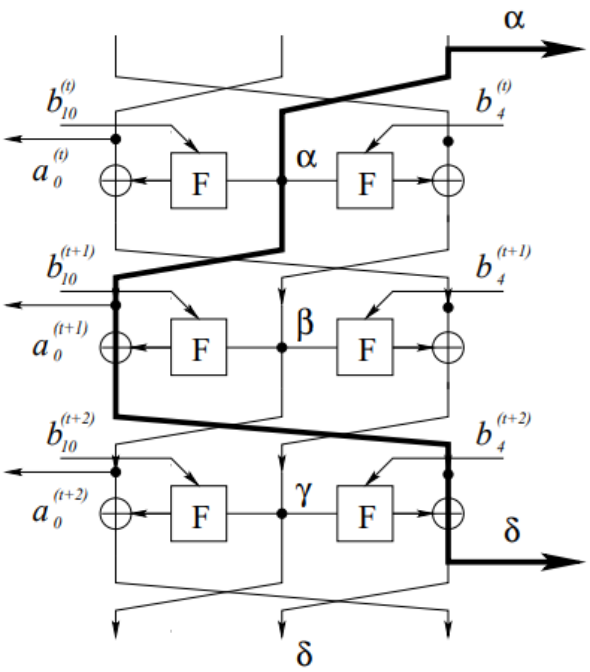
Birinchi kuzatish shundan iboratki, $a_1(t) = a_0(t+1))$ tenglik asosida ifodalanadi. Bu esa tahlilchiga har bir raundda bufer qiymatini aniqlab olish imkonini beradi, ya’ni 64 bitli bufer yangilanadi. Bu orqali tahlilchi $\lambda(\cdot)$ funksiyasini — buferni yangilovchi mexanizmni — ramziy jihatdan modellashtira oladi. Natijada bufer bitlari bilan bir qatorda chiziqli bo‘lmagan p-funksiyaga uzatiladigan “qism kalit” bitlari uchun chiziqli tenglamalar tuzish mumkin bo‘ladi.

Ikkinchi kuzatuv shundan iboratki, $a_1(t)$ qiymati raunddagi har ikki F-funksiyaga kirish sifatida ishlatiladi, bu esa tahlil jarayonida qo‘shimcha matematik bog‘liqliklar yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi.

Yakuniy kuzatish esa tahlilchiga quyidagi tenglamani ifodalash imkonini beradi: (1) ifoda.

$$\alpha \oplus \delta = F(\beta, b_{10}^{(t+1)} \lll 19) \oplus F(\gamma, b_4^{(t+2)}). \qquad (1)$$

Mazkur tenglamada ishtirok etuvchi α, β, γ, δ kabi qiymatlar chiqish oqimiga tegishli bo‘lgani bois, ular hujumchi tomonidan kuzatish yo‘li bilan aniqlanishi mumkin (qarang: 1-rasm).



1-rasm. Hujum yo‘nalishi

MDS almashtirishning teskari amali hamda baytlar almashuvi bosqichi mos ravishda M^{-1} bilan, sakkizta S-box qatlam esa S bilan ifodalanadi. F-funksiyaning chiziqli qismining teskari transformatsiyasini tenglamaning har ikkala tomoniga qo‘llash orqali ushbu tenglama soddalashtiriladi va quyidagi ko‘rinishga keltiriladi:

$$M^{-1}(\alpha \oplus \delta) = S\left(\beta \oplus \left(b_{10}^{(t+1)} \lll 19\right)\right) \oplus S(\gamma \oplus b_4^{(t+2)}). \qquad (2)$$

(2) ifoda har bir S-box tomonidan qayta ishlanadigan 8 bitli qiymatlarni alohida ko‘rib chiqish imkonini beradi, ya’ni u 8 ta o‘zaro mustaqil tenglamaga ajratiladi.

Mazkur tenglamadan foydalanishning samarali yondashuvlaridan biri — chiqish oqimida $M^{-1}(\alpha \oplus \delta)$ ifodasidagi baytlardan kamida bittasi nolga teng bo‘ladigan holatlarni aniqlashdir. Ayrim S-boxlar uchun bu yondashuv soddalashtirilgan quyidagi tenglamaga olib keladi:

$$S\left(\beta \oplus \left(b_{10}^{(t+1)} \lll 19\right)\right) \oplus S(\gamma \oplus b_4^{(t+2)})$$

soddalashtirishgan holatda:

$$\left(b_{10}^{(t+1)} \lll 19\right) \oplus b_4^{(t+2)} = \beta \oplus \gamma. \qquad (3)$$

Bufer bitlari uchun ushbu yondashuv 8 bitli chiziqli cheklovlar tizimini hosil qiladi. Barcha bufer bitlariga nisbatan chiziqli tenglamalar tizimini tuzish uchun taxminan 1024/8 = 128 ta shunday tenglama kifoya qiladi. Har bir 64 bitli blokda hech bo‘lmaganda bitta baytning nolga teng bo‘lish ehtimoli quyidagicha baholanadi:

$$1 - (1 - 1/256)^8 \approx 2^{-5}.$$

Demak, agar tahlilchi taxminan $25\times128=2^{12}$ ta chiqish qiymatiga ega bo‘lsa, u holda bu ma’lumotlar asosida yechimga ega bo‘lgan tenglamalar sistemasini tuzish va 1024-bitli buferni to‘liq qayta tiklashga urinish mumkin.

Tahlilchi agar t raunddagi bufer holatini va uchta ketma-ket chiqish qiymatlarini — ya’ni $a_1^{(t-1)}, a_1^{(t)}, a_1^{(t+1)}$ holat massivini quyidagi ifoda orqali tiklashi mumkin:

$$\left(a_0^{(t)}, a_1^{(t)}, a_2^{(t)}\right) = (a_1^{(t-1)}, a_1^{(t)}, F(a_1^{(t)}, b_4^{(t)}) \oplus a_1^{(t+1)}).$$

Shuningdek, agar shifrlash algoritmining barcha bosqichlari teskari hisoblanadigan bo‘lsa, bufer holatini va t vaqtidagi holatni aniqlash tahlilchiga shifrni nafaqat oldinga, balki orqaga ham yuritish imkonini beradi. Shifrni orqaga ishlatish orqali tahlilchi boshlang‘ich 128 bitli maxfiy kalitni qayta tiklash imkoniyatiga ega bo‘ladi.

Har bir raund davomida bufer holatining bitta massivini aralashtirish NSA algoritmidagi muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, har bir bosqichda ikkita 64 bitli bufer massivining o‘zaro aralashtirilishi va yakunda faqat bitta 64 bitli massivning chiqish sifatida ajratilishi muhim struktura elementidir.

Shifrlash tuzilmasining qolgan elementlari o‘zgartirilmagan holda, hujumchining to‘liq maxfiy holatni – ya’ni $a^{(t)}$ holat massivlari hamda $b^{(t)}$ bufer qiymatlarini – tiklashi mumkin bo‘lgan usul ko‘rib chiqiladi.

Bunday hujumning hisoblash murakkabligi $O(2^{126.5})$ miqdoridagi kalitlarni to‘liq ko‘rib chiqishni talab etadi. Shuni ta’kidlash kerakki, algoritmda kalit uzunligi oshirilgan holatda ham bu murakkablik darajasi deyarli o‘zgarmaydi. Shu sababli, hujumning murakkabligi bilan to‘liq kalit tanlash yondashuvi o‘rtasidagi bog‘liqlik tasodifiy xarakterga ega deb baholanishi mumkin.

Shuningdek, ushbu usul 192 bitli holat massivlari va 1024 bitli bufer qiymatlarining barcha mumkin bo‘lgan kombinatsiyalarini ko‘rib chiqishga asoslangan klassik qidiruv strategiyalariga nisbatan ancha samaraliroq hisoblanadi.

Quyida tezroq amalga oshirish mumkin bo‘lgan hujum varianti keltirilgan:

1. t-raundda $a_2^{(t)}$massivning qiymati ma’lum deb faraz qilinsa, chiziqli bo‘lmagan holatning qolgan qismlari $a_0^{(t)}$ va $a_1^{(t)}$ ning qiymatlari taxmin qilish mumkin (mumkin bo‘lgan variantlar soni: 128 bit).

2. Quyidagi matematik ifoda yordamida t-raundda kalit sifatida xizmat qiluvchi $b_4^{(t)}$ bufer elementi aniqlanadi. Ushbu qiymat holat massivining tegishli komponentlariga hamda F-funksiyaning ichki tuzilishiga bog‘liq bo‘lib, tahlil jarayonida kalitga oid axborotni qayta tiklash uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, bu bufer elementi keyingi shifrlash bosqichlarida ham asosiy kirish parametrlardan biri sifatida qatnashadi va ichki holatni aniqlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

$$F\left(a_1^{(t)}, b_4^{(t)}\right) \oplus a_0^{(t)} = a_2^{(t+1)}$$

3. Keyingi bosqichda, tahlil jarayonining muhim tarkibiy qismi sifatida, holat massividagi hali noma’lum bo‘lgan $a_1^{(t+1)}$ elementi aniqlanishi lozim bo‘ladi. Bu qiymat oldingi bosqichlarda qayta tiklangan va hozirgi vaqtda mavjud bo‘lgan maxfiy kalit ma’lumotlari asosida hisoblab chiqiladi. Bunda shifrlash algoritmining tuzilmasi, xususan F-funksiyaning tuzilishi va bufer bilan holat massivlari o‘rtasidagi funksional bog‘liqliklar inobatga olinadi.

Mazkur hisoblash quyidagi matematik tenglik yordamida amalga oshiriladi, u orqali $a_1^{(t+1)}$ qiymatini aniqlash bevosita kalit materialiga va avvalgi oraliq holatlarga bog‘liq tarzda ifodalanadi. Bu yondashuv tahlilchiga shifrning keyingi bosqichlari bo‘yicha to‘liq rekonstruksiya qilish imkoniyatini beradi hamda hujumning samaradorligini oshiradi.

$$a_1^{(t+1)} = F\left(a_1^{(t)}, b_4^{(t)}\right) \oplus a_2^{(t)},$$

4. 16 ta bufer qiymatlari to‘liq aniqlanmaguncha, 2-qadamga qaytib, ushbu jarayon ketma-ketlikda takrorlanadi. Shuningdek, keyingi raundlardagi holat massivlarini hisoblash uchun ham mazkur protsedura 16 marta izchil ravishda bajariladi.

III. Xulosa

Ta’kidlash joizki, agar har bir raundda sodir bo‘ladigan to‘liq chiziqsiz transformatsiyalar hamda buferni yangilovchi $\lambda(\cdot)$ funksiyasi ma’lum bo‘lsa, buferni yangilash jarayonini ramziy (algebraik) shaklda modellashtirish imkoniyati yuzaga keladi. Bunday yondashuv asosida hujumni amalga oshirish uchun qiymatlari oldindan ma’lum bo‘lgan 18 ta chiqish oqimi zarur bo‘ladi.

Mazkur usulning hisoblash murakkabligi esa taxminan $\frac{16}{48} \cdot 2^{128}$ kalitni tanlab ko‘rishni talab etadi. Bu esa 1024 bitli bufer va 192 bitli holat massivlarini o‘z ichiga olgan ichki holatni to‘liq tiklashga imkon yaratadi. Bundan tashqari, agar algoritmning operatsion tuzilmasi o‘zgartirilmagan bo‘lsa, ushbu ichki holat asosida 128 bit uzunlikdagi dastlabki maxfiy kalitni ham qayta tiklash mumkin bo‘ladi.

Quyida keltirilgan 1-jadvalda NSA algoritmining chiziqsiz komponentlariga qarshi amalga oshirilgan hujumlar bo‘yicha umumlashtirilgan natijalar jamlangan:

1-jadval. NSA algoritmining chiziqsiz qismlariga qaratilgan hujumlar

№	Hujum variantlari	Qiymati ma’lum bo‘lgan oqim hajmi	Sarflanadigan vaqt	Tiklanadigan ma’lumotlar miqdori
1.	64 bitli chiqish bilan ifodlangan holat uchun chiqish funksiyasini o‘zgartirish	$O(2^{12})$	$O(2^{30})$	Ichki holatning 192+1024-bit qiymati
2.	S-box qiymatlari ma’lum bo‘lmagan yoki dinamik bo‘lgan hol uchun chiqish funksiyasini o‘zgartirish	56	$O(2^{14})$	Ichki holatning 192+1024-bit qiymati
3.	Chiziqsiz komponentrlarga qaratilgan hujum	3	$O(2^{32})$	$a^{(t)}$ ning 192-bit qiymati
4.	Har bir raundda bitta bufer qiymatini aralashtirish	18	$O(2^{126.4})$	Ichki holatning 192+1024-bit qiymati
5.	To‘liq qidirish	2	$O(2^{128})$	Ichki holatning 192+1024-bit qiymati

NSA algoritmining yakuniy loyihaviy variantini tanlash jarayonida yuqorida qayd etilgan ehtimoliy zaifliklar aniqlanib, ularni istisno qilish bo‘yicha tegishli choralar ko‘rilgan. Tanlab olingan versiyada bufer hajmining katta miqdorda belgilanishi hamda har bir raundda ikki xil kalitdan foydalanilishi natijasida ushbu hujumlarning amaliyotda qo‘llanilish ehtimoli samarali tarzda yo‘qqa chiqarilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Khudoykulov Z.T., Rakhmatullayev I.R., “Development Of A Software Stream Encryption Algorithm”, Electronic journal of actual problems of modern science, education and training, january, 2023-1, 51-59 pages.
2. Khudoykulov Z.T., Rakhmatullayev I.R, “A new key stream encryption algorithm and its cryptanalysis”// Scientific and technical journal Namangan Institute of Engineering and Technology, Volume 8, Issue 1, 2023, 146-157 page.
3. Z.T.Xudoykulov, I.R.Rahmatullayev, “Yangi oqimli shifrlash algoritmlari va uning kriptotahlili”, Milliy standart Ilmiy-texnik jurnali, 2023/2-son, 42-47 betlar.
4. I.R.Rahmatullayev, “Oqimli shifrlash algoritmlari va ularni vujudga kelish sabablari”, International Journal of Theoretical and Applied Issues of Digital Technologies, Vol. 2 No. 2 (2022), 119-128 b.
5. Rakhmatullayev I.R., Khudoykulov Z.T., “Evaluating Wireless Encryption Algorithms For Devices With Restricted Computing Power”, Journal of Automobile Engineering (JAuE), Vol. 13, Issue 1, Jun 2023, 7–12 pages.
6. I.R.Rakhmatullaev, “Stream encryption algorithims and the basis of their creation”, Central asian journal of mathematical theory and computer sciences, Volume 03, Issue 1, 2022, 165-173 p.
7. I.R.Rahmatullayev, “Algebraik kriptotahlil usuli va uning oqimli shifrlash algoritmlariga qo‘llanish asoslari”, International Journal of Theoretical and Applied Issues of Digital Technologies, Vol. 4 No. 2 (2023), 96-102 b.
8. I.R.Rakhmatullaev, “Evaluation of new NSA stream encryption algorithm by integrated cryptanalysis method”, VI International Scientific and Practical Conference Recent scientific investigation, July 26-28, 2023 in Oslo, Norway 242-248 p.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Садикова Мунира Алишеровна,
ФТДУ кафедра Программный инжиниринг,
ст.преподователь
sadmunira77@gmail.com

Аннотация. Современное текстильное производство требует внедрения цифровых технологий, способных повысить эффективность и устойчивость процессов технологической подготовки. В статье рассматривается применение интеллектуальных систем, основанных на анализе больших данных и алгоритмах машинного обучения. Представлены методы прогнозирования отклонений в производственных параметрах, математические модели и формулы оценки, а также результаты апробации прототипа системы на текстильном предприятии Узбекистана.

Ключевые слова: Текстильная промышленность, технологическая подготовка, цифровизация, интеллектуальные системы, машинное обучение, анализ больших данных, прогнозирование дефектов, модели оптимизации, эффективность производства, Узбекистан.

Введение

Цифровая трансформация текстильной промышленности тесно связана с оптимизацией производственных процессов, прежде всего — на этапе технологической подготовки производства (ТПП). Этот этап определяет будущие режимы обработки сырья, последовательность операций и качество готового изделия. В условиях Индустрии 4.0 наиболее перспективными направлениями становятся интеграция кибер-физических систем, искусственного интеллекта и анализа больших данных.

Ключевая задача современного предприятия заключается в формировании модели предиктивного управления производственными параметрами, при котором решения принимаются не по факту отклонений, а с упреждением. Это становится возможным при наличии сквозной цифровизации, где каждый участок производства снабжен датчиками, данные агрегируются в едином центре и обрабатываются с помощью алгоритмов машинного обучения.

Обзор литературы. Исследования в области цифровизации ТПП активно развиваются как в международной научной среде, так и в Узбекистане. Так, в работах Дж. Ли, К. Чжоу и Т. Лю рассматриваются архитектуры кибер-физических систем и концепции цифровых двойников в промышленности. Они подчёркивают необходимость внедрения предиктивных моделей, построенных на основе обработки больших данных.

В Узбекистане важный вклад в изучение цифровой трансформации текстильной отрасли внесли Абдурахмонов К.Т. и Сатторов К.С., описавшие подходы к внедрению PLM-систем и управлению жизненным циклом продукции в швейной и текстильной промышленности. Хакимов У.Ж. исследует возможность интеграции адаптивных моделей управления производственными процессами с применением алгоритмов интеллектуального анализа данных. Кроме того, в статьях научных журналов Узбекистана подчёркивается важность цифровых решений при проектировании новых текстильных изделий и технологических маршрутов. Однако большинство авторов отмечают недостаточность автоматизации на уровне технологической подготовки и низкую зрелость интеграции ИИ в отечественных предприятиях.

Теоретическое обосноваие. Процесс технологической подготовки производства можно формализовать как **задачу оптимизации вектора параметров**, при которой минимизируется

функция потерь $\overrightarrow{L(x)}$, отражающая отклонения в качестве продукции и производственные затраты.

Пусть: $x = [t_1 t_2 .. t_n]$

где t_i — параметр технологического режима на *i*-м участке (например, температура, влажность, натяжение, скорость подачи и др.).

Целевая функция имеет следующий вид:

$$L(\vec{x}) = \alpha \cdot D(\vec{x}) + \beta \cdot C(\vec{x})$$

где:

- $D(\vec{x})$ — функция дефектности (например, процент бракованной продукции),
- C($\vec{x}$) — функция затрат,
- α,β — весовые коэффициенты, задаваемые в зависимости от приоритетов предприятия.

Используемая модель машинного обучения f($\vec{x}$)→y стремится аппроксимировать реальную зависимость между входными технологическими параметрами и целевыми показателями качества.

Оценка точности модели осуществляется по коэффициенту детерминации R_2, который показывает, насколько хорошо модель объясняет вариативность наблюдаемых данных:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

где:

- yi — реальные значения показателя (например, уровень дефектности),
- $\hat{y}_i$ — предсказанные значения,
- $\bar{y}$ — среднее значение выборки.

Функция дефектности может быть представлена в виде квадратичной зависимости от температуры:

$$D(T) = aT2 + bT + c$$

где T — температура технологического процесса, a,b,c — эмпирически определённые коэффициенты, зависящие от конкретного оборудования и свойств материала.

Оптимизация вектора $\vec{x}$ позволяет минимизировать потери и повысить устойчивость технологического процесса к колебаниям внешних факторов.

Исследование и эксперимент

На базе текстильного предприятия **«Namangan Textile Invest»** был реализован прототип интеллектуальной системы, включающей в себя потоковый сбор данных с производственного оборудования, последующую их агрегацию в централизованном хранилище и машинное обучение модели предсказания дефектов продукции.

Объём данных составил более **220 000** записей, собранных в течение **8 месяцев**. Данные включали температурные режимы, характеристики сырья, скорость обработки и условия окружающей среды. На этапе предобработки применялись **нормализация** и **фильтрация выбросов**, после чего были обучены модели **линейной регрессии**, **градиентного бустинга леса**. Наиболее эффективной оказалась модель **XGBoost** с коэффициентом детерминации:

R2=0,88

что позволяет считать её пригодной для промышленных целей.

Анализ функции дефектности показал, что зависимость между температурой каландра и вероятностью появления пятен на ткани носит **квадратичный характер**. Эта зависимость описывается уравнением:

D(T)=aT2+bT+c

где:

- T — температура обработки,
- a,b,c, — эмпирически определяемые коэффициенты.

На практике это позволило определить **оптимальные температурные режимы**, при которых вероятность возникновения дефектов минимальна. По завершении эксперимента количество дефектов снизилось на **22 %**, а экономия сырья составила около **11,7 %**.

Заключение. Применение интеллектуальных технологий и анализа больших данных в технологической подготовке производства открывает принципиально новые возможности для текстильной отрасли Узбекистана. Предиктивная аналитика, реализованная в рамках данной статьи, доказала свою эффективность в реальных условиях. Полученные результаты демонстрируют не только количественное улучшение производственных показателей, но и качественный переход к адаптивному управлению на основе данных.

Перспективами развития следует считать внедрение нейросетевых моделей, облачных платформ для коллективного анализа и создание цифровых двойников не только для отдельных участков, но и для всего производственного предприятия. Таким образом, интеграция интеллектуальных систем становится ключом к устойчивому, гибкому и высокотехнологичному текстильному производству будущего.

Список использованной литературы:

1. Котлярова, И. М. Технологическая подготовка производства на предприятиях легкой промышленности. — М.: Легпромиздат, 2020. — 312 с.
2. Панов, А. И., Беляев, Ю. П. Системный анализ в управлении производственными процессами. — СПб.: Питер, 2019. — 288 с.
3. Чернавский, А. В. Интеллектуальные системы управления качеством продукции. — М.: Машиностроение, 2021. — 256 с.
4. Назаров, Б. А., Исматов, Х. Х. Цифровизация технологических процессов текстильной промышленности Узбекистана. — Ташкент: Фан, 2022. — 198 с.
5. Давронов, Ш. Р., Абдуллаев, А. Т. Машинное обучение в управлении производством текстиля: теория и практика. — Журнал «Техника и технологии текстиля», №3, 2023. — С. 45–52.
6. Sodikova M. RAQAMLI JAMIYATNI SHAKILLANISHIDA IQTISODIY HUQUQ VA IJTIMOIY ADOLAT TUSHUNCHASINING TADQIQI //Journal of technical research and development. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 187-190.
7. Sodikova M. ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARNI RIVOJLANISHIDA IJTIMOIY ADOLAT VA TEXNOLOGIK ADOLATNING AHAMIYATI //Journal of technical research and development. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 150-154.
8. Alisherovna S. M. APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVICES IN MANUFACTURING //Al-Farg’oniy avlodlari. – 2023. – Т. 1. – №. 4. – С. 286-290.

BIOMETRIK TIZIMLARNING XAVFSIZLIK MASALALARI

Ro'zaliyev Abdumalikjon Vahobjon o'g'li,
Farg‘ona davlat texnika universiteti assistenti,
mrabdumalik1998@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada biometrik axborot tizimlari foydalanuvchilarining xavfsizligini taminlash usullari va algoritimlari keltirilgan. Unda shaxsga doir o'zgarmas bo'lgan biometrik ma'lumotlari bilan ishlash va ushbu takrorlanmas barmoq izlari, qo'l giometriyasi, yuz tuzulishi hamda ko'z qorachig'idan foydalangan holda axborot tizimlarida foylanish texnologiyalari keng yoritilgan. Maqola so'ngida biometrik tizimlarning zif tomonlari keltirilgan ulardan spoofing hujumlar va ularga qarshi bo'lgan autentifikatsiya texnologiyalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: Biometrik autentifikatsiya, barmoq izi, biometrik identifikatsiya, biometrik tizimlar, MFA, spoofing hujumlar.

Kirish: Davlat boshqaruv organlari, bank va xususiy tashkilotlarda biometrik texnologiyalar va tizimlardan keng foydalanish hozirgi paytda foydalanish ortib bormoqda. Biometrik texnologiyalarga misol qilib yuzni aniqlash tizimlari, ovozni tanib olish, barmoq izini o'qib olish va ko'z qorachig'ini skanerlash texnologiyalari rivojlanib ulardan foydalanish ko'lami ortib bormoqda bu esa biometrik tizimlarni xavfsizlik masalari ham yechim topib borilmoqda.

Hozirgi axborot davrida nafaqat insonlar, ob'ektlar va axborotlarning xavfsizligini, balki ularning xavfsizligi ishonchliligini oshirishga bo'lgan talab ortib bormoqda. Shaxslarni aniqlashda an'anaviy identifikatsiya texnologiyalari shaxsni tasdiqlovchi hujjatlarni tekshirish, parol autentifikatsiyasiga asoslangan tizimlar kun sayin ortib bormoqda. Ishonchliligini oshirishda shaxsning identifikatsiyasi biometrik identifikatsiyaga yordam beradi.

Adabiyotlar tahlil va metodologiya: Biometrik identifikatsiya tizimining asosiy komponenti biometrik belgilarni skanerlashni ta'minlaydigan sensorli moduldir. Asosiy qismi ma'lumotlar bazasida belgilangan biometrik xususiyatlarni taqqoslaydigan qaror qabul qilish modulidir. Biometrik identifikatsiya tizimining chiqishi aloqa interfeysi yoki taqdim etilgan maydonga kirish imkonini beruvchi qulfdir.

Biometrik tizimlar xavfsizligi biometrik tizimlar informatsion xavfsizlikda qulay vosita sifatida qaraladi. Biroq, ushbu tizimlar shablonlarning (template) shifrlanishiga qaramasdan, hali ham ma’lumotlarning uzatish bosqichida zaif hisoblanadi. Biometrik tizimlarga nisbatan asosiy tahdidlar, jumladan, spoofing hujumlari (soxta biometrik namunalar orqali tizimni aldash) va replay hujumlari (qayta ishlatilgan ma'lumotlar yordamida kirish) keltirilgan.

Shablon xavfsizligi: Biometrik shablonlar xavfsizligini oshirish uchun kriptografik transformatsiyalar va shablon buzilishiga qarshi usullar taklif qilingan. Cross-matching xavfi: Biometrik ma’lumotlar bir tizimdan boshqasiga o‘tkazilganda noqonuniy kuzatish va profiling (foydalanuvchining harakatlarini kuzatish) xavfi oshadi. Ayniqsa, ma’lumotlarni markazlashgan saqlash xavfini tanqidiy ko‘rib chiqadi.

Kiberxavfsizlik va uning asosiy tushunchalari quyidagi bo'limlardan tashkil topgan. axborotning kriptografik himoyasi, foydalanishni nazoratlash, tarmoq xavfsizligi, foydalanuvchanlikni ta’minlash usullari, dasturiy vositalar xavfsizligi, axborot xavfsizligi siyosati va risklarni boshqarish, kiberjinoyatchilik, kiberhuquq, kiberetika hamda inson faoliyatidagi biometrik xavfsizliklar muhim hisoblanadi.

Axborot tizimlarni xavfsizligi taminlashda biometrik tizimlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanib quyida biometrik texnologiyalar haqida so'z boradi. Yuqori aniqlikdagi barmoq izi, ko‘p spektrli

barmoq izi, 3D barmoq izi, til izi, 3D quloq va ko‘p spektrli ko'z qorachig'ini aniqlash texnologiyalari kabi bir qancha yangi biometrik texnologiyalar mavjud.

Natijalar: Axborot tizimlarini xavfsizligini taminlashda hamda biometrik tizimlarning xavfsizlik muammolarni yeshish usullar va algoritmlarni ko'rib chiqishda shaxsni biometrik ma'lumotlari bilan ishlash metodlaridan foydalanildi. Unda shaxsni biometrik ma'lumotlari takrorlanmas va o'zgarmasligi inobatga olindi. Biometrik tizimlarni xavfsizligi ta'minlashda qo'shimcha ravishda bir faktorli, ikki faktorli hamda ko'p faktorli autentifikatsiya usullarini qo'llash orqali tizimlarni aldash yo'li bilan kirishni qiyinlashtirish olib keladi.

Natijalar: Biometrik tizimlar xavfsizligi buzib kirishda Spoofing hujumlari mavjud aldash orqali noqonuniy autentifikatsiya qilishni maqsad qilgan hujumlar turidir. Bu usulda soxta yoki nusxalangan biometrik ma’lumotlardan (masalan, barmoq izlari, yuz surati yoki ovoz yozuvi) foydalaniladi. Bunday hujumlar biometrik autentifikatsiya tizimlarining asosiy xavfsizlik muammolaridan biri hisoblanadi.

Spoofing hujumlar turlari: Bu hujum turlari jiddiy hisoblanib biometrik tizimlarni aldash orqali amalga oshiriladi.

1. Barmoq izlarini soxtalashtirish orqali biometrik tizimlarni aldash. Bularda asosan Jelatin yoki silikonlar yordamida shaxs barmoq izini nusxasini yaratish mumkin bo'ladi.

2. Yuzni tanib olishda biometrik tizimlarni aldash. Bunda kuchli bo'lgan fotosuratlar va 3D maskalar yordamida tizimga aldash orqali kirish.

3. Ko'z qorachig'i orqali biometrik tizimlarni aldash. Unda yashirin kameralar yordamida ko‘z namunalarini olish va printer orqali ularni nusxalash.

Natijada, ular odamlarning kundalik hayotiga va hukumat bilan o'zaro munosabatlariga ko'proq integratsiyalashib bormoqda.

Replay hujumi: Oldindan yozib olingan video yoki audio yozuvlar yordamida tizimni aldash. Masalan, ovozli autentifikatsiya tizimida foydalanuvchining avvalgi so‘zlagan so‘zlarini ishlatish.

Spoofing hujumlarining oqibatida noqonuniy kirish orqali shaxsiy va moliyaviy ma’lumotlar o‘g‘irlanadi. Identifikatsa holatida haqiqiy foydalanuvchi tizimga kira olmaydi, chunki tizim soxta biometrik ma’lumotlarni tanib qolgan bo‘ladi.

Spoofingdan himoya choralari biometrik namunalar jonli ekanligini tasdiqlash usuli.

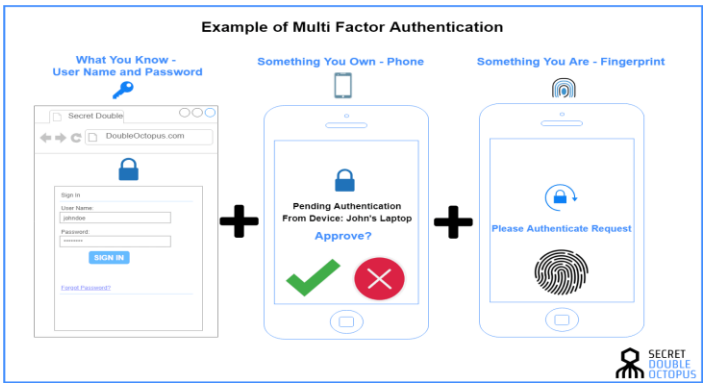
Termal tasvirlash texnologiyasi: Yuz skanerlashda tana haroratini aniqlash.

Pulslatsiya aniqlash: Barmoq izlaridan foydalanganda foydalanuvchining yurak urishini o‘lchash.

Bundan tashqari Biometrik tizimlarni xavfsizligini ta'minlashda spoofing hujumlariga javob berish maqsadida autentifikatsiya usullaridan foydalanish orqali masalaga yechim topiladi. Bulardan

Ko'p faktorli autentifikatsiya(MFA): Ko'p faktorli autentifikatsiya - bu tizim yoki dasturga kirish uchun foydalanuvchilardan autentifikatsiyaning bir nechta shakllarini taqdim etishni talab qiluvchi xavfsizlik mexanizmi. MFAning maqsadi ruxsatsiz foydalanuvchilarning parolni bilsa ham, foydalanuvchi hisobiga kirishini qiyinlashtirishdir.

MFA foydalanuvchilardan akkauntlariga kirishdan oldin qo‘shimcha identifikatsiya shakllarini taqdim etishni talab qilish orqali ishlaydi. Bunga barmoq izlari yoki yuzni tanish kabi biometrik omillar, smart-kartalar yoki xavfsizlik tokenlari kabi apparat omillari yoki SMS orqali yuborilgan yoki ilova tomonidan yaratilgan OTPlar (bir martalik parollar) kabi dasturiy omillar kiradi.



1-rasm. ko'p faktorli autentifikatsiya

Foydalanuvchi o'z foydalanuvchi nomi va parolini kiritgandan so'ng, ulardan bir yoki bir nechta

qo'shimcha omillarni taqdim etish so'raladi. Masalan, foydalanuvchidan barmoq izini skanerlashi yoki smartfondagi autentifikatsiya ilovasidan kod kiritishi so‘ralishi mumkin. MFA ruxsatsiz kirish xavfini kamaytiradi va autentifikatsiya jarayonining xavfsizligini kuchaytiradi.

MFA turlari: SMS-ga asoslangan autentifikatsiya: Bu usul SMS orqali foydalanuvchining mobil qurilmasiga bir martalik parol yuborishni o'z ichiga oladi. Keyin foydalanuvchi tizimga kirish jarayonini yakunlash uchun ushbu parolni kiritadi.

Dasturiy ta'minotga asoslangan autentifikatsiya: Bu usul bir martalik parol yaratish uchun foydalanuvchining smartfoni yoki kompyuterida o'rnatilgan dasturiy ta'minotdan foydalanadi.

Tushuncha	**Ta’rif**
Biometrik tizim	Insonning jismoniy yoki xulq-atvor xususiyatlariga asoslangan identifikatsiya/avtorizatsiya tizimi.
Spoofing	Biometrik tizimni aldash uchun soxta biometrik ma’lumotlardan foydalanish (masalan, soxta barmoq izi).
FAR (False Accept Rate)	Noto‘g‘ri foydalanuvchini tizim haqiqiy deb qabul qilishi ehtimoli.
FRR (False Reject Rate)	Haqiqiy foydalanuvchini tizim noto‘g‘ri rad etishi ehtimoli.
Spoofing Attack Rate (SAR)	Soxta ma’lumot bilan tizimni aldashga urinishlarning muvaffaqiyat darajasi.

1-jadval. Hujumlarning tushuncha va tariflar

Spoofing hujumlarini aniqlash hamda samaradorlikni oshirish

Spoofing hujumlar biometrik axborot tizimlarda buzishga qaratilgan urinishlar hisoblanadi. Hujumchi haqiqiy foydalanuvchining biometrik ma’lumotlarini olib uni soxtalashtirib, tizimni aldashga urinishi. Hujumlarda hujumchi qo‘llanadigan usullar quyidagilarni o‘z ichiga olishi mumkin:

Spoofing ehtimolini hisoblash formulasi.

Spoofing hujum ehtimolini hisoblash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$P_{spoofing} = \frac{N_S}{N_A}$$

Bu yerda:

$P_{spoofing}$ -Spoofing hujum ehtimoli hisoblanadi

N_S- Tizimda hujumchining soxta biometrik ma’lumotlari haqiqiy foydalanuvchinikidek qabul qilingan urinishlar soni.

N_A- Tizimga kirish uchun amalga oshirilgan barcha autentifikatsiya urinishlarining soni (shu jumladan haqiqiy va soxta urinishlar).

Faraz qilaylik, 1000 ta noto‘g‘ri (begona) urinish, 1000 ta haqiqiy foydalanuvchi urinish va 500 ta spoofing hujum bo‘lgan:

Ko‘rsatkich	**Qiymati**	**Formulaga asosan hisoblash**
FAR	1.5%	(15 / 1000) × 100
FRR	2%	(20 / 1000) × 100
SAR	10%	(50 / 500) × 100
EER	~1.75%	(o‘rtacha sifatida olinadi)

2-jadval. Hujumlarni amalgan oshirilgandagi holati

Ko‘rsatkichlar bo‘yicha baholash jadvali

Biometrik texnologiya	FAR (%)	FRR (%)	SAR (%)	Izoh
Barmoq izi	0.1	2.5	15	Oson spoofing (rezina barmoq orqali)
Yuzni tanish	1.5	2.0	20	Fotosurat/3D niqoblar xavfi

Ko‘z to’r pardasi	0.01	0.5	2	Juda xavfsiz, lekin qimmat
Ovozni tanish	2.0	5.0	25	Tovush yozuvlari orqali aldash mumkin

3-jadval. Ko'rsatkichlarni baholash jadvali

Yuqoridagi formula hisobida]tizimning soxta axborotlarga qarshi sezgirligi hisoblanib baholanadi. Spoofing ehtimoli agar past bo‘lsa, tizimning hujumlarga bardoshlik darajasi yuqori bo‘ladi. Yuqori xavfsizlikni taminlash joylarda (bank, davlat boshqaruv organlari, hukumat ma’lumotlar bazalari, harbiy obyektlar) muhim hisoblanadi.

Spoofing ehtimolini baholashning afzallik tomonlari:

1. Xavfsizlik darajasini o‘lchash: Spoofing ehtimolini hisoblash orqali tizimning xavfsizlik zaifliklarini aniqlash mumkin.
2. Hujumlarga qarshi chora-tadbirlarni ishlab chiqish: Ushbu ko‘rsatkich yordamida himoya strategiyalarini samarali rejalashtirishga imkon yaratiladi.
3. Tizimni yaxshilash: Agar spoofing ehtimoli yuqori bo‘lsa, yangi algoritmlar va texnologiyalar joriy etish orqali tizimni yaxshilash mumkin.

Vaqtga asoslangan autentifikatsiya: Ushbu MFA usuli foydalanuvchilardan paroldan tashqari bir martalik parol yoki smart-karta kabi vaqtga asoslangan tokenni taqdim etishni talab qiladi. Token faqat cheklangan vaqt uchun amal qiladi va qo'shimcha xavfsizlik qatlamini qo'shadi.

Xulosa: Spoofing hujumlari biometrik tizimlarning jiddiy xavf omillaridan biri bo‘lib, ular zamonaviy texnologiyalar bilan kuchayib bormoqda. Ushbu hujumlarni bartaraf etish uchun jonli ma’lumotlarni aniqlash, kriptografik xavfsizlik va multi-modal autentifikatsiya, MFA kabi usullarni joriy qilish muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, AI asosidagi anti-spoofing algoritmlarining rivojlanishi ushbu muammoni yanada samarali hal qilishga yordam beradi. Tahdidlar landshafti rivojlanishda davom etar ekan, tashkilotlar o'z tizimlari va ma'lumotlarini kibertahdidlardan himoya qilish uchun so'nggi autentifikatsiya usullari va eng yaxshi amaliyotlaridan xabardor bo'lishlari juda muhimdir. Shunday ekan ko'p faktorli autentifikatsiya bir faktorli autentifikatsiyadan ko'ra kuchliroq xavfsizlikni ta'minlaydi va foydalanuvchilardan o'z shaxsini tekshirish uchun ikki yoki undan ortiq turdagi hisobga olish ma'lumotlarini taqdim etishni talab qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Jain, A. K., Ross, A., & Pankanti, S. (2006). Biometrics: A Tool for Information Security

2. Ratha, N. K., Connell, J. H., & Bolle, R. M. (2001). Enhancing Security and Privacy in Biometrics-Based Authentication Systems

3. S.K.Ganiev, A.A.Ganiev, Z.T.Xudoyqulov. Kiberxavfsizlik asoslari: “Kiberxavfsizlik asoslari” O‘quv qo‘llanma.

4. David Zhang, Zhenhua Guo, Yazhuo Gong Springer, Multispectral Biometrics, 14 сент. 2015 г.

5. A.Ro’zaliyev,A.Umarov,R.Adaxanov, “Biometrik barmoq izi orqali axborotlar xavfsizligi”, “International conference on innovative development of education 2022/5”, 64-68 betlar, 2022

6. Muxtarov F., Umarov A., Ro’zaliyev A. Axborot tizimlarida xavfsizlik tahdidlarining tasnifi //Engineering problems and innovations. – 2023.

7. Umarov A., Ro‘zaliyev A. Axborotni ruxsatsiz foydalanishlardan himoyalash //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 10. – С. 500-502.

8. Vahobjon o’g R. A. et al. Axborot xavfsizligida biometrik himoya usullari //Proceedings of International Educators Conference. – 2022. – Т. 1. – №. 2. – С. 177-181.

9. Adaxanov R. et al. Biometrik barmoq izi orqali axborotlar xavfsizligi //International conferences. – 2022. – Т. 1. – №. 5. – С. 64-68.

10. F.Muxtarov, A.Umarov, A.Ro’zaliyev, “Axborot tizimlarida xavfsizlik tahdidlarining tasnifi”, “Yosh olimlar, doktorant va tadqiqotchilarning onlayn ilmiy forumi” 776-778 betlar, 2023

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS