

June, 2025

Volume 2, Issue 2



№ 006

Management and Future Technologies

SCIENTIFIC JOURNAL

journal.umft.uz

ISSN 3060-5008

Jurnal sohalari: menejment, dasturiy injiniring, sun'iy intellekt texnologiyalari, kompyuter injiniringi, infokommunikatsiya injiniringi, axborot xavfsizligi, raqamli iqtisodiyot, pedagogika va psixologiya, matematika va fizika

Tahririyat kengashi raisi

t.f.d., prof. O'tkir Xamdamov
"University of Management and Future Technologies" universiteti rektori

Bosh muharrir

t.f.f.d. dot. Muhriddin Muxiddinov
"University of Management and Future Technologies" universiteti Ilmiy va uslubiy ishlar bo'yicha prorektori

Tahririyat kengashi a'zolari

t.f.d., prof. Xakim Zaynidinov
t.f.d., prof. Muxammadjon Musayev
t.f.d., prof. Shavkat Fozilov
f-m.f.d. prof. Aripov Mersaid
f-m.f.d. prof. Alov Raxmatillo
t.f.d., prof. Marat Raxmatullayev
t.f.d., prof. Dilnoz Muxamediyeva
i.f.d., prof. Toxir Hasanov
i.f.d., prof. To'lqin Boboqulov
t.f.d., prof. Jamshid Sul'tonov
f-m.f.d. prof. Dildora Muhamediyeva
i.f.d., prof. Sherzod Rajabov
p.f.d., prof. Qurboniyoz Panjiyev
p.f.d., prof. Muhabbat Hakimova
t.f.d., prof. Nargiza Usmanova
p.f.d., prof. Nishonboy Kiyamov
p.f.d., prof. Qutlug'bek Qodirov
t.f.d., dot. Halimjon Xujamatov
t.f.d., dot. Ibragim Atadjanov

Muharrirlar

Farhod Ahmedov (J. Koreya)
Sherzod Mustafaqulov (O'zbekiston)
Akmalbek Abdusalomov (J. Koreya)
Bahtiyor Akmuradov (O'zbekiston)
Sherzod Abdullayev (O'zbekiston)
Shabir Ahmad (J. Koreya)
Dilshod Rahmatov (Germaniya)
O.A. Hidayov (Germaniya)
Akmaljon Abdullayev (O'zbekiston)
Jinsoo Cho (J. Koreya)
Jamshid Elov (O'zbekiston)
Young Im Cho (J. Koreya)
Fazliddin Maxmudov (J. Koreya)
Alpamis Kutlimuratov (O'zbekiston)
Faheem Khan (J. Koreya)
Lilia Tightiz (J. Koreya)
Shahnoza Sultanova (O'zbekiston)
Safiullah Khan (Buyuk Britaniya)
Seytkamal Medetov (Fransiya)
Avaz Qaxxorov (O'zbekiston)
Doston Xasanov (O'zbekiston)
Sabina Umirzakova (J. Koreya)
Elmurod Urinov (O'zbekiston)
Muhriddin Umarov (O'zbekiston)
Urmanov Odil (J. Koreya)
Sobir Radjabov (O'zbekiston)

Dizayner

Eshmetov Daler

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligidan 212842-raqamli guvohnoma bilan 26.01.2024 sanasida ro'yxatdan o'tkazilgan. Jurnal OAK Rayosatining 2025-yil 12-fevraldagi 367-son qarori bilan 05.00.00 – Texnika fanlari ixtisosliklari bo'yicha "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxati"ga kirgizilgan.

MUNDARIJA

TEXNIKA FANLARI

- 8** Djumanov Jamoljon; Abduvaitov Akmal; Rahmatullayeva Nafisa
RAQAMLI TEXNOLOGIYALARGA ASOSLANGAN QISHLOQ XO'JALIGIDA AQLLI SUG'ORISH TIZIMINI AVTOMATLASHTIRISH
- 17** Xoshimov Baxodirjon
TAQSIMLANGAN DISPETCHERLIK BOSHQARUV TIZIMLARIDA TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH
- 30** Zarmasov Elbek; Elov Jamshid; Maxmanov Botir
MASOFAVIY TA'LIM AXBOROT TIZIMINING TALABA PERSONAL KABINETINING FUNKSIONAL IMKONIYATLARI
- 39** Mannobboyev Shuxratbek
RAQAMLI TA'LIM SARI QADAM: AI-ASSISTENTLARNING O'QUV JARAYONIGA INTEGRATSIYASI
- 48** Arzikulov Xusnidin
ENHAT TEXNOLOGIYALARIDA QO'LLANILADIGAN KOMMUNIKASION TOPOLOGIYALARNING TAVSIFLARI
- 68** A'zamov Saidikrom
QUYOSH ELEKTR TA'MINOTI SIFAT KO'RSATKICHLARINING TADQIQI
- 76** Mahmudov Salimjon; Kayumova Shahnoza
COMPARISON OF CORRECTING CAPABILITY OF BLOCK CODES
- 88** Nurullayev Mirxon
SMARTFONLARDA KRIPTOGRAFIK KALIT BOSHQARUVI VA RAQAMLI SERTIFIKATLAR YARATISH

- 99 Habibullayev Muxammad Boyjanov Rajabboy; Matlatipov G'ayrat; Xudayberganov Temur
AKADEMIK QARZDOR TALABALARNING QAYTA O'QISHINI SAMARALI TASHKIL QILISH VA MONITORINGINI YURITISH TIZIMI
- 109 Mirzoqulov Hotam; Bolbekov Ma'ruf; Baxtiyorov Sardor; Bozorov Ziyodjonmirzo
ANTENNA QURILMALARIDA METAMATERIALLARNING AHAMIYATI
- 124 Turgunov Bekzod; Rahmatillayeva Shahrizoda
MAHALLIYLIK XUSUSIYATLARIGA EGA BOLGAN UY RO'ZG'OR BUYUMLARINI TANIB OLISHGA IXTISOSLASHGAN NEYRON TARMOQ MODELINI ISHLAB CHIQISH
- 137 Ташметов Комолиддин
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И КАН В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ
- 162 Вахобов Отабек
ЛЯМБДА-АРХИТЕКТУРА – ОБРАБОТКА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
- 172 Rasulmuxamedov Maxamadaziz; Mirzayev Nomaz; G'afforov Nuraddin
AXBOROT TIZIMLARIDA FOYDALANUVCHINI IDENTIFIKATSIYA VA AUTENTIFIKATSIYA YONDASHUVLARINI TADQIQ QILISH
- 181 Irisbekova Mavluda; Khakimov Diyorjon; Sulaymonov Nazar
EVALUATION OF THE ACTIVITIES OF TRANSPORT LOGISTICS COMPANIES USING OUTSOURCING SERVICES
- 192 Yusupov Yarashbek; Baymatova Nargiza
MOBIL AXBOROT TARMOQLARIDA KO'PLAB KIRA OLISH USULLARINING QIYOSIY TAHLILI
- 201 Yusupova Shohida; Matyoqubov Ogabek
ADVANCING EDUCATIONAL METHODS THROUGH ICT INTEGRATION
- 213 Abdullayev Eldor
XIZMAT KO'RSATISH USULLARINING TIZIM SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI ANIQLASH

- 222** Rahmatullayev Ilhom
S-BOXLARNI GENERATSIYALASH ALGORITMI
- 233** Uzakov Barxayotjon
NEFT VA GAZ KOMPLEKSLARINING INNOVATSION RIVOJLANISHINI BOSHQARISH
- 248** Khidirova Charos; Abdullakhujaev Saidislombek
COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA MINING METHODS FOR EARLY DETECTION OF ONCOLOGICAL DISEASES
- 267** Makhsudov Mokhirbek; Xalimjanov Abduqunduz
SIMULATION ANALYSIS OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF SINGLE-PHASE AND THREE-PHASE RECTIFIERS IN DIGITAL METHODS
- 277** Axmedov Alimardon; Turopova Xilola; Akmuradov Baxtiyor
TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIGA BO'LADIGAN KIBERHUJUMLARNI ANIQLASH VA OLDINI OLISH TIZIMLARINI TADQIQ QILISH
- 303** Абдуллахўжаев Саидисломбек; Эсонов Жавоҳирбек; Ҳенгзхе Эҳанг; Мадаминов Адҳамбек; Маратов Бахтияр; Муҳиддинов Муҳриддин
РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВЕБ-КРАУЛЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ВЕБ-ДААННЫХ
- 315** Abdulakhatov Muzaffarjon
EVOLUTION OF CLOUD COMPUTING
- 324** Elov Botir; Xusainova Zilola
TIL KORPUSINI TEGSLASH JARAYONIDA ANNOTATORLARNING ROLI, IAA O'LCHOVLARI VA TEGSLASH SIFATINI TA'MINLASH METODLARI
- 341** Abdulxayev Nodirbek
TRANSMISSION AND PROCESSING OF REAL-TIME SIGNALS USING THE WIFI NOTEMCU 8266 CH340 MODULE IN A VIRTUAL FIELD CREATED IN A VIRTUAL REALITY SIMULATOR

IJTIMOIIY FANLAR

353

Rasulov Rustambek

YOSHLARNING IJTIMOIIY FAOLLIGINI OSHIRISH MEXANIZMLARI

365

Golovachyova Polina; Khamidova Durdona

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ENGLISH LANGUAGE

375

Sayfuddinova Shaxnoza

**O'ZBEKISTONDA YODGORLIKLARNI TA'MIRLASH TARIXI (XX ASR
OXIRLARIDAN – 1980 YILLARGACHA)**

MATEMATIKA VA FIZIKA FANLARI

389

Тогайназаров Сирожиддин

**ВНУТРЕННЯЯ ЗАДАЧА НЕЙМАНА ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
С ТРЕМЯ СИНГУЛЯРНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

399

Ахмеджонов Нодирбек

**ОБСУЖДЕНИЕ ПЛЮСОВ И МИНУСОВ, РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
МУЛЬТИМЕДИЙНОМУ ОБУЧЕНИЮ В МЕСТНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
ШКОЛАХ И ВУЗАХ**

TEXNIKA FANLARI



Mualliflar

Djumanov Jamoljon

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti

Abduvaitov Akmal

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti Samarqand filiali,
aabduvaitov82@gmail.com

Rahmatullayeva Nafisa

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti Samarqand filiali

Mas'ul: aabduvaitov82@gmail.com

RAQAMLI TEXNOLOGIYALARGA ASOSLANGAN QISHLOQ XO'JALIGIDA AQLLI SUG'ORISH TIZIMINI AVTOMATLASHTIRISH

Annotatsiya: Maqolada qishloq xo'jaligida suv resurslaridan oqilona foydalanish zamonaviy davrning eng muhim ekologik va iqtisodiy muammolaridan biridir. Sug'orish usullari ko'pincha suvning ortiqcha sarflanishiga va tuproq resurslarining degradatsiyasi masalasi muxokama qilingan. Ushbu masalani hal qilish maqsadida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimlari rejalashtirilib, bu orqali suv resurslarini aniq taqsimlash, sug'orish jarayonini avtomatlashtirish va fermer xo'jaliklari uchun individual yondashuvni ta'minlash imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, ushbu tizimlarning iqtisodiy samaradorligi, ekologik barqarorlikka hissa qo'shishi va mahalliy sharoitlarga moslashuvi bo'yicha takliflar beriladi. Xulosa sifatida, raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimlari qishloq xo'jaligining barqaror rivojlanishida muhim innovatsion yechim sifatida qayd etiladi.

Kalit so'zlar: aqlli sug'orish tizimlari, qishloq xo'jaligi, raqamli texnologiyalar, avtomatlashtirish, suv resurslari, IoT, sensor texnologiyalari, sun'iy intellekt.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Suv resurslarining global miqyosda kamayib borishi zamonaviy dunyoning eng jiddiy ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy muammolaridan biridir. Birlashgan Millatlar Tashkilotining ma'lumotlariga ko'ra, 2050 yilga kelib dunyo aholisining 40% dan ortig'i suv tanqisligidan aziyat chekishi mumkin. Aholi sonining o'sishi, sanoatning jadal rivojlanishi, iqlim o'zgarishlari va suv resurslarini boshqarishdagi samarasiz yondashuvlar bu muammoni yanada keskinlashtirmoqda. Qishloq xo'jaligi sohasi global suv resurslarining taxminan 70% dan ortig'ini iste'mol qilishi bilan ushbu muammoning markazida turibdi. Shu sababli, suvni tejamkor va samarali ishlatishga qaratilgan innovatsion yechimlar bugungi kunda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi suv resurslari jihatidan cheklangan mamlakat sifatida ushbu global muammoning mahalliy ko'rinishlaridan jiddiy ta'sirlanmoqda. Mamlakat suv ta'minoti asosan Amudaryo va Sirdaryo kabi transchegaraviy daryolarga bog'liq bo'lib, iqlim o'zgarishlari va qo'shni davlatlar bilan suv taqsimotidagi murakkabliklar bu resurslardan foydalanishni qiyinlashtirmoqda. O'zbekiston Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, qishloq xo'jaligi sohasidagi suv iste'moli so'nggi o'n yillikda barqaror ravishda oshib bormoqda. Biroq, keng tarqalgan an'anaviy gravitatsion sug'orish usullari suvning 50% gacha isrof qilinishiga, tuproq eroziyasiga, sho'rlanishiga va suv-tuz balansining buzilishiga olib kelmoqda. Bu holat nafaqat ekinlar hosildorligini pasaytiradi, balki mintaqadagi ekotizimlarning barqarorligiga jiddiy xavf solidi [3]

Yuqoridagi muammolarni bartaraf etish maqsadida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimlari joriy etilmoqda. Ushbu tizimlar Internet of Things (IoT), sensor texnologiyalari, sun'iy intellekt (AI) va bulutli hisoblash kabi zamonaviy yondashuvlardan foydalangan holda suv resurslarini aniq taqsimlash, tuproq va o'simliklar holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va sug'orish jarayonini avtomatlashtirish imkonini beradi. Bunday tizimlar inson omilini minimallashtirib, suv tejamkorligini ta'minlash bilan birga, hosildorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni qo'llab-quvvatlashga xizmat qiladi. O'zbekistonning iqlimiy va iqtisodiy sharoitlarini hisobga olgan holda, ushbu tizimlarning mahalliy sharoitlarga moslashtirilgan holda joriy etilishi qishloq xo'jaligi sohasida barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim qadam bo'ladi [4]. Ushbu maqola aqlli sug'orish tizimlarining ilmiy asoslari, texnologik komponentlari, ishlash prinsiplari va O'zbekiston qishloq xo'jaligidagi amaliy qo'llanilishini tahlil qilishga bag'ishlanadi. Shuningdek, mahalliy sharoitlarda olib borilgan tajribalar va ularning natijalari asosida suv sarfini kamaytirish, hosildorlikni oshirish va ekologik muvozanatni saqlash bo'yicha aniq takliflar beriladi. Maqola orqali O'zbekiston qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarni keng joriy etishning iqtisodiy va ekologik foydalari isbotlanadi.

Metodologiya

Ushbu bo'limda qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimini avtomatlashtirish va monitoring qilish jarayonida foydalaniladigan usullar, shu jumladan, tizim arxitekturasi, ma'lumotlar to'plamini tayyorlash, avtomatlashtirish algoritmlarini ishlab chiqish va monitoring tizimini sozlash usullari yoritiladi. Tizimning samaradorligini baholashda qo'llaniladigan asosiy ko'rsatkichlar, masalan, aniqlik, real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlash tezligi, tizimning barqarorligi va energiya samaradorligi kabi metrikalar haqida ma'lumotlar keltiriladi.

2.1. Monitoring qilish jarayonlari.

Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimining monitoring jarayonlari tizimning samarali ishlashini ta'minlash, resurslardan oqilona foydalanishni nazorat qilish va qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Monitoring jarayonlari real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish va foydalanuvchilarga taqdim etishdan iborat bo'lib, quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

Tuproq namligi: Tuproqning namlik darajasini o'lchash uchun gidroskopik sensorlar.

Ob-havo sharoitlari: Harorat, namlik, yomg'ir miqdori va shamol tezligini o'lchash uchun meteorologik stansiyalar.

Suv sathi va oqimi: Sug'orish kanallaridagi suv sathini nazorat qilish uchun ultratovushli sensorlar.

Energiya sarfi: Tizimning elektr quvvati sarfini o'lchash uchun energiya hisoblagichlari.

Aqlli sug'orish tizimining monitoring jarayonlari ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish, tahlil qilish, vizualizatsiya qilish va tizimning barqaror ishlashini ta'minlashdan iborat. Ushbu jarayonlar suv resurslarini samarali boshqarish, qishloq xo'jaligi hosildorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

2.2. Foydalaniladigan model turlari.

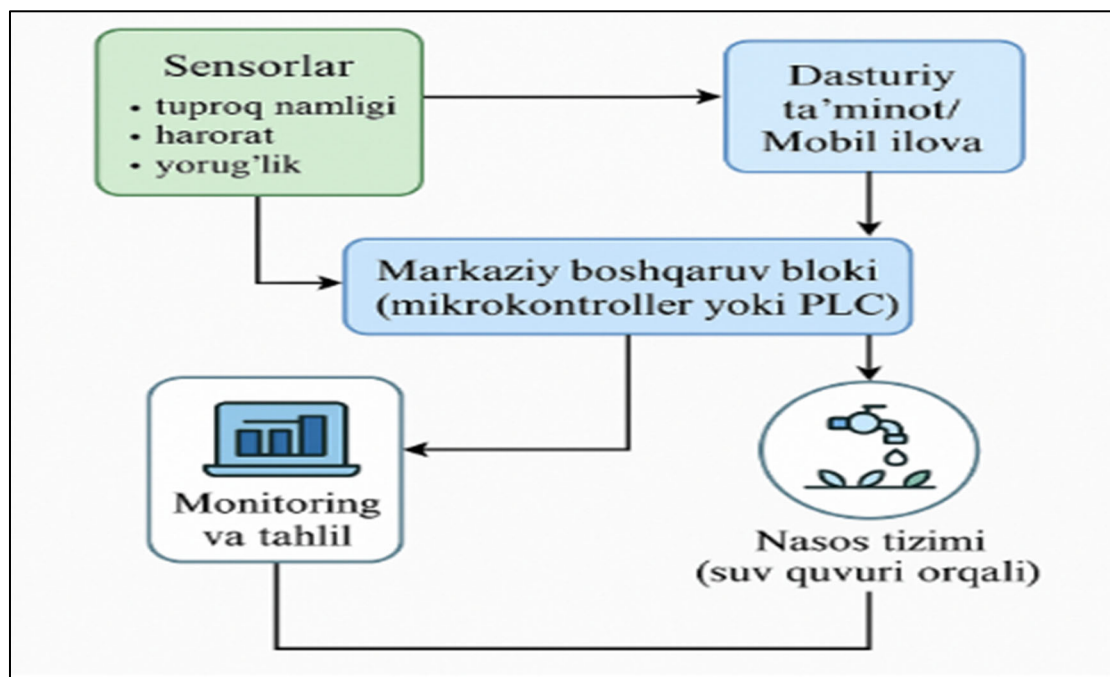
Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimini avtomatlashtirish va monitoring qilishda turli mashinaviy o'qitish va chuqur o'qitish modellari qo'llaniladi. Foydalaniladigan model turlari tizimning ma'lumotlarni tahlil qilish, bashorat qilish va optimallashtirish vazifalariga mos ravishda tanlanadi.

1. Mashinaviy o'qitish modellari. Yomg'ir ehtimoli yuqori bo'lsa, sug'orishni to'xtatish qarorini qabul qilish.
2. Chuqur o'qitish modellari. Ekinlarning suvga bo'lgan ehtiyojini tasvirlar asosida aniqlash.
3. Ansambl modellar. Tuproq namligi bashorati uchun Random Forest va Gradient Boosting natijalarini birlashtirish.

Aqlli sug'orish tizimida foydalaniladigan modellar vazifaning xususiyatlariga qarab tanlanadi.

2.3. Model arxitekturasi va modeli.

Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarga asoslangan aqlli sug'orish tizimlari suv resurslarini tejash, hosildorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bu tizimlar sensorlar, markaziy boshqaruv bloklari va IoT (Internet of Things) texnologiyalari yordamida avtomatlashtirilgan sug'orish va real vaqt monitoringini amalga oshiradi (1-rasm) [2].



1-rasm. Avtomatlashtirilgan sug'orish tizimining arxitekturasi.

Tuproq namligini doimiy ravishda o'lchaydigan sensorlar aqlli sug'orish tizimlarining asosiy qismidir. Ular tuproqdagi namlik darajasini aniqlab, bu ma'lumotlarni markaziy boshqaruv blokiga uzatadi. Boshqaruv bloki esa ushbu ma'lumotlarni tahlil qilib, sug'orishni avtomatik ravishda yoqadi yoki o'chiradi. Zamonaviy tizimlarda sug'orish faqat kerakli vaqtda va kerakli miqdorda amalga oshiriladi, bu suv sarfini sezilarli darajada kamaytiradi.

Aqlli sug'orish tizimlari sensorlar va IoT texnologiyalari yordamida tuproq namligini monitoring qiladi, sug'orishni avtomatik boshqaradi va suv resurslarini tejaydi. Masofadan boshqaruv, real vaqt monitoringi va bulutli tahlil imkoniyatlari fermerlar uchun qulaylik yaratib, hosildorlikni oshiradi. Energiya tejamkorligi va ekologik afzalliklari tufayli bu tizimlar zamonaviy qishloq xo'jaligida muhim o'rin egallaydi.

Arxitekturani tushunish uchun quyidagicha tasniflash mumkin.

2.3.1. Sensorlar (tuproq namligi, harorati, yorug'ligi)

Tuproq namligi sensorlari aqlli sug'orish tizimlarining asosiy komponenti bo'lib, ekinlarning suvga bo'lgan ehtiyojini aniqlashda markaziy rol o'ynaydi.

- tuproqdagi namlik darajasini o'lchaydi va sug'orish zarurligini aniqlash uchun ma'lumot taqdim etadi;
- ma'lumotlarni real vaqt rejimida markaziy boshqaruv blokiga uzatadi.

Qo'llanilishi: Turli chuqurliklarda (10-50 sm) joylashtirilib, ekin ildiz tizimlarining suv ehtiyojini aniqlaydi. Masalan, drip sug'orish tizimlarida namlik 30% dan past bo'lsa, sug'orish avtomatik yoqiladi.

2.3.2. Dasturiy ta'minot mobil ilova.

Mobil ilovalar IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilingan aqlli sug'orish tizimlarining foydalanuvchi interfeysi sifatida xizmat qiladi. Ilova bulutli serverlarda saqlangan ma'lumotlarni tahlil qilib, statistik hisobotlar taqdim etadi (masalan, haftalik suv sarfi yoki tuproq namligi tendensiyalari) va sug'orish jadvalini sozlaydi. Masalan, muayyan vaqt oralig'ida yoki tuproq namligi chegarasiga qarab sug'orishni rejalashtirish hamda bulutli platformalar (AWS IoT, Google Cloud IoT) bilan ma'lumot almashish kabi.

Qo'llanilishi: Tuproq namligi belgilangan chegaradan chiqsa, ilova "Sug'orish zarur" degan ogohlantirish yuboradi.

2.3.3. Markaziy boshqaruv bloki (mikrokontroller)

U sensorlardan (tuproq namligi, harorati, yorug'ligi) yig'ilgan ma'lumotlarni qayta ishlaydi, sug'orish jarayonini avtomatik boshqaradi va IoT texnologiyalari orqali bulutli platformalar bilan integratsiya qilinadi.

Mikrokontroller ma'lumotlarni filtrlaydi, tozalaydi va oldindan belgilangan chegaralar (thresholds) bilan solishtiradi hamda mashinaviy o'qitish algoritmlari (masalan, Random Forest yoki LSTM) yordamida sug'orish vaqti va suv miqdorini optimallashtiradi. Buning natijasida mobil ilovalar yoki veb-interfeyslar orqali foydalanuvchilarga real vaqt monitoringi va masofadan boshqaruv imkonini beradi.

Qo'llanilishi: Agar suv sathi past bo'lsa, mikrokontroller "Suv ta'minoti muammosi" haqida ogohlantirish yuboradi.

2.3.3. Monitoring va tahlil

Monitoring jarayoni tizimning real vaqt rejimida ishlashini ta'minlash va foydalanuvchilarga tuproq, ob-havo va tizim holati haqida doimiy ma'lumot taqdim etishga xizmat qiladi. Mikrokontroller sensorlar, nasoslar va klapanlarning ishlash holatini monitoring qiladi. Aqlli sug'orish tizimlarida monitoring va tahlil jarayonlari sensorlardan yig'ilgan ma'lumotlarni real vaqt rejimida kuzatish, tahlil qilish va optimallashtirish orqali suv va energiya resurslarini tejashga yordam beradi. Real vaqt monitoringi, mashinaviy o'qitishga asoslangan bashoratlar va vizual hisobotlar fermerlar uchun qaror qabul qilishni osonlashtiradi. IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilingan bu jarayonlar hosildorlikni oshiradi, ekologik barqarorlikni ta'minlaydi va zamonaviy qishloq xo'jaligining rivojlanishiga hissa qo'shadi.

2.4. Modelni baholash usullari.

Aqlli sug'orish tizimlarida modelni baholash usullari modelning aniqligi, ishonchliligi va real



sharoitlarda samaradorligini ta'minlash uchun muhimdir. Regressiya (MAE, RMSE, R^2), klassifikatsiya (Accuracy, F1-Score, ROC-AUC) va vaqt seriyasi (MAPE, sMAPE) metrikalari tuproq namligi bashorati, suv ehtiyoji prognozlari va anomaliya aniqlash kabi vazifalarni baholashda qo'llaniladi. Cross-validation va A/B testing kabi usullar modelning barqarorligini sinashda yordam beradi. Bu metrikalar va usullar tizimning suv tejash, hosildorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashdagi muvaffaqiyatini kafolatlaydi.

Sug'orishni yoqish/o'chirish yoki anomaliya aniqlash kabi klassifikatsiya vazifalari uchun quyidagi metrikalar qo'llaniladi:

To'g'ri bashorat qilingan holatlarning umumiy bashoratlarga nisbati.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (1)$$

Tuproq namligi bashorati uchun MAE 2% bo'lsa, model o'rtacha 2% xato bilan bashorat qiladi. Haqiqiy va bashorat qilingan qiymatlar o'rtasidagi kvadratik xatolikning

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

MSE ning kvadrat ildizi, xatolikni asl o'lchov birligida ifodalaydi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

Modelning ma'lumotlarni qanchalik yaxshi tushuntirishini o'lchaydi (0 dan 1 gacha).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Bu yerda: n - namunalar soni (ya'ni nechta bashorat qilingan holat bor);

y_i - i -chi haqiqiy qiymat (real kuzatilgan natija);

\hat{y}_i (bu \hat{y}_i deb o'qiladi) - i -chi bashorat qilingan qiymat (model tomonidan aytilgan natija).

$|y_i - \hat{y}_i|$ - haqiqiy va bashorat qilingan qiymat orasidagi absolyut farq.

Bu esa tarixiy ma'lumotlarni saqlash, grafikalar chizish va hosildorlikni oldindan prognoz qilish imkonini beradi. Fermerlar mobil ilova yoki veb-platforma orqali barcha jarayonlarni kuzatib borishi, tizimga masofadan kirish orqali sozlamalarni o'zgartirishi mumkin. IoT asosidagi sug'orish tizimlari orqali inson aralashuvi kamayadi, sug'orish yanada aniq va samarali bo'ladi, hamda resurslardan foydalanish tejimli tarzda amalga oshiriladi (1 jadval).

1-jadval. An'anaviy va avtomatlashtirilgan sug'orish tizimlari taqqoslanishi.

№	Ko'rsatkichlar	An'anaviy sug'orish tizimi	Avtomatlashtirilgan sug'orish tizimi
1	Suv sarfi	Yuqori, ko'p miqdorda suv isrof bo'ladi (masalan, kanal sug'orishida 40-60% suv yo'qotiladi).	Minimal, faqat kerakli miqdorda beriladi (sensorlar yordamida suv sarfi 30-50% kamayadi).
2	Inson ishtiroki	Yuqori, doimiy kuzatuv va qo'lda boshqaruv talab qilinadi (masalan, suv klapanlarini ochish/yopish).	Kam, tizim avtomatik boshqariladi (IoT va mikrokontrollerlar yordamida inson aralashuvi 50-70% kamayadi).
3	Energiya sarfi	Ko'proq, nasoslar doimiy ishlaydi, energiya isrofi yuqori (masalan, doimiy nasos ishlashi).	Kamroq, energiyani tejavchi rejimda ishlaydi (quyosh panellari va optimallashtirilgan rejimlar energiya sarfini 20-40% kamaytiradi).
4	Tizimning aniqligi	Past, qo'lda boshqariladi, suvning noto'g'ri taqsimlanishi mumkin.	Yuqori, sensorlar (tuproq namligi, harorati) va dasturiy ta'minot asosida (mashinaviy o'qitish) aniq ishlaydi.
5	Harajatlar (uzoq muddatli)	Davomiy xizmat ko'rsatish va suv/energiya yo'qotishlari tufayli yuqori xarajatlar.	Dastlabki xarajat yuqori (uskunalar, o'rnatish), ammo uzoq muddatda tejamli (suv va energiya tejash tufayli).
6	Hosildorlikka ta'siri	O'zgaruvchan, suv yetishmasligi yoki ortiqcha sug'orish hosilni pasaytirishi mumkin.	Barqaror va optimal, aniq sug'orish hosildorlikni 20-30% oshiradi.
7	Monitoring imkoniyati	Yo'q yoki cheklangan, faqat jismoniy kuzatuv mumkin.	Real vaqtli monitoring, mobil ilovalar va veb-platformalar orqali statistik ma'lumotlar va grafiklar mavjud.
8	Ekologik samaradorlik	Nisbatan past, suv va energiya isrofi tuproq degradatsiyasi va uglerod chiqindilarini oshiradi.	Yuqori, resurslar tejamli ishlatiladi, uglerod chiqindilari kamayadi, tuproq va suv resurslari barqaror saqlanadi.

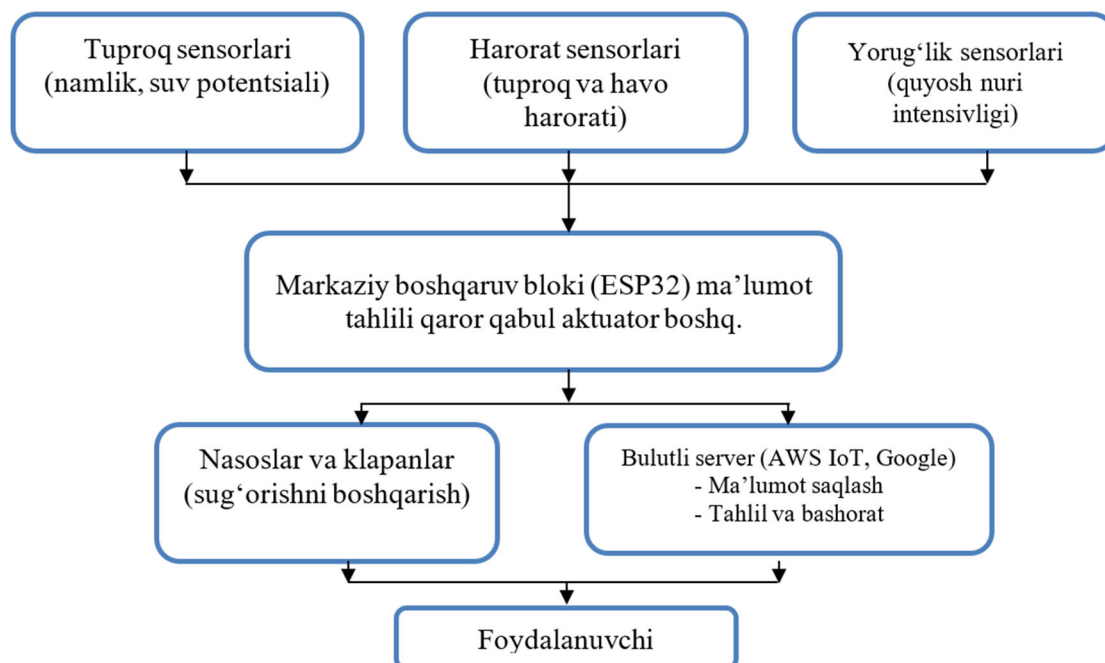
Natija

Suv resurslarini tejamkor boshqarish. Sensorlar tuproq namligini doimiy monitoring qilib, sug'orishni faqat kerakli vaqtda va aniq miqdorda amalga oshiradi u esa suv sarfini 30-50% ga kamaytiradi, bu suv tanqisligi muammosini yumshatadi.

Harorat va yorug'lik sensorlari sug'orish vaqtini optimallashtirib, energiya resurslarini tejaydi va energiya sarfi 20-40% ga kamayadi, bu tizimning iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Inson

aralashuvining kamayishi markaziy boshqaruv bloki (mikrokontroller, masalan, ESP32) va IoT texnologiyalari tizimni to'liq avtomatlashtiradi (2-rasm).

Aqlli sug'orish tizimlari suv va energiya resurslarini tejash, hosildorlikni oshirish va inson aralashuvini kamaytirish orqali qishloq xo'jaligida sezilarli natijalarga erishdi. IoT texnologiyalari, sensorlar va mobil ilovalar yordamida real vaqt monitoringi, ma'lumotlarni saqlash va bashoratli tahlillar fermerlar uchun strategik qarorlar qabul qilishni osonlashtiradi. Ushbu tizimlar iqtisodiy foyda, ekologik barqarorlik va foydalanuvchi qulayligini ta'minlab, zamonaviy qishloq xo'jaligining barqaror rivojlanishiga katta hissa qo'shmoqda.



2-rasm. Aqlli sug'orish tizimi ishlash bosqichi.

Xulosa

Yuqoridagi tahlillar va amaliy tajribalar shuni ko'rsatadiki, avtomatlashtirilgan aqlli sug'orish tizimlari qishloq xo'jaligida suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishning eng muhim va samarali yo'llaridan biridir. Sensorlar (tuproq namligi, harorati, yorug'ligi), mikrokontrollerlar (masalan, ESP32) va IoT texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan ushbu tizimlar o'simliklarning suvga bo'lgan ehtiyojiga aniq mos keladigan tarzda, belgilangan vaqtda va kerakli miqdorda sug'orishni amalga oshiradi. Natijada, suv sarfi sezilarli darajada kamayadi, hosildorlik esa oshadi, bu esa iqtisodiy va ekologik jihatdan katta foyda keltiradi.

Avtomatlashtirilgan aqlli sug'orish tizimlari nafaqat suv resurslarini tejash, balki ekologik barqarorlik, iqtisodiy samaradorlik va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim vositadir. O'zbekiston sharoitida ushbu tizimlarni keng joriy etish kelajakda barqaror, samarali va raqobatbardosh qishloq xo'jaligini rivojlantirishga asos bo'lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, davlat, xususiy sektor va ilmiy jamoatchilikning hamkorligi ushbu texnologiyalarning muvaffaqiyatli integratsiyasi uchun muhim shart hisoblanadi.

Adabiyotlar

1. Xayitov Sh.X., Muxammadiev E.T. Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash asoslari. – Toshkent: O'zbekiston, 2018. – 240 b.
2. Jo'rayev M.A., Saidov A.S. Sug'orish tizimlarini avtomatlashtirish asoslari. – Samarqand: SamDU nashriyoti, 2021. – 180 b.
3. Qodirov A.I. Agrotexnikada zamonaviy texnologiyalar. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 156 b.
4. Rasulov B.S. Qishloq xo'jaligida suvdan samarali foydalanish usullari. – Toshkent: O'qituvchi, 2020. – 132 b.
5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 10-dekabrdagi PQ-42-sonli qarori: "Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarni joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida" // lex.uz
6. Yigitaliyev D. IoT texnologiyalari va ularning qishloq xo'jaligida qo'llanilishi. – "Texnika va innovatsiyalar" jurnali, 2022, №2. – B. 35–40.
7. Mahmudov A.T., Nizamov R.O. Melioratsiya va irrigatsiya asoslari. – Buxoro: BuxDU nashriyoti, 2020. – 198 b.
8. Jalolov A.A. Raqamli texnologiyalar asosida suv resurslarini boshqarish. – "Ilm-fan va taraqqiyot" jurnali, 2021, №4. – B. 22–26.
9. FAO. Smart Irrigation Management: Guidelines for Central Asia. – Rome: FAO, 2020. – 88 p.
10. Николаев А.В. Автоматизированные системы управления орошением. – Москва: Колос, 2019. – 144 с.
11. Djumanov J.X., Abduvaitov A.A., Aytmetov B.R. «Application of geographic information systems and technologies in hydrogeology» TUIT News.
12. Martinez, L., J. Kauppila and M. CastaingGachassin (2014), International Freight and Related CO2 Emissions by 2050: A New Modelling Tool, International Transport Forum Discussion Papers, 2014/21, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jrw1kslrn9t-en>



Muallif

Xoshimov Baxodirjon

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti

bxoshimov89@gmail.com

TAQSIMLANGAN DISPETCHERLIK BOSHQARUV TIZIMLARIDA TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH

Annotatsiya: Maqolada ma'lumotlarning obyektli-iyerarxik modelidan foydalanish masalalari ko'rib chiqiladi. Bunda umumiy maqsadli tahlil va loyihalashning mavjud andozalari hamda real vaqt tizimlari uchun ixtisoslashtirilgan andozalar qo'llanilishi tadqiq etiladi. Bu namunaviy yechimlar to'plami, shuningdek, dasturiy ta'minotni qayta ishlash usullari tizimga qo'yiladigan talablarni rasmiylashtirish va obyekt modeli atamalarida predmet sohasining o'zaro bog'liqligini aniqlashning asosiy qoidalar to'plamini tashkil qiladi. Predmet sohasining umumiy axborot modelini ajratish hisobiga sinflar tuzilmasini soddalashtirish imkonini beruvchi predmetga yo'naltirilgan va aspektga yo'naltirilgan dasturlash va loyihalashtirish usullaridan foydalanish ko'rib chiqilgan. Ulardan birinchisi tugunlar orasidagi masofalar matritsasi asosida tarmoqning boshlang'ich strukturasi hosil qiladi. Ikkinchi algoritm mintaqaviy ma'lumotlar uzatish tarmog'idagi texnologik ma'lumotlar oqimlarining intensivligini baholashdan foydalangan holda olingan strukturani iteratsion optimallashtirish uchun mo'ljallangan. Ikkala algoritm ham kommutatsiya tranzit tugunlarining maksimal soni bo'yicha cheklovni va aloqa kanallarini majburiy zaxiralash talablarini hisobga olgan.

Kalit so'zlar: axborot oqimlari, taqsimlangan tizimlar, neft va gaz sanoati, relyatsion, operativ ma'lumotlarni inkapsulyatsiyalovchi axborot modellari, ma'lumotlarni uzatishni sinxronlashtirish.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Hozirgi vaqtda ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida, xususan neft va gaz sanoatida texnologik jarayonlarni boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlari (TJABT) ning yangi majmualari joriy etilmoqda. Bu ishlab chiqarishning boshqaruvchanligi va samaradorligini, uning xavfsizligini, shu jumladan ekologik xavfsizligini oshirish zarurati, shuningdek, korxonalarda o'rnatilgan avtomatlashtirish tizimlarining ma'naviy eskirishi bilan bog'liq. Shu bilan birga, ishlab chiqarishning xususiyati texnologik jihatdan bog'langan mahalliy boshqaruv punktlari o'rtasida axborot almashinuvini ta'minlaydigan, shuningdek, hududiy taqsimlangan texnologik jarayonning holati to'g'risidagi barcha ma'lumotlarni markaziy dispetcherlik xonasida birlashtiradigan ko'p darajali boshqaruv tizimini yaratish zarurligiga olib keladi.

Ishlab chiqarishni avtomatlashtirishning buyurtma, ko'pincha "noldan" yaratiladigan dasturiy-apparat komplekslaridan telemexanikaning namunaviy dasturiy yechimlari va seriyali vositalaridan foydalanishga deyarli to'liq o'tish sodir bo'lganligi sababli, TJABT dispetcherlik punktini (DP) joriy etish ma'lum bir ko'paytiriladigan universal dasturiy majmua tarkibiga kiruvchi ma'lumotlar bazasini (MB) mantiqiy va jismoniy loyihalashni talab qiladi. Muallif tomonidan turli ma'lumotlar modellaridan foydalanadigan ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlarining (MBBT) qiyosiy tahlili shuni ko'rsatdiki, sanoat korxonalarini avtomatlashtirishda obyektga yo'naltirilgan va iyerarxik yondashuvlarni birlashtirgan ma'lumotlar bazalaridan foydalanish eng samarali hisoblanadi. Aynan shunday ma'lumotlar bazalaridan foydalanuvchi DP TJABT dasturiy majmualari mamlakatimiz va xorijda bir qator neft kompaniyalarining ishlab chiqarish bo'linmalarida keng joriy etilmoqda.

Biroq, bunday ma'lumotlar bazalarini avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari mavjud emas, zamonaviy nazariy ishlar asosan dasturlash metodologiyasiga ta'sir qiladi (obyektga yo'naltirilgan yondashuvni kengaytirishni taklif qiladi) yoki ma'lumotlarning relyatsion, postrelyatsion, obyekt modellarini rivojlantiradi. (Xoshimov va Yakubov[1])

Taqsimlangan boshqaruv tizimlarining axborot oqimlari, shuningdek, obyektli-iyerarxik ma'lumotlar bazalarini loyihalash nazariyasi masalalari ko'rib chiqilgan ishlarning tahlili ularni sanoatning ko'plab tarmoqlarida keng amaliy qo'llash dolzarbligini asoslaydi.

Turli ishlab chiqaruvchilarning TJABT DP tizimlarida uch xil turdagi ma'lumotlar bazalari qo'llaniladi. Biroq, ularning barchasiga bir qator umumiy talablar qo'yiladi. Bu talablarni bajarish ma'lumotlar bazasi turidan qat'i nazar zarur hisoblanadi. Ushbu asosiy talablar quyidagilardan iborat:

- "Obyekt" paradigmasini qo'llab-quvvatlash - o'lchanayotgan yoki hisoblangan kattalikning qiymatini, uning atributlarini, ma'lumotnoma ma'lumotlarini va ma'lumotlar bazasida ushbu ma'lumotlar guruhlarini turlash vositalarining mavjudligini o'z ichiga olgan ma'lumotlar guruhi;

- Har safar tezkor ma'lumotlar yangilanishlari kelib tushganda hisoblangan qiymatlarni qayta hisoblash imkoniyati.



Ma'lumotlar modelidan qat'iy nazar, barcha ma'lumotlar bazalariga adabiyotlarda keltirilgan loyihalash bosqichlari ketma-ketligi qo'llaniladi. (Yakubov[2])

Tahlillar muhokamasi

Ma'lumotlar modellarining har biri maxsus nomlash usullarini (ular obyektlarni mantiqiy tartibga solish uchun ham qo'llaniladi) va saqlanayotgan ma'lumotlarga murojaat qilish yo'llarini talab etadi. O'qish/yo'zish amallarining yuqori tezkorligi, belgili nom yoki noyob identifikator orqali ma'lumotlar guruhiga kirishning samaradorligi TJABT DPning real vaqt rejimida ishlashining zaruriy shartidir. Bu shartlar iyerarxik ma'lumotlar bazalari va mohiyatlar to'plami ma'lumotlar bazalari orqali ta'minlanadi. Relyatsion MBBTda ma'lumotlarni saqlashni tashkil etishning qabul qilingan usullari operativ ma'lumotlarni tanlash tezligini pasaytiradi. Muallif tomonidan o'tkazilgan har tomonlama baholash natijasida, obyektli-iyerarxik ma'lumotlar bazalari TJABT DP ma'lumotlar omborining vazifasi uchun eng maqbul ekanligi to'g'risida xulosa chiqarildi.

Texnologik jarayon va avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishning axborot modelida keyinchalik aks ettirish uchun bajariladigan predmet sohasini dekompozitsiyalash usullari tahlil qilinadi. Obyekt dekompozitsiyasining asosiy usuli sifatida mohiyat abstraksiyalaridan foydalangan holda dekompozitsiya ko'rib chiqilgan. Undan foydalanish predmet sohasi mohiyatlariga mos keluvchi abstraksiyalarni ajratish imkonini beradi. Biroq, obyekt modelini dekompozitsiyalashda sinflar o'rtasida o'rnatilgan munosabatlarni keyingi darajaga o'tkazish muammosi yuzaga keladi. Ushbu muammoni hal qilishning uchta usuli taklif etilgan: 1. Hosila sinflar interfeysining bazaviy sinfga mosligini ta'minlovchi sinflarning gomomorf iyerarxiyalarini yaratish. 2. Keyingi darajaga o'tishda avvalgi darajadagi sinfni detallashtirishni ham konteyner sifatida, ham dastlabki interfeysni amalga oshiruvchi kontroller sifatida ko'rib chiqish. 3. Yangi sinflarning har biri bilan alohida yangi aloqalar o'rnatish. (Uzakov va Xoshimov[3])

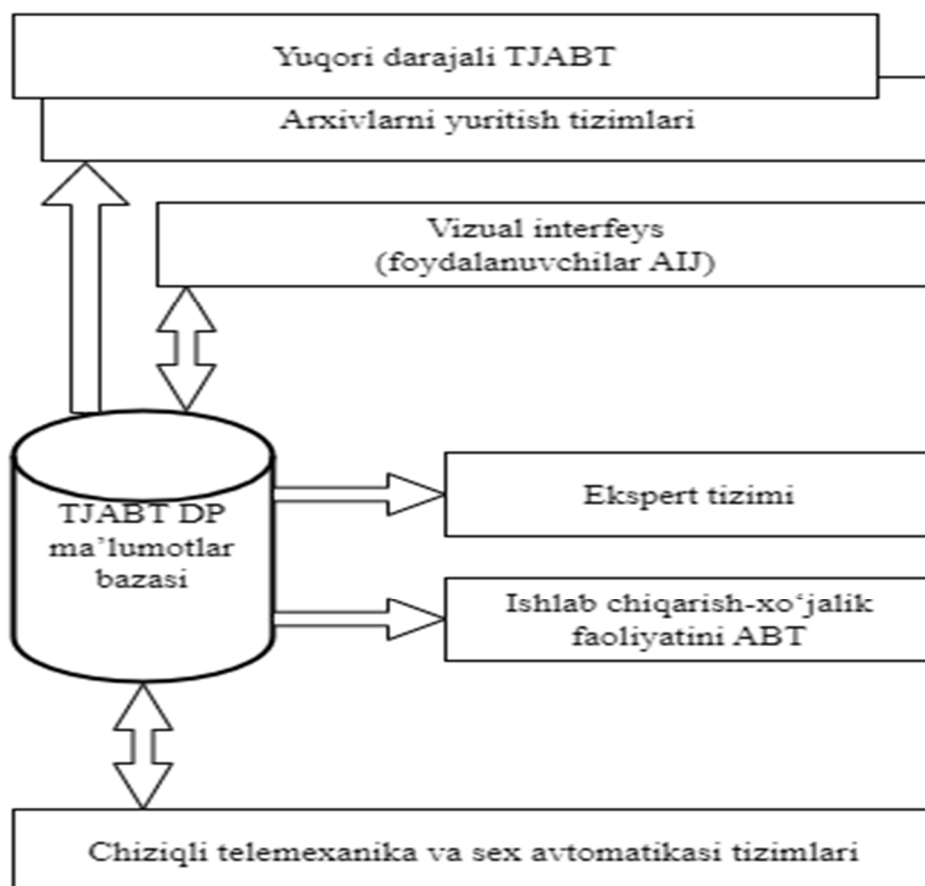
Obyekt dekompozitsiyasining boshqa usullari (xulq-atvor abstraksiyalaridan, virtual mashinadan foydalangan holda) ProTni tahlil qilishda e'tiborga olinadi, ammo asosiy deb hisoblanishi mumkin emas.

MBBTdan foydalanish sinflar tizimi va vorislik mexanizmidan foydalanib, MBni tahlil qilish natijalarini ifodalash va uning tushunchalarini ma'lumotlarni saqlash tuzilmasining o'zida mavhumlashtirish uchun metamodelni aniq belgilash imkonini beradi, relyatsion MBBTda qo'llaniladiganidan farqli dasturiy o'zaro ta'sir va ma'lumotlarga kirish mexanizmlarini talab qiladi.

Ma'lumotlar bazasiga kirishning ikkita asosiy operatsiyasi: ma'lumotlarni saqlashning mavjud tuzilmalaridan ma'lumotlarni tanlash (o'qish/yo'zish) va bu tuzilmalarning o'zini o'zgartirish (MBBT atamalarida ma'lumotlar sxemasini o'zgartirish) ikki usulda amalga oshirilishi mumkin: ma'lumotlar guruhlarini boshqarish va ularning qiymatlarini olish uchun MBBTning amaliy dasturlash

interfeysidan foydalanadigan dasturni yozish (protsedurali yondashuv), va so'rovlarning deklarativ tilidan foydalangan holda - MBBT protsessori tomonidan talqin qilinadigan va uning asosida natija shakllantiriladigan jumlaning yozish. Bir tomondan, uchinchi yoki to'rtinchi avlod obyektga yo'naltirilgan dasturlash tilidan foydalanuvchi dasturchi uchun birinchi yondashuvda MBBTning afzalligi namoyon bo'ladi: foydalanilayotgan til vositalari bilan MB obyektlarini bevosita manipulyatsiya qilish imkoniyati. Boshqa tomondan, protsedurali yondashuvda so'rovni tuzish aslida alohida dasturni yozishni anglatadi, bu esa ilovalar algoritmining berilgan ma'lumotlar tuzilmasiga bog'liqligini kuchaytirish, so'rovni dasturiy kod darajasida optimallashtirish zarurati (MBBTning o'zini so'rovni optimallashtirishning amaliy imkoni yo'qligi), har bir so'rovning murakkabligi, uning avtomatik tekshirishga zaif yaroqliligi kabi salbiy oqibatlarga olib keladi.

DPga nisbatan ma'lumotlar ustida amalga oshiriladigan operatsiyalar ko'rib chiqildi (1-rasmga qarang). Bulardan eng asosiylari tezkor ma'lumotlarni kiritish, saqlash va ma'lum bir mijozga uzatishdir. TJABT DP dasturiy majmuasidagi o'zaro ta'sirlarni tahlil qilish natijalariga ko'ra, ma'lumotlar ustida bajariladigan operatsiyalarga qarab tasniflangan axborot oqimlarining uchta asosiy turi aniqlandi: o'zgarishsiz uzatish, agregatsiya va saqlanayotgan ma'lumotnoma ma'lumotlari bilan birlashtirish lozim. Bunda bitta DP kompleksi tarkibidagi o'zaro ta'sirlashuvchi dasturlar ikkita mustaqil DP - ma'lumotlar uzatish tarmog'i uzellari bilan bir xil algoritmlardan foydalanadi. Har bir algoritmdan foydalanganda ma'lumotlar oqimi intensivligining qiyosiy tahlili keltirilgan.



1-rasm. TJABT DP tarkibiy qismlarining o'zaro axborot aloqalari



DPning boshqarishning quyi darajalari bilan o'zaro ta'siri ma'lumotlarni uzatish protokoli bilan belgilanadi, unda manzillash, o'z navbatida, ma'lumotlar manbai - kontrollerning manzil maydoniga bog'liq. Hozirgi vaqtda BHT (Birlashgan hisoblash tizimi) texnologiyasining tobora keng tarqalishi ma'lumotlarning obyektli-iyerarxik tuzilmalaridan foydalanishning maqbulligi to'g'risida yuqorida qilingan xulosa foydasiga yana bir dalilni beradi - ma'lumotlar manbai va qabul qiluvchisida bir xil tuzilmalarni yaratish, ya'ni ma'lumotlarni uzatish protokoli serverining nomlar fazosining iyerarxik tuzilmasini TJABT DP MBda takrorlash hisobiga ma'lumotlar oqimlarini o'zgartirish va ma'lumotlarni uzatishning mantiqiy shaffofligini minimallashtirish mumkin.

Mavjud so'rovlar tillarining kamchiligi shakllantirilayotgan tanlanmaning statikligidir (ma'lumotlarni yangilash uchun tasavvurni shakllantiruvchi butun so'rovni qayta bajarish talab etiladi). TJABT DP MBda saqlanayotgan tezkor ma'lumotlarga samarali kirish uchun OYMBda "Uchinchi avlod ma'lumotlar bazasi tizimlari manifesti" - "yangilanadigan tasavvurlarning mavjudligi" takliflaridan birini hisobga olish va amalga oshirish kerak.

Qurilish, transport, yig'ish ishlab chiqarishi va boshqalarning diskret texnologik jarayonlaridan farqli o'laroq, ularni boshqarish ma'lum bir harakatlar algoritmiga keltiriladi, uzluksiz texnik xizmat ko'rsatish uchun boshqaruvning dolzarb vazifasi belgilangan texnologik rejimni saqlashdir. Shuning uchun TJABT DPni yaratishda ishlab chiqarish, texnologik jarayonning axborot modelini yaratish va uning dolzarbligini saqlash (yangilash) vazifasi qo'yiladi.

TJABT DP ichki tuzilmasini loyihalash masalasi ushbu ishda obyektli-iyerarxik tuzilmani loyihalash masalasi sifatida qaraladi. Shuning uchun tasniflash uchun abstraksiyalarni ajratish, predmet sohasi obyektlarini iyerarxik tartibga solish, ushbu obyektlarning dinamik xatti-harakati va o'zaro ta'sirining umumiy xususiyatlari va ssenariylarini ajratish va umumlashtirish muammosi paydo bo'ladi. TJABT DP da uzluksiz texnologik jarayonning axborot modelini (Til) yaratish uchun dasturiy ta'minotni (DT) loyihalashning zamonaviy texnologiyalarini moslashtirish masalasi yuzaga keladi.

TJ dekompozitsiyasi va modellashtirish tamoyillarini aniqlashda ikki xil yondashuv bo'lishi mumkin. Birinchi holatda, "texnologik boshqaruv obyekti (TBO)" - ya'ni "texnologik uskunalari va unda amalga oshirilayotgan texnologik jarayonni o'z ichiga olgan boshqaruv obyekti" tushunchasi bilan rasmiylashtirishda, korxonaning TBO to'plami holatlarining muvofiqlashtirilib tuzilgan rasmiy modellarini yaratish va shu orqali barcha ishlab chiqarish uchastkalarida texnologik jarayon holati haqidagi ma'lumotlarni saqlash imkoniyati paydo bo'ladi. Ikkinchi holatda axborot modeliga va umuman ishlab chiqarish jarayonini boshqarish usullariga hamda korxonalar xizmatlarining har biriga qo'yiladigan talablarni ajratib ko'rsatish va rasmiylashtirish mumkin.

Tanlangan yondashuvdan qat'i nazar, avtomatlashtirilgan tizimlarning ma'lumotlar bazalarida

saqlanadigan barcha ma'lumotlarni me'yoriy-ma'lumotnoma (MMA) va tezkor (telemetrik) axborot turlarga bo'lish mumkin. MMA tizimning butun hayotiy sikli davomida past darajadagi o'zgaruvchanlik bilan tavsiflanadi va texnologik jihozlarning konstruktiv va ekspluatatsion xususiyatlarini, tashkiliy-hududiy bo'linishini va boshqalarni tavsiflaydi. Tezkor ma'lumotlar avtomatlashtirilgan sohaning joriy holatini tavsiflaydi, TJABT holatida - texnologik jarayonning holati, ularning o'zgarish davriyligi sekundlar bilan o'lchanadi. NMI qism to'plamlari va tezkor ma'lumotlarni birlashtirish formallashtirilgan tavsif asosida texnologik jarayonning dinamik modelini yaratish imkonini beradi. (Uzaqov[4])

An'anaga ko'ra, ma'lumotlar bazasi obyektlarini tanlashda predmet sohasini tahlil qilish natijalaridan foydalaniladi - TOUning "konteyner-element" tamoyili bo'yicha iyerarxik tartibga solingan, ularni TJABT MB tuzilmasiga tashkil etish tamoyili sifatida esa ma'muriy-hududiy yoki ishlab chiqarish bo'linishidan foydalanish (bu uzluksiz TJni rasmiylashtirishning aytib o'tilgan tamoyillaridan birinchisini amalga oshirishdir). Biroq, iyerarxik tahlil va "yuqoridan pastga" yoki "pastdan yuqoriga" loyihalashtirish usullarini TJABT MBni umuman loyihalashtirishga tarqatish ma'lumotlarning yagona tuzilmasida avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishga faqat bitta nuqtayi nazarni aniq aks ettirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv va mavjud uslubiy apparat to'liq qo'llaniladi,

Turli toifadagi foydalanuvchilarning TJ axborot modeliga bo'lgan subyektiv talablarini hisobga oluvchi ikkinchi turdagi rasmiylashtirishda TJ modelini amalga oshirishga urinishda MB loyihachisi oldida axborot tizimlarini dasturiy ishlab chiqishdagi kabi ma'lum muammolar paydo bo'ladi. Ularning mohiyati shundaki, obyektga yo'naltirilgan usullardan foydalanishda dekompozitsiya predmet sohasini tahlil qilish natijasida olingan mohiyat yoki xatti-harakatlarning abstraksiyalaridan foydalangan holda amalga oshiriladi. Ushbu turdagi dekompozitsiya samarali dasturiy kodga aylantiriladi, ammo u foydalanuvchilarning butun tizimga bo'lgan xususiyatlari yoki talablarini tavsiflovchi talablar spetsifikatsiyalari tuzilishiga mos kelmaydi - strukturaviy nomuvofiqlik yuzaga keladi. Bu shunda namoyon bo'ladiki, dasturiy kodda har bir talabning qo'llab-quvvatlanishi loyihalashning bir nechta abstraksiyalari bo'yicha "sochiladi" (scatter); obyektlarning har birida bir nechta turli xil talablarning qo'llab-quvvatlanishi ularning tuzilishini "chalkashtiradi" (tangle), bu esa model va dasturiy kodning tushunarililigini pasayishiga olib keladi, sinflar va umuman modelni ishlab chiqish, kengaytirish va qayta ishlatish murakkabligini oshiradi.

Foydalanuvchilarning turli guruhlarini talablarini qo'llab-quvvatlashdan tashqari, sinflar tuzilmasining murakkablashishiga o'zaro ta'sir mexanizmlarini (xavfsizlik, xizmat ko'rsatish sifati, ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash va shu kabilarga qo'yiladigan talablar) qo'llab-quvvatlash olib keladi. Bunday operatsiyalarni bajarish uchun ixtisoslashtirilgan funkcionallikni joriy etish, ya'ni turli, ko'pincha mantiqan bog'liq bo'lmagan sinflarning shartnomalarini bir xil kengaytirish talab etiladi.



Ushbu muammolarni hal qilish uchun subyektga va jihatga yo'naltirilgan loyihalash tamoyillari va usullaridan foydalanish taklif etilgan. (Xoshimov [5])

Loyiha modellarida talablarni to'g'ridan-to'g'ri aks ettirishni qo'llab-quvvatlash uchun an'anaviy obyektga yo'naltirilgan loyiha yangi dekompozitsiyalarni qo'shish orqali kengaytiriladi. S.Klark subyektga yo'naltirilgan modelni "umumiy strukturani turli talablarga mos keluvchi, bir-birini qoplashi mumkin bo'lgan bir nechta modellarga ajratishni qo'llab-quvvatlaydi," deb ataydi. Alohida modellarning keyingi birlashuvi modelning bir-birini qoplaydigan (yoki axborot jihatdan o'zaro ta'sir ko'rsatadigan) elementlarini va ularni birlashtirish usullarini belgilaydigan bog'lanish munosabatlari bilan belgilanadi. O'z navbatida, olingan xususiy (subyektli) modellarning har biri TJ axborot modeliga qo'yiladigan talablarni to'liq detallashtirishga erishilgunga qadar keyingi subyektli dekompozitsiyaga uchrashi mumkin. Faqat shundan keyingina olingan xususiy modellar an'anaviy obyektga yo'naltirilgan dekompozitsiyaga duchor bo'lishi mumkin.

Loyihalashning subyektga yo'naltirilgan kengayishini ko'rsatadigan bunday yondashuv, texnologik jarayonlarning ixtisoslashtirilgan axborot modellarini yaratish imkonini beradi. Bu modellarning har biri iyerarxik tartibga solingan obyektlar to'plamidan iborat bo'lib, ular operativ ma'lumotlarni, ularning atributlarini, hosilaviy qiymatlarini, shuningdek ikki turdagi usullarni o'z ichiga oladi: obyekt ichidagi ma'lumotlarni o'zgartiruvchi va boshqa obyektlar, shu jumladan boshqa subyektlarda mavjud bo'lgan obyektlar bilan axborot aloqalarini (o'qish, yozish) ta'minlovchi usullar hisoblanadi.

Bunday holda, TJABT DP MB ma'lumotlarni to'liq markazlashtirilmagan holda saqlash bilan bir nechta mustaqil subyektlarning birlashmasidir. Shuningdek, TTning o'zaro mustaqil subyektlarini ajratish va qo'llab-quvvatlash, obyektlar tuzilishini soddalashtirish hisobiga, obyektlarning har birini chekli avtomat sifatida ko'rib chiqish imkoniyatini yanada muvaffaqiyatli qo'llash imkonini beradi va, demak, ularning to'plamini ma'lum bir mantiqiy tasavvurni hosil qiladi - qo'yilgan cheklovlarni hisobga olgan holda berilgan predmet sohasida TT holatining funksiyasi sifatida. qo'llaniladi. (Yakubov va boshq.[6])

O'z navbatida, "kesishuvchi" talablarni amalga oshirish muammosi predmet sohasining mohiyatini mavhumlashtiruvchi sinflarning bir xil "shartnoma majburiyatlarini" bajarish yuklatilgan qandaydir qo'shimcha dasturiy "qatlam"ni kiritish orqali samarali hal qilinishi mumkin.

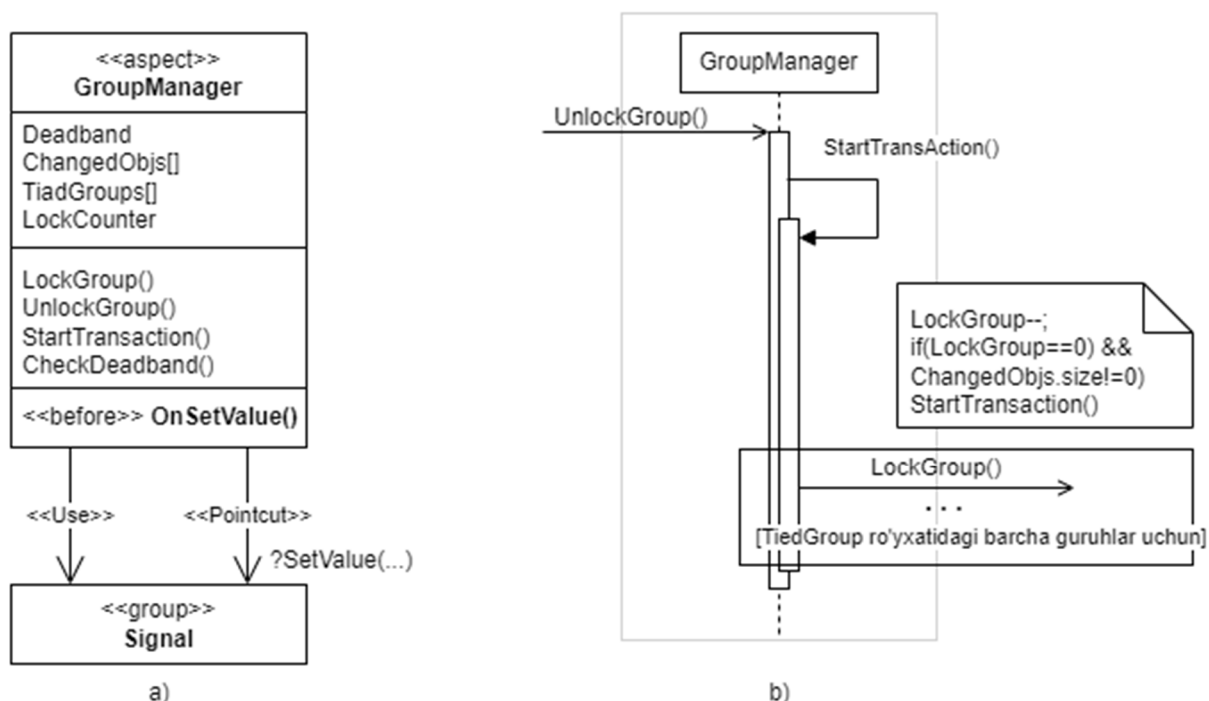
Buning uchun 1997-yilda G. Kikzales boshchiligidagi Xerox PARC dasturchilari guruhi tomonidan aspektga yo'naltirilgan dasturlash (APD) konsepsiyasi taklif etildi. Ular tomonidan jihat tushunchasi aniq kiritilgan bo'lib, u tizimning protsedura ko'rinishida aniq amalga oshirilishi mumkin bo'lmagan xususiyatidir. "Aspektlar tizimning funksional dekompozitsiyasi elementlari bo'lishga moyil emas, balki komponentlarning samaradorligi yoki semantikasiga tizimli ta'sir ko'rsatadigan xususiyatlardir." Bu jihatlar "tizimning funksional dekompozitsiyasi birliklari bo'lish tendensiyasiga ega" komponentlarga qarama-qarshidir. ADPning maqsadi "dasturchiga

komponentlar va jihatlarni bir-biridan aniq ajratishda yordam berish, ularni mavhumlashtirish va butun tizimni olish uchun birlashtirish imkonini beradigan mexanizmlarni ta'minlashdir." (Yakubov va boshq.[7])

Takliflar

Biz tomonlarni modellashtirish usullarini ko'rib chiqdik, ular asosan UML kengaytmalari bo'lib, funksional operatsiyalarni amalga oshirishda, ma'lumotlarni uzatishni sinxronlashtirishning turli rejimlarida (2-rasmga qarang), ma'lumotlar manbalari - quyi tizimlar bilan o'zaro ta'sir qilishda tomonlarni qo'llashni tavsiflovchi bir qator modellarni taklif qildik.

Ishlab chiqarish va texnologik jarayonning subyektga bog'liq bo'lmagan modellarini yaratish doirasida ham, axborot oqimlarini aspektga yo'naltirilgan boshqarish uchun ham amalga oshiriladigan boshqariladigan guruhlar - obyektlar to'plamlarini joriy etish, shuningdek, guruhning qo'shimcha semantik yuklamasini joriy etishda, TJABT DP OYMBga so'rovlarning deklarativ tilini amalga oshirish uchun zarur shart hisoblanadi.



2-rasm. O'zgarishlarni uzatishda obyektlarni bloklashni boshqarish uchun aspekt sinfini kiritish.

Neft va gaz sanoatida ishlab chiqarishning o'ziga xos xususiyatlari tufayli (uzluksiz, keskin nostatsionar texnologik jarayon bilan ajralib turadigan yuqori xavfli korxonalar) butun tarmoqning ishonchli ishlashiga yuqori talablar qo'yiladi. Bu ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan barcha axborot aloqalarini takrorlash zarurligini anglatadi: asosiy aloqa kanali (AK) ishdan chiqqanda, tezkor ma'lumotlar ajratilgan zaxira AK yoki boshqa yo'nalish bo'yicha (boshqa ma'lumotlar to'plamlarini uzatish uchun ishlatiladigan) uzatilishi kerak, ammo barcha xabarlarini yetkazib berishning



ehtimoliy-vaqt xususiyatlarini saqlab qolish kerak. Barcha AKlarni yotqizish va to'liq takrorlash uchun sezilarli xarajatlar va shu bilan birga, o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirishning sezilarli darajada past narxi tarmoq tuzilishini va aloqa kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati parametrlarini sintez qilish va optimallashtirish vazifasini qo'yishga olib keladi.

Dastlab tugunlar joylashgan ko'plab joylar (va, demak, ular orasidagi masofalar matritsasi) berilgan; bog'liqlik matritsasi, shuningdek, ular asosida MMUT (Mintaqaviy ma'lumotlar uzatish tarmog'i) yaratiladigan aloqa kanallarining xususiyatlari: $C_{\exists} = \{c_{\exists m}\}$ - aloqa kanallarining (AK) samarali o'tkazuvchanlik qobiliyatlari to'plami; $B = \{b_m\}$ - samarali o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lgan AK uchun apparat-dasturiy vositalarga bo'lgan nisbiy xarajatlar to'plami $c_{\exists m}$, $m=1, \dots, M$, bu yerda, M - MMUTni qurishda qo'llanilishi mumkin bo'lgan AK turlari soni.

Quyida keltirilgan usullardan foydalanib, har ikki tugun orasidagi axborot oqimlarining intensivligini va xabarlar uzunligi μ ning taqsimlanishini baholash mumkin.

U holda MMUT strukturasi qurish masalasi quyidagicha qo'yiladi. Quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi $x = \{x_y\}$, $y = \{y_y\}$, $i = 1, \dots, N$, $j = 1, \dots, N$, $i \neq j$ ni topish talab etiladi:

$$x_y = \begin{cases} 1, \text{ agar MMUT tuzilmasida } a_i \text{ va } a_j \text{ o'rtasida kanal mavjud bo'lsa} \\ 0, \text{ aks holda} \end{cases}$$

$$y_{ij}^{pk} = \begin{cases} 1, \text{ agar } \lambda_{pk} \text{ oqim } a_i \text{ va } a_j \text{ orasidagi kanal orqali uzatilayotgan bo'lsa} \\ 0, \text{ aks holda} \end{cases}$$

U holda samaradorlik mezonini quyidagicha yozish mumkin:

$$F(x, y) = \sum_{(i)} \sum_{(j)} R_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

bu yerda

$$R_{ij} = \frac{C_{ij}}{c_{\exists ij} \cdot b_{ij} \cdot l_{ij}} \quad (2)$$

$$C_{ij} = \frac{1 + (\sum_{(p)} \sum_{(k)} \lambda_{pk} y_{ij}^{pk}) \cdot T}{\mu \cdot T} \quad (3)$$

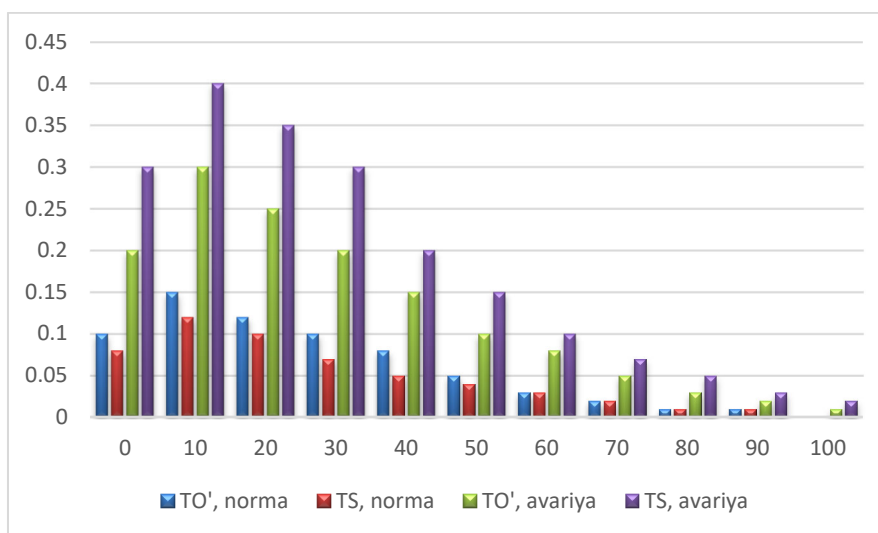
(3) ifoda - aloqa kanalining qobiliyati, u orqali uzatiladigan xabarlar oqimining parametrlari va MMUTning topologik tuzilishini va unda qabul qilingan kommutatsiya rejimini hisobga olgan holda o'rtacha yetkazib berish vaqtiga bo'lgan talab o'rtasidagi muvofiqlikni o'rnatadi. (1) - (3) ifodada ishonchlilikka qo'yilgan talablar aks ettirilmagan, ular boshlang'ich strukturani generatsiyalash va MMUTni optimallashtirish algoritmlarida hisobga olingan.

Masalaning umumiy yechimini ikki qismga bo'lish mumkin:

1. $\|\lambda_{ij}\|, i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N, i \neq j$ xabarlar oqimining intensivligini a_i va a_j , ugunlar orasidagi yo'nalishlarda, ma'lumotlarning MMUTga kelib tushish xarakteri va ularni uzatish algoritmlarini hisobga olgan holda bashoratlash.
2. Boshlang'ich MMUT strukturasi generatsiyalash va uni keyinchalik optimallashtirish bosqichlaridan iborat MMUT topologik strukturasi sintezlashni amalga oshirish.

Tezkor texnologik axborot almashinuvining ikki tuguni - mijoz va server, qabul qiluvchi va tezkor texnologik axborot manbai o'rtasidagi axborot oqimlari xarakterini baholash amalga oshirilgan va uning intensivligini baholash mexanizmi taklif etilgan bo'lib, u foydalanilayotgan axborot almashinuviga bevosita bog'liq. Bunday algoritmlarning uchtasi ajratiladi: qiymatlarni davriy so'rash, o'zgarishlarni davriy so'rash, o'zgarishlarni spontan uzatish. Uzatilgan axborot hajmi faqat birinchi holatda qat'iy belgilangan, qolganlarida esa faqat so'rov davrida umumiy ma'lumotlar hajmining ma'lum bir ulushi kelib tushish ehtimoli haqida gapirish mumkin.

Server ma'lumotlar bazasidagi signallarning umumiy sonidan kutilayotgan o'zgarishlar foizi turlicha bo'lib, texnologik jarayonning kechish rejimiga (shtat, avariya) va signal turiga (telesignalizatsiya, teleo'lchash) bog'liq.



3-rasm. Signallarning o'zgarish ehtimolligi taqsimoti (% larda).

Ushbu ulushni baholash uchun Puasson taqsimotidan foydalanamiz. Ehtimolliklarning taqsimlanish grafigi (3-rasmga qarang) so'rov davrida o'zgarishi sodir bo'ladigan ma'lum turdagi signallarning umumiy sonining foizi absissa o'qiga qo'yilgan) o'zgarishlarning haqiqiy ehtimolligini ekspert baholash bilan mos keladigan ϕ parametrining qiymatlarini topish mumkin.

U holda, kanal darajasidagi tasdiqlovchi ma'lumotlar hajmini e'tiborsiz qoldirgan holda, so'rov o'tkazish davrida MMUTga kelib tushadigan ma'lumotlarning umumiy hajmi quyidagicha bo'ladi:



$$Q_{S2} = p_k(\phi) \cdot \sum_{i=1}^T (I + S_i \cdot z_i) \quad (4)$$

$$N_{S2} = \left\lceil \frac{Q_{S2}}{D} \right\rceil + 1 \quad (5)$$

(Q_{Si} - mijozning amaliy so'rovi hajmi - o'zgarishlarni davriy so'rov qilishda e'tiborga olinmaydigan darajada kichik va o'zgarishlarni o'z-o'zidan uzatishda mavjud emas.). U holda $Q_{ST} = Q_{S2} + (N_{S2}) \cdot H$ va

$$\lambda_s = \frac{Q_{ST}}{T_p - (T_{DS} + T_{DC})} \quad (6)$$

Bu yerda D - freymga joylashtirish mumkin bo'lgan amaliy ma'lumotlarning maksimal hajmi, H - freym sarlavhasi o'lchami, T_p - o'zgarishlar so'rovining normativ davri, T_{DS} , T_{DC} - server va mijoz tomonidan so'rovlarni qayta ishlash va javoblarni shakllantirish uchun sarflanadigan vaqt.

Hisoblash tarmoqlari nazariyasining prinsipial qoidalariga va radial-tugunli tuzilmalarni generatsiyalashning ma'lum algoritmlariga asoslanib, neft va gaz sanoatida dispetcherlik boshqaruvining taqsimlangan tizimlarida axborot oqimlarining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda MMUTning boshlang'ich tuzilmasini generatsiyalash algoritmi taklif etilgan.

Olingan MMUT strukturasi optimallashtirish uchun evristik algoritm taklif etilgan bo'lib, unda to'planning N nuqtalari uchun (yagona ajratilgan markaziy kommutator bilan) $N-2$ iteratsiya davomida berilgan markaziy tugun va ikkita "qo'shni" mahalliy tugunlar o'rtasidagi aloqa kanallari ketma-ket ko'rib chiqiladi. Ishonchlikka qo'yilgan talablarni hisobga olgan holda, har qanday o'zaro ta'sirlashuvchi MMUT tugunlari va oldingi iteratsiya natijalari o'rtasidagi tranzit uchastkalarining maksimal soni bo'yicha cheklovlarni hisobga olgan holda, algoritmning har bir qadami uchun xususiy optimal yechim topiladi.

Avtomatlashtirilgan korxonalarining ko'rib chiqilayotgan turi boshqaruvning to'rtta ajratilgan darajasi bilan tavsiflanadi: texnologik obyekt, texnologik zona, hududiy boshqaruv va umuman korxonalar; oxirgi ikkita daraja dispetcherlik boshqaruviga tegishlidir. Shu bilan birga, TJABT DP tarkibida markazlashtirilgan ma'lumotlar omborini yaratish sanoatning dolzarb talabi bo'lib, xususan, "tezkor, balans va arxiv ma'lumotlari, me'yoriy ma'lumotnoma ma'lumotlarini o'z ichiga olgan yagona ma'lumotlar bazasini shakllantirishga alohida e'tibor qaratish kerakligi" ta'kidlangan.

Ishlab chiqilgan metodika model darajalarining o'zaro bog'liqligini matritsa ko'rinishiga keltirish orqali mustaqil subyektga yo'naltirilgan kichik modellarni obyekt-iyerarxik MBning yagona tuzilmasida birlashtirish imkonini beradi. Shuningdek, axborot aloqalarini tavsiflovchi guruhlariga obyektga yo'naltirilgan yondashuv (merosxo'rlik, polimorfizm) usullarini qo'llash orqali MB obyektlari va kontrollarning nomlar fazosidagi signallarni individual bog'lashni talab qiluvchi

telemexanika tizimining kontrollerlari bilan TJABT DP axborot almashinuvini sozlash masalasini yechish avtomatlashtirilgan.

Xulosa

Neft tashish korxonalarini dispatcherlik punktlarining ishlab chiqilgan ma'lumotlar bazalari axborot oqimlarini boshqarish va ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash uchun moslashtirilgan va aspektga yo'naltirilgan dasturlash usullari qo'llanilgan, bu esa TJABT DPning axborot va dasturiy ta'minotini tashkil etish samaradorligini oshirish imkonini bergan. TJABT DP MB tuzilmasini kombinator sintezlash vazifasini bajarish uchun nafaqat MB mohiyatlarining loyihaviy variantlari, balki ma'lumotlar ustida amallar bajarishning loyihaviy variantlari ham ishlab chiqildi; ularni kombinatsiyalash qoidalari ham kiritildi. Mintaqaviy ma'lumotlar uzatish tarmog'ining (MMUT) boshlang'ich tuzilmasini optimallashtirishning original evristik algoritmi taklif etilgan bo'lib, u TJABT DPning belgilangan ishonchli ishlashini ta'minlash uchun zarur bo'lgan aloqa kanallarini majburiy zaxiralash talablarini hisobga oladi.



Adabiyotlar

1. Xoshimov b., yakubov m. Operational control of the vacuum column of the unit of oil primary distillation //потомки аль-фаргани. – 2023. – т. 1. – №. 1. – с. 27-34.
2. Якубов м. Анализ современных методов определение показателей качества нефтепродуктов //потомки аль-фаргани. – 2023. – т. 1. – №. 2. – с. 27-32.
3. Узаков б. М., хошимов б. М. Исследование методов идентификации моделей виртуальных анализаторов показателей качества ректификационной колонны //al-fargʻoniy avlodlari. – 2024. – т. 1. – №. 1. – с. 80-84.
4. Uzoqov b. Neftni qayta ishlash korxonalari faoliyati boshqaruv tizimini takomillashtirish: neftni qayta ishlash korxonalari faoliyati boshqaruv tizimini takomillashtirish //потомки аль-фаргани. – 2024. – №. 2. – с. 132-139.
5. Muminjonovich x. B. Intellectual boshqarish tizimlari yordamida neftni rektifikatsiya jarayonini boshqarish //al-fargʻoniy avlodlari. – 2024. – №. 2. – с. 162-168.
6. Sultaniyazovich y. M., muhammadiyevich u. B., muminjonovich x. B. Fargʻona neftni qayta ishlash zavodi uchun avtomatlashtirilgan tizimini matematik modeli va algoritmlash jadvalini rejalashtirish vazifalari //al-fargʻoniy avlodlari. – 2024. – №. 2. – с. 101-108.
7. Якубов м. С., хошимов б. М., узаков б. М. Совершенствование управления процессом ректификации нефти //al-fargʻoniy avlodlari. – 2024. – №. 2. – с. 220-228.



Mualliflar

Zarmasov Elbek

Elov Jamshid

Masofaviy ta'lim markazi,
"Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari"
universiteti, Toshkent 100084,
O'zbekiston;

zarmasov.elbek@mail.ru,

jamshid.elov@tuit.uz

Maxmanov Botir

Chet ellik xodimlarini hisobini
yuritish loyihalash bo'limi, "Yagona
milliy mehnat tizimi idoralararo
dasturiy-apparat kompleksini
boshqarish direksiyasi" davlat
muassasasi, Toshkent 100084,
O'zbekton,

mr.mahmanov@mail.ru

Mas'ul: jamshid.elov@tuit.uz



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons
Attribution (CC BY) litsenziyasi
shartlari asosida tarqatiladigan ochiq
foydalanish maqolasi hisoblanadi
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

MASOFAVIY TA'LIM AXBOROT TIZIMINING TALABA PERSONAL KABINETINING FUNKSIONAL IMKONIYATLARI

Annotatsiya: Masofaviy ta'lim axborot tizimida talabaning shaxsiy (personal) kabinetini orqali ta'lim olish jarayonining qulayliklari va samaradorligi yoritilgan. Asosiy e'tibor talaba kabinetining funksional imkoniyatlari - o'quv rejalari, fanlar ro'yxati, topshiriqlarni olish va topshirish, baholarni ko'rish, o'qituvchi bilan muloqot qilish, ishtirokni kuzatish va o'z faoliyatini tahlil qilish kabi modullarga qaratilgan. Zamonaviy ta'lim texnologiyalari asosida yaratilgan axborot tizimlarining foydalanuvchiga yo'naltirilgan interfeysi, interaktivlik darajasi va texnik moslashuvchanlik xususiyatlari o'rganildi.

Kalit so'zlar: Masofaviy ta'lim, talaba personal kabinetini, axborot tizimi, funksional imkoniyatlar, interaktiv ta'lim, raqamli texnologiyalar, test va nazoratlar, fan kontenti, ta'limni boshqarish, Canvas, Moodle, Edmodo tajribalari, o'zlashtirish ko'rsatkichlari, baholash tizimi, elektron o'quv resurslar.



Kirish

Raqamli texnologiyalar jadal rivojlanayotgan bugungi kunda ta'lim sohasida masofaviy o'qitish tizimlari keng qo'llanilmoqda. Jumladan, talabalar va o'qituvchilar o'rtasidagi muloqot, bilim olish jarayoni va baholash tizimi elektron platformalar orqali amalga oshirilmoqda. Masofaviy ta'lim axborot tizimining asosiy komponentlaridan biri - bu talaba shaxsiy kabineti bo'lib, u orqali talaba o'z ta'lim faoliyatini mustaqil ravishda boshqaradi [1].

Talaba kabineti orqali foydalanuvchi o'quv rejalari, fan materiallari, testlar, nazoratlar, amaliy topshiriqlar, video darslar va baholar bilan real vaqt rejimida ishlash imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu maqolada mazkur tizimning imkoniyatlari tahlil qilinadi va xalqaro tajribalar bilan solishtiriladi.

Adabiyotlar tahlili

Masofaviy ta'lim axborot tizimlari (MTAT) bugungi kunda ta'lim sohasida katta o'zgarishlar va yangi imkoniyatlar yaratmoqda. An'anaviy ta'lim shakllaridan farqli o'laroq, masofaviy ta'lim axborot tizimlari o'quv jarayonini raqamli muhitda tashkil etish va boshqarishni ta'minlaydi. Bunday axborot tizimlari o'qituvchilar va talabalar o'rtasida interaktiv aloqalarni o'rnatish, o'quv resurslarini samarali taqsimlash va ta'lim jarayonini individuallashtirish imkonini beradi.

MTAT o'quv jarayonini optimallashtirish, resurslardan samarali foydalanish va ta'limning sifatini oshirish uchun keng ko'lamlı funksional imkoniyatlarni taqdim etadi. Ushbu axborot tizimlari orqali ta'lim muassasalari ma'lumotlarni boshqarish, monitoring qilish, va talabalar faoliyatini kuzatish kabi funksiyalarni amalga oshirishi mumkin. Shuningdek, MTAT o'qituvchilarga o'z darslarini samarali rejalashtirish va o'quv dasturlarini ishlab chiqishda yordam beradi, talabalar esa o'z o'quv jarayonlarini mustaqil boshqarish imkoniyatiga ega bo'ladilar [2].

Masofaviy ta'lim zamonaviy axborot texnologiyalari va internet tarmog'i orqali amalga oshiriladigan ta'lim shakli bo'lib, bugungi kunda ta'lim olishning qulay va samarali usuli sifatida keng qo'llanilmoqda. Masofaviy ta'lim axborot tizimi, ayniqsa, talabalarning o'zlashtirishi va o'quv jarayonini boshqarish uchun muhim ahamiyatga ega. Ushbu tizimlar orqali talabalar darslar, topshiriqlar, baholar, va o'quv kontenti kabi ta'lim jarayonining barcha bosqichlarini nazorat qilishlari va osonlik bilan online tarzda kuzatib borishlari mumkin.

Masofaviy o'qitish tizimida talabaning asosiy vazifasi tizimga kiritilgan o'quv grafigi bo'yicha mustaqil ravishda ta'lim olish, tizimdagi fanning o'quv materiallaridan foydalanish, fanlarning topshiriqlarini bajarish va natijasini tizimga yuklash, ma'lum mavzular bo'yicha testlarni topshirish orqali bilimlarini sinovdan o'tkazish hamda belgilangan grafik asosida nazorat turlarini topshirishdan iborat [3].

Uchta xalqaro tajriba doirasida masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal

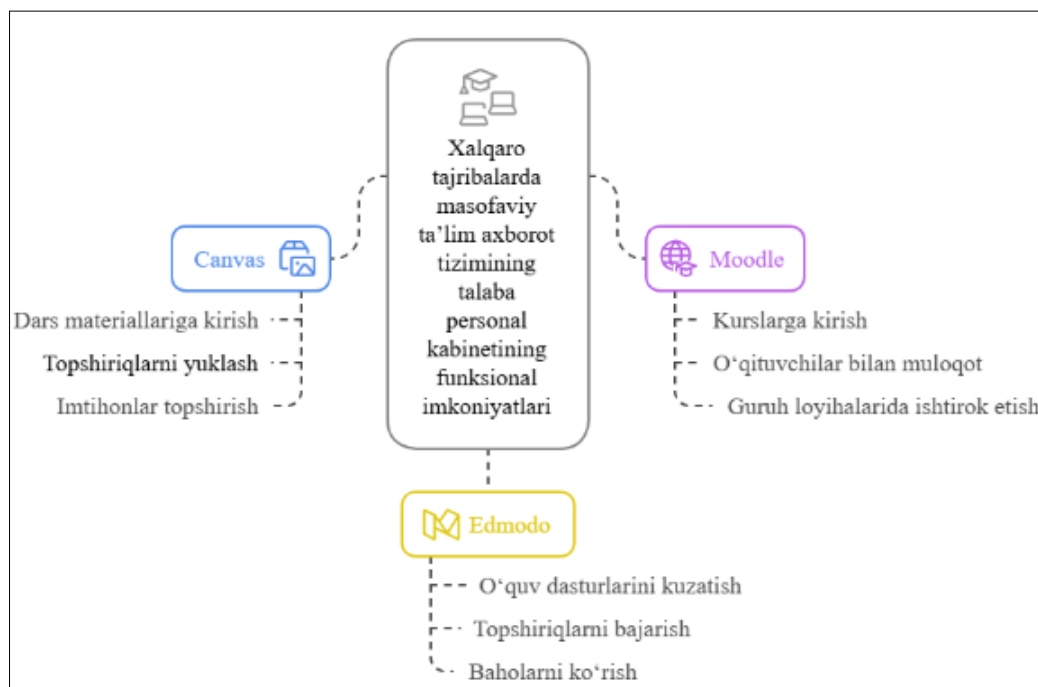
kabinetining funksional imkoniyatlarini quyidagicha tasvirlash mumkin:

Xalqaro tajribalarda masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal kabinetining funksional imkoniyatlari, ko'plab mamlakatlarda muvaffaqiyatli joriy etilgan va har bir mamlakatning o'ziga xos tajribasi mavjud, bunga misol qilib quyudagi davlatlarni olsak bo'ladi.

1. Canvas AQShda keng tarqalgan masofaviy ta'lim platformasi bo'lib, u talabalarga o'z shaxsiy kabineti orqali ko'plab funksional imkoniyatlarni taqdim etadi. Talabalar dars materiallariga kirish, topshiriqlarni yuklash, imtihonlar topshirish, o'qituvchilar bilan aloqa qilish imkoniyatiga ega. Shuningdek, talabalarga baholarni kuzatish va baholar bo'yicha statistikani tahlil qilish imkoniyatini beradi. Canvas platformasi mobil ilovalar orqali ham foydalanish imkoniyatiga ega bo'lib, bu talabalarga istalgan joydan o'qishni davom ettirish imkonini yaratadi.

2. Moodle - Yevropa Ittifoqi davlatlarida keng qo'llaniladigan ochiq manba kodli masofaviy ta'lim platformasi. Moodle tizimida talabalarga o'z kurslariga kirish, o'qituvchilar bilan muloqot qilish, guruh loyihalarida ishtirok etish va onlayn testlardan o'tish imkoniyati yaratilgan. Moodle talaba kabineti talabalarga kurs materiallari, topshiriqlar va baholarni boshqarish imkoniyatini beradi. Shuningdek, Moodle modullari yordamida turli xil o'quv jarayonlarini individual ravishda moslashtirish imkoniyati mavjud.

3. Edmodo Avstraliyada va boshqa ko'plab mamlakatlarda ishlatiladigan masofaviy ta'lim platformasi. Edmodo platformasi talabalarga o'quv dasturlarini kuzatish, topshiriqlarni bajarish va baholarni ko'rish imkonini beradi. Platforma, shuningdek, ijtimoiy tarmoq kabi ishlaydi, ya'ni talabalar va o'qituvchilar o'zaro hamkorlik qilishi, xabarlar almashishi va guruh muhokamalarida ishtirok etishi mumkin. Edmodo, ayniqsa, maktab darajasidagi ta'limda keng qo'llanilib, o'qituvchilar va ota-onalar uchun ham maxsus interfeyslar mavjud.

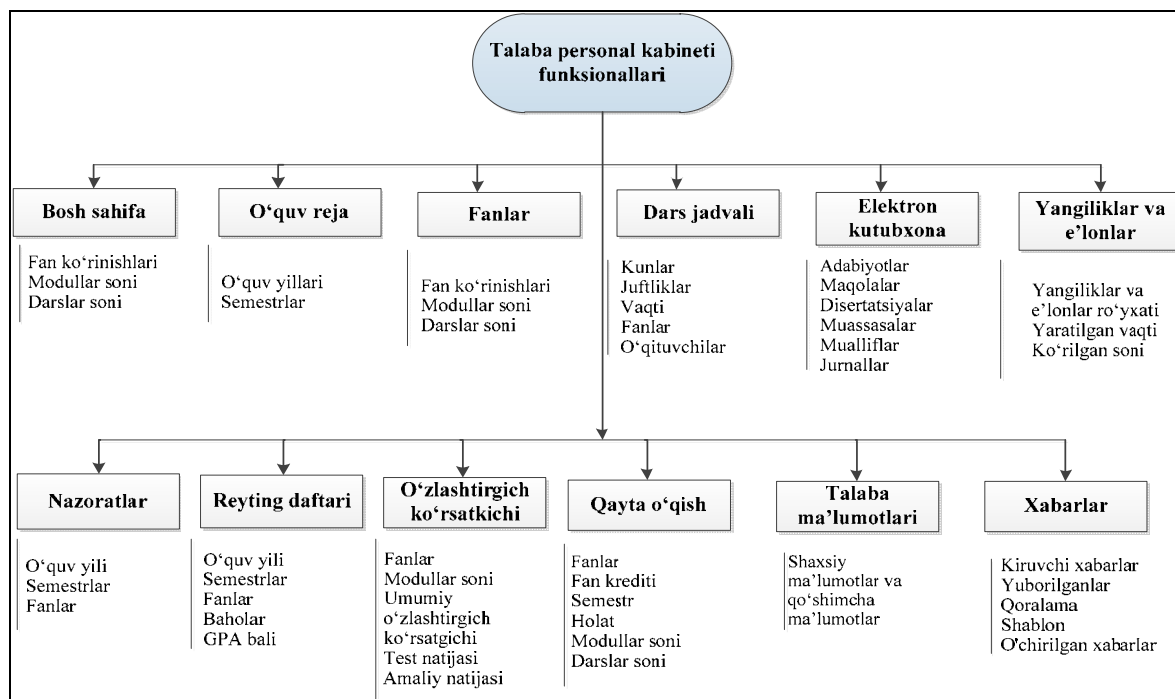


1-rasm. Xalqaro tajribalarda masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal kabinetining funksional imkoniyatlari.

Yuqoridagi xalqaro tajriba asosida olingan axborot tizimlaridan xulosa qilib, endi o'zimiz tadqim etgan milliy masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal kabinetining funksional jarayonlari asosida 3-rasmdagi funksional imkoniyatlari ishlab chiqildi.

Talaba personal kabinetini funksionallari jarayonlari asosan 12 qismdan iborat (2-rasm). Ular quyidagilarni tashkil etadi:

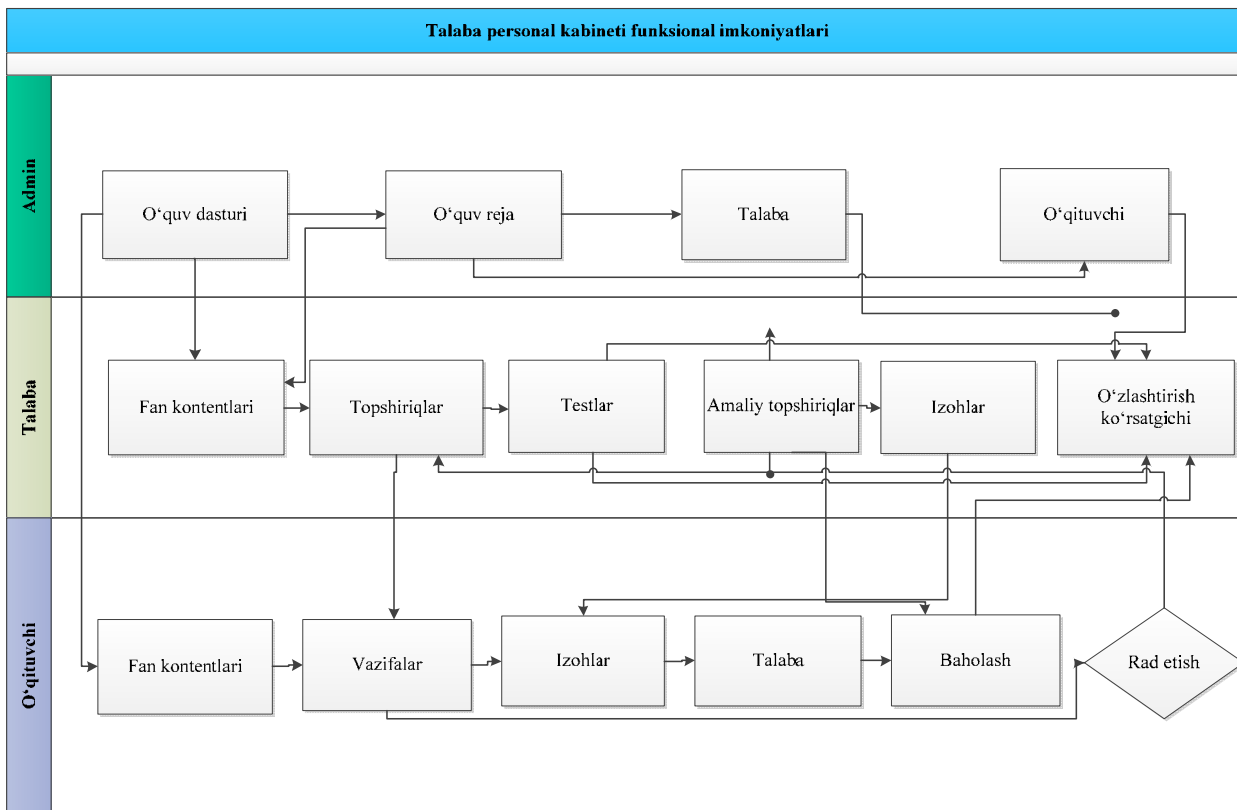
- Bosh sahifa
- O'quv reja
- Fanlar
- Dars jadvali
- Elektron kutubxona
- Yangiliklar va e'lonlar
- Nazoratlar
- Reyting daftari
- O'zlashtirgich ko'rsatkichi
- Qayta o'qish
- Talaba ma'lumotlari
- Xabarlar



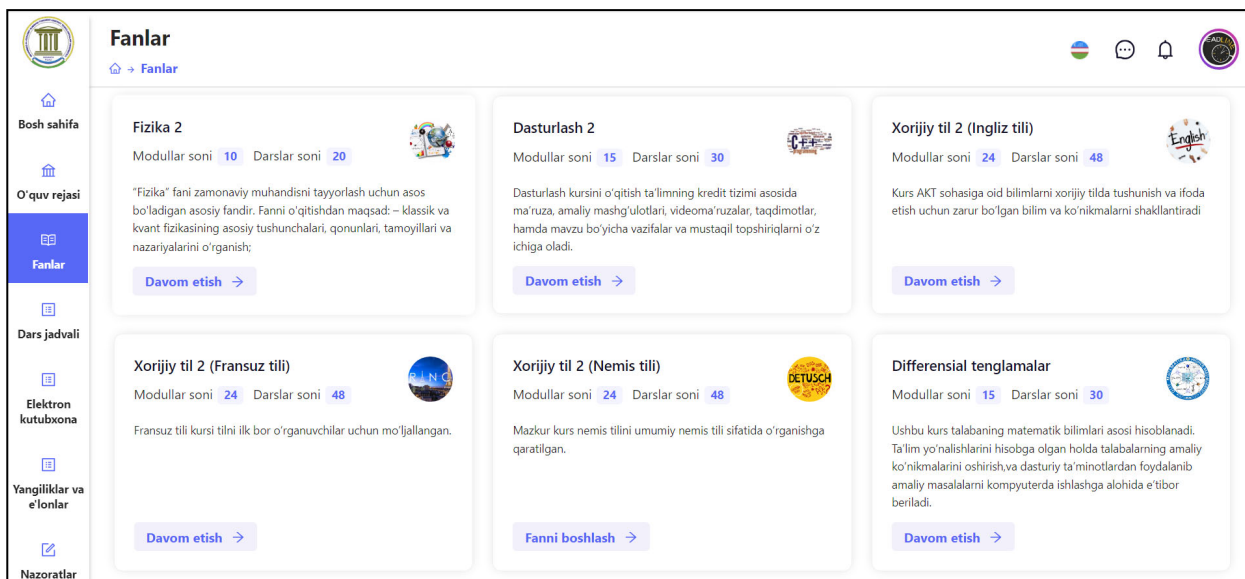
2-rasm. Talaba personal kabineti funksionallari.

Talabalar kabinetining bosh sahifasi talabaga bajariladigan masalalar muddatlari va o'zlashtirayotgan fanlar o'quv materillaridan foydalanganlik ulushi to'g'risidagi ma'lumotlarni taqdim etish uchun xizmat qiladi [3]. Ushbu sahifada quyidagi ma'lumotlar olishi va vazifalarni bajarishi mumkin:

- 1) Topshiriqlar muddatlari – asosiy taqdim etilgan kalendar orqali unda belgilangan sanalar bo'yicha topshirilishi va bajarilishi kerak bo'lgan vazifalarning muddatlarini kuzatish;
- 2) Fan modullaridan foydalanish holati – belgilangan o'quv yili va semestrda fanlarning modullarini o'zlashtirish va ulardan foydalanish holatini monitoring qilish;
- 3) O'quv modullariga o'tish – keltirilgan fanlar ustiga bosish orqali fan modullari strukturasi o'tish va materiallardan foydalanishni amalga oshirish bajariladi.



3-rasm. Talaba personal kabinetini funksional imkoniyatlari



4-rasm. Talaba sahifasining umumiy dizayni.

Har bir fanlar ikki qismga bo'linadi Nazariy bilim va Amaliy topshiriq, Nazariy bilimda talaba fan bo'yicha yuklangan ma'lumotlarni ko'rishi mumkin, amaliy topshiriq qismida fan o'qituvchisi tamonidan berilgan topshiriqni talaba bajarib tizmga yuklashi kerak va yuklangan topshiriq o'qituvchiga ko'rinadi va o'qituvchi topshiriqni baholaydi [4].

1 Differensial tenglamalar ...

1.1 Nazariy bilim

1.2 Amaliy ko'nikma

2 Bir jinsli va bir jinsliga oli...

2.1 Nazariy bilim

2.2 Amaliy ko'nikma

3 Chiziqli differensial tengl...

3.1 Nazariy bilim

3.2 Amaliy ko'nikma

4 Bernulli tenglamasi. To'la...

4.1 Nazariy bilim

4.2 Amaliy ko'nikma

5 Hosilaga nisbatan yechil...

5.1 Nazariy bilim

1-MAVZU **DIFFERENSIAL TENGLAMA LAR FANIGA KIRISH . O'ZGARUVCHILARI AJRALADIGAN DIFFERENSIAL TENGLAMALAR.**

Reja

1. Oddiy differensial tenglamalar nazariyasiga kirish. Asosiy tushuncha va ta'riflar.
2. Birinchi tartibli differensial tenglama. Koshi masalasi .
3. Yechimining mavjudligi va yagonaligi haqidagi teorema .
4. O'zgaruvchilari ajralgan va ajraladigan differensial tenglamalar.

Tayanch so'z va iboralar. Differensial tenglama haqida tushuncha. Hosilaga nisbatan yechilgan birinchi tartibli differensial tenglama. Yechim tushunchasi. Umumiy yechim va xususiy yechim. Integral chiziq. Koshi masalasi. Yechimning mavjudligi va yagonaligi haqida teorema.

1. Oddiy differensial tenglamalar nazariyasiga kirish.

Asosiy tushuncha va ta'riflar.

Tabiatda uchraydigan miqdorlarning ko'pchiligi o'zining qonuniga ega. Bu qonunlarni to'g'ridan-to'g'ri topish ancha murakkab masala. Qaralayotgan miqdor, uning o'zgarish tezligi va tezlanish o'rasidagi bog'lanishni topish tabiyatan ancha yengil. Bu bog'lanishning matematik ifodasi sifatida oddiy differensial tenglamalar hosil bo'ladi. Hayotda va amaliyotda differensial tenglamalar juda keng qo'llaniladi.

Differensial tenglama tushunchasiga olib keluvchi ayrim masalalarni ko'rib chiqaylik. Masalan moddiy nuqta harakatini ko'raylik. U biror bir t vaqt mobaynida S masofani bosib o'tadi va u t vaqtning funksiyasidir. Bunday funksiyalarni

5-ram. Talaba sahifasida fanlarning nazariy ma'lumotlar oynasi.

5-rasmdagi sahifada fan mavzusi uchta qismga bo'linadi:

- nazariy
- test
- video

Talabalar nazariy va video darslarni ko'rib o'zlashtirganidan so'ng test materiallarni bajarishlari mumkin va olgan natijalarini online kuzatib borishlari mumkin [5].

1 Differensial tenglamalar ...

1.1 Nazariy bilim

1.2 Amaliy ko'nikma

2 Bir jinsli va bir jinsliga oli...

2.1 Nazariy bilim

2.2 Amaliy ko'nikma

3 Chiziqli differensial tengl...

3.1 Nazariy bilim

3.2 Amaliy ko'nikma

4 Bernulli tenglamasi. To'la...

4.1 Nazariy bilim

4.2 Amaliy ko'nikma

5 Hosilaga nisbatan yechil...

5.1 Nazariy bilim

Yechish: 1) $xy' - y = 0 \Rightarrow x \frac{dy}{dx} = y \Rightarrow x dy = y dx$

6-ram. Talaba sahifasida fanlarning video dars oynasi.

The screenshot shows a student's personal cabinet interface. The left sidebar contains navigation options: Bosh sahifa, O'quv rejasi, Fanlar (highlighted), Dars jadvali, Elektron kutubxona, Yangiliklar va e'lonlar, and Nazoratlar. The main content area displays a breadcrumb trail: Fanlar → Differensial tenglamalar → Differensial tenglamalar faniga kirish. O'zgaruvchilari ajraladigan differensial tenglamalar. Below this, there is a list of lessons, with '1.1 Nazariy bilim' selected. A blue banner indicates the deadline for the test: 'deadline tugash vaqti 31.08.2024 00:00:00 ga qadar!'. A yellow warning box states: 'Diqqat! Test savollarida javobni belgilab, KEYINGI SAVOL tugmasi bosilgandan so'ng boshqa sahifaga o'tish imkoni bo'lmaydi, shu sababli testlarni ishleng va yakunlash tugmasini bosing'. Below the warning, a table titled 'Urinishlar soni: 2 / 2' shows test results. The table has columns for Urinish, Talaba, Jami, To'g'ri, Noto'g'ri, Ball, and Sana. The data is as follows:

Urinish	Talaba	Jami	To'g'ri	Noto'g'ri	Ball	Sana
1	(mutimedia) KIF universal	5	1	4	20	12.07.2024
2	(mutimedia) KIF universal	5	2	3	40	19.07.2024

At the bottom right of the interface, there is a green button labeled 'Keyingi dars'.

7-ram. Talaba sahifasida fanlarning test topshirish oynasi.

7-rasmdagi sahifada talaba ushbu mavzu bo'yicha test topshiradi va unga ikki marotaba testni qayta bajarish imkoni beriladi, test topshirishda oxirgi urinishdagi natijasi baholashda hisobga olinadi, test natijasi 7-rasmda ko'rsatilgandek talabaga taqdim etiladi [6].

Masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal kabinetini orqali talabalar dars materiallari, video, nazariy, amaliy, test, taqdimot materiallari va boshqa resurslarga 24 soat davomida online tizimga kirish imkoniga ega bo'ladi [7]. Bu esa ular uchun o'qish jarayonini o'z vaqtlarida rejalashtirish imkonini yaratadi.

Masofaviy ta'lim axborot tizimining talaba personal kabinetini orqali chatlar, forumlar, videokonferensiyalar va elektron pochta orqali muloqot qilish imkoniyatlari mavjud. Bu interaktivlikni oshiradi, talabalar va o'qituvchilar orasida doimiy aloqani ta'minlaydi [8].

Xulosa

Talaba personal kabinetini masofaviy ta'lim tizimining asosiy komponentlaridan biri bo'lib, u talabalarga o'quv jarayonini samarali boshqarish va ma'lumotlarga tezkor kirish imkonini beradi. Bu kabinet orqali talabalar o'z dars jadvalini ko'rish, test va topshiriqlarni bajarish, baholarni kuzatish, o'qituvchilar bilan muloqot qilish imkoniyatiga ega bo'lishadi. Shuningdek, talaba kabinetini o'quv materiallari va resurslardan foydalanish, test topshiriqlarini yechish va ta'lim jarayonidagi barcha yangiliklardan xabardor bo'lish imkonini ham beradi.

Personal kabinetning funktsionalligi ta'lim sifatini oshiradi, talabalarning bilim olish jarayonini

qulaylashtiradi va ularning o'qish vaqti hamda joyini moslashuvchan tarzda boshqarishlariga imkon yaratadi. Bundan tashqari, axborot almashishning tezkorligi va shaffofligi orqali o'quv jarayoni yanada interaktiv va samarali bo'ladi. Shu sababli, masofaviy ta'lim tizimining talaba personal kabinetini talabalar uchun keng imkoniyatlar yaratib, ularning o'quv jarayonidagi faoliyatini mustahkamlaydi va individual ta'lim olish jarayonini ta'minlaydi.



Muallif

Mannobboyev Shuxratbek

“Elektr muhandisligi” kafedrası,
Andijon davlat texnika institute,
shuxratbekmannobboyev@gmail.com

RAQAMLI TA'LIM SARI QADAM: AI- ASSISTENTLARNING O'QUV JARAYONIGA INTEGRATSIYASI

Annotatsiya: Zamonaviy muhandislik ta'limida sun'iy intellekt texnologiyalari, xususan, AI-assistentlar o'quv jarayonining ajralmas qismiga aylanmoqda. Ushbu maqolada “Elektr tarmoqlari” fanini o'qitishda sun'iy intellekt asosidagi vositalardan foydalanish imkoniyatlari, ularning talabalarning bilim darajasiga ta'siri, shuningdek, an'anaviy ta'lim bilan solishtirmali tahlili keltiriladi. Maqolada ikki xil guruh: biri an'anaviy metodlar bilan, ikkinchisi esa AI-assistent yordamida o'qitilgan talabalar ustida o'tkazilgan eksperiment tahlil qilinadi. AI-assistentlar o'quv jarayonida qanday muammolarni hal etayotgani, talabalar bilan interaktiv ishlashdagi afzalliklari, ularning savollariga tezkor javob bera olishi, murakkab masalalarni bosqichma-bosqich tushuntirish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, AI-assistent yordamida o'tilgan mashg'ulotlar talabalar bilim darajasining yuqorilashiga, amaliy topshiriqlarni bajarishda mustaqillik va aniqlikning ortishiga xizmat qilgan. Shu bilan birga, texnologiyalarga to'liq tayanuvchanlikning cheklovlari, inson omili va muhandislik tafakkurining mustahkamlanishi uchun pedagogik yondashuvning zarurligi ham muhokama qilinadi. Maqolada keltirilgan tajriba, tahlil va xulosalar asosida AI-assistentlardan samarali foydalanish bo'yicha amaliy tavsiyalar beriladi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, AI-assistent, muhandislik ta'limi, elektr tarmoqlari, raqamli ta'lim, o'qitish samaradorligi, raqamlashtirish.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Raqamlashtirish va sun'iy intellekt sohasida so'nggi yillarda ro'y berayotgan keskin rivojlanish ta'lim tizimini ham tubdan o'zgartirmoqda. Xususan, muhandislik sohalaridagi fanlarni, jumladan "Elektr tarmoqlari" kabi murakkab nazariy va amaliy yondashuvlarni talab qiladigan fanlarni o'qitishda yangi metodologiyalar joriy qilinmoqda. Bu fan, odatda, elektr energiyasining uzatilishi, taqsimlanishi, elektr qurilmalarining o'zaro ta'siri kabi murakkab mavzularni qamrab oladi. Shu bois, talabalardan nafaqat nazariy bilimlar, balki texnik tafakkur, matematik asoslar va analitik fikrlash talablari yuqori bo'ladi [1].

An'anaviy ta'limda ushbu fan odatda ma'ruza, laboratoriya va amaliy mashg'ulotlar orqali yetkaziladi. Biroq talabalar sonining ortib borayotgani, o'quv yuklamasining ko'pligi va o'qituvchi resurslarining cheklanganligi sababli individual yondashuv imkoniyati pasaymoqda. Shu vaziyatda sun'iy intellekt asosidagi tizimlar, xususan, AI-assistentlar ta'lim samaradorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin.

AI-assistentlar – bu sun'iy intellektga asoslangan raqamli yordamchilar bo'lib, ular matnli va ovozli so'rovlar orqali talabalarga javob berish, topshiriqlarni tushuntirish, murakkab muammolarni bosqichma-bosqich tahlil qilish, hatto individual mashg'ulotlar tashkil etish imkoniyatiga ega. Ushbu maqola doirasida "Elektr tarmoqlari" fanini ikki guruhga – an'anaviy metodda o'qitilgan va AI-assistent yordamida o'tilgan guruhlarga ajratib, ularning o'zlashtirish darajasi, amaliy natijalari va umumiy ta'lim samaradorligi tahlil qilinadi [2].

Materiallar va uslublar

Tadqiqot Andijon davlat texnika institutining "Elektr va energetika muhandisligi" fakulteti talabalari ishtirokida olib borildi. 60 nafar talaba ikkita teng guruhga bo'lindi. Birinchi guruh "Elektr tarmoqlari" fanini an'anaviy uslubda – ma'ruzalar, laboratoriya va seminar mashg'ulotlari orqali o'zlashtirdi. Ikkinchi guruh esa shu fan doirasidagi mashg'ulotlarni sun'iy intellektga asoslangan AI-assistent yordamida olib bordi. AI-assistent sifatida maxsus ishlab chiqilgan, tabiiy tilni qayta ishlovchi va texnik fanlarga moslashtirilgan tizim tanlandi.

Darslar bir xil fan dasturi asosida olib borildi. Har ikki guruhga bir xil laboratoriya mashg'ulotlari, testlar va amaliy topshiriqlar berildi. AI-assistentli guruhda talabalar istalgan paytda tizimga savol yo'llab, real vaqtda javob oldilar, grafiklar, formulalar va algoritmlarni izohlash imkoniyatiga ega bo'ldilar.

Tadqiqot davomida quyidagi metodlardan foydalanildi:

1. Kuzatuv metodi: mashg'ulotlarda talabalar ishtiroki, faoliyati va savollar berish darajasi qayd etildi.



2. Test sinovlari: har ikki guruhga haftalik bilim nazorati o'tkazilib, ballar tahlil qilindi.
3. Intervyu: talabalarining AI-assistentdan foydalanish bo'yicha fikrlari yozib olindi.
4. Statistika tahlil: olingan natijalar SPSS dasturi yordamida tahlil qilindi. O'rtacha ball, dispersiya va korelyatsiya ko'rsatkichlari hisoblandi.

Tajriba 8 haftalik ta'lim davrini qamrab oldi. Dastlabki va yakuniy test natijalari solishtirildi, bilim o'sish sur'ati aniqlab chiqildi [3-7].

Natijalar

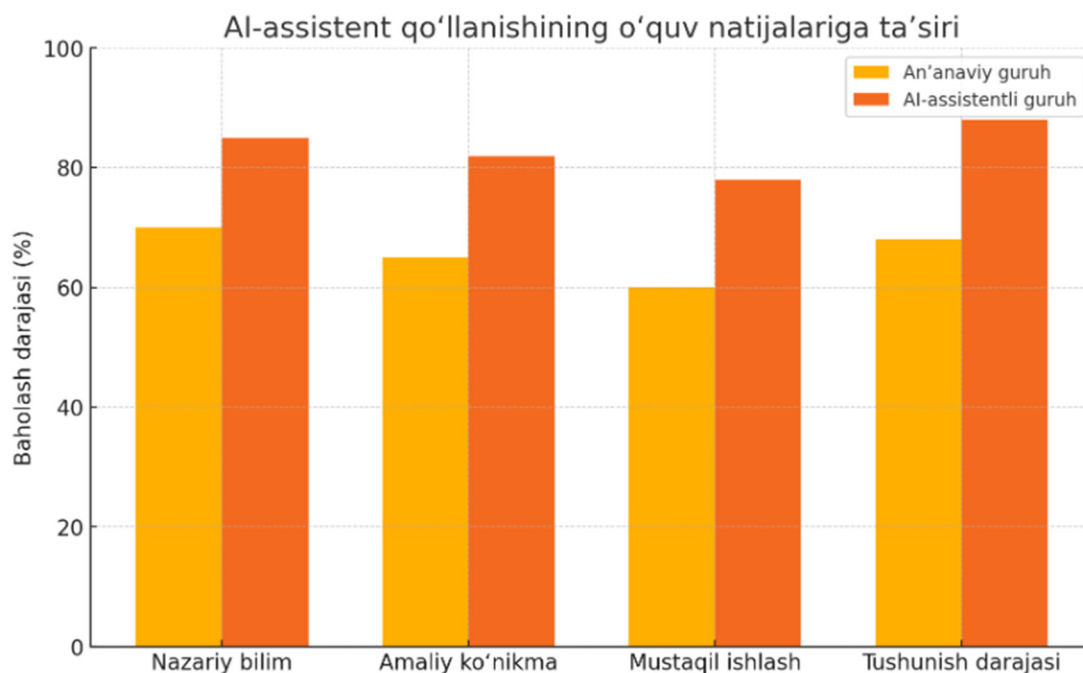
O'tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, AI-assistent yordamida o'qitilgan guruhda bilim darajasi an'anaviy usulda o'qitilgan guruhga nisbatan sezilarli darajada oshgan. Yakuniy test ballarining o'rtacha ko'rsatkichi AI-assistent yordamida o'qitilgan guruhda 82 ballni tashkil etdi, bu an'anaviy o'qitish usuli bo'yicha 68 ballni tashkil etgan guruhdan 14 ball yuqori. Bu o'zgarish, nafaqat testlar natijalarida, balki amaliy mashg'ulotlar, laboratoriya ishlari va mustaqil ishlar bajarilishida ham o'z aksini topdi.

AI-assistentlar talabalar bilan interaktiv tarzda ishlashni ta'minlab, individual yondashuvni kuchaytirishga yordam berdi. Natijada, laboratoriya ishlarining bajarilish sifati sezilarli darajada yaxshilandi. Misol uchun, AI-assistentli guruhdagi talabalar topshiriqlarni to'g'ri yechish foizini ancha yuqori darajaga ko'tardilar. AI yordamida ko'rsatilgan real vaqtli javoblar va tushuntirishlar, talabalar tomonidan yanada samarali o'rganishni ta'minladi [8-10].

Bundan tashqari, mustaqil fikrlash darajasida ham aniq ijobiy o'zgarishlar kuzatildi. AI-assistentlarning interaktiv platformalari va mashqlarni moslashtirish imkoniyatlari talabalarga o'z bilimlarini kengaytirish va chuqurlashtirish imkonini berdi. Natijada, mustaqil fikrlash qobiliyatlari o'sgan va talabalar murakkab texnik vazifalarni yechishda yaxshiroq yondashuvlarni taklif qila olishdi. Bu, o'z navbatida, nafaqat nazariy bilimlarni o'zlashtirishda, balki amaliy ko'nikmalarni shakllantirishda ham sezilarli yaxshilanishni ta'minladi.

Tadqiqot natijalari, shuningdek, AI-assistentlarning o'quv jarayonidagi qo'shimcha rolini ham ta'kidlaydi. Ularning yordamida talabalar har doim o'z savollariga tezkor javob olish imkoniga ega bo'lishdi, bu esa o'quvchilarning bilimga bo'lgan qiziqishlarini oshirib, o'rganishga bo'lgan motivatsiyani kuchaytirdi. Shuningdek, AI-assistentlar yordamida amalga oshirilgan avtomatlashtirilgan mashg'ulotlar, talabalarga o'z o'rganish jarayonlarini shaxsiylashtirish va individual ehtiyojlariga moslashtirish imkoniyatini berdi.

Shu bilan birga, AI-assistentlar, an'anaviy o'qitish usulida mavjud bo'lgan ba'zi kamchiliklarni bartaraf etdi, masalan, vaqtni tejash, o'qituvchilarning doimiy nazorati talab qilinmasligi va talabalarining individual yondashuvga erishish imkoniyati.



1-rasm. An'anaviy va AI-assistent qo'llanilgan guruhlardagi baholash natijalari.

AI-assistent yordamida talabalarda quyidagi ko'nikmalar kuchaygani aniqlandi:

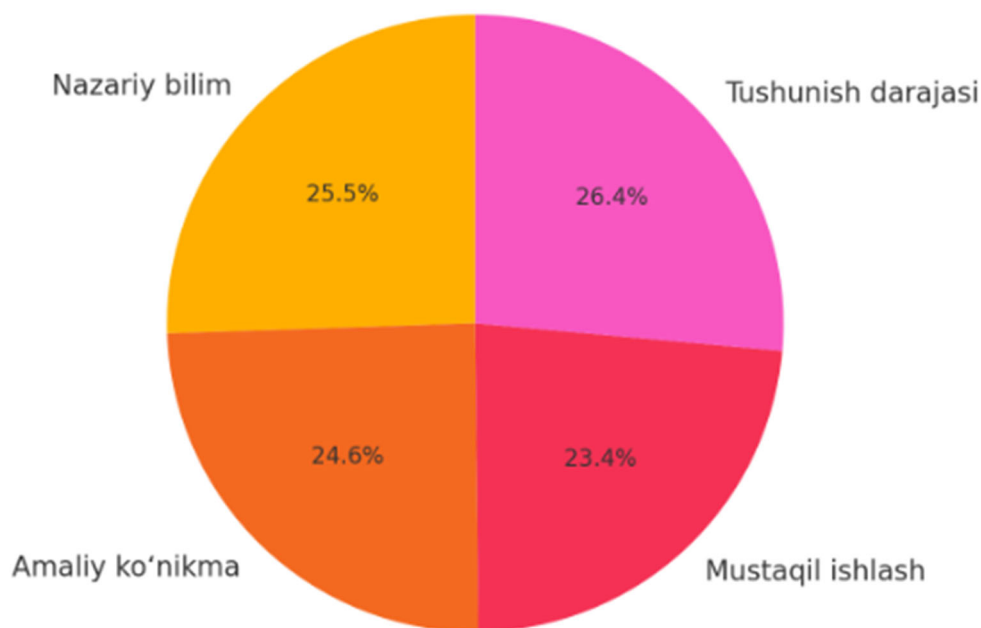
- Murakkab sxemalarni tushunish va tahlil qilish.
- Formulalarni real muammolarga qo'llash.
- Amaliy masalalarni algoritmik yechishga o'rganish.

Murakkab sxemalarni tushunish va tahlil qilish: AI-assistentlar yordamida talabalar, murakkab texnik va nazariy sxemalarni tushunish va ularni tahlil qilishda sezilarli yaxshilanishni ko'rsatdilar. AI-assistentlar, o'zining vizualizatsiya va tushuntirish imkoniyatlari orqali, talabalar uchun murakkab sxemalarni bosqichma-bosqich tushuntirishga muvaffaq bo'ldi. Ushbu yordamchi vosita, talabalar uchun grafikalar, diagrammalar va ta'lim vizualizatsiyalari orqali, muammoning asosiy qismlarini ajratishga yordam berdi. Natijada, talabalar faqat sxemalarni tasvirlabgina qolmay, balki ularning har bir komponentini chuqurroq tahlil qilishni o'rgandilar. AI-assistentlar, shuningdek, talabalar uchun qiyin savollar yoki murakkab jarayonlar haqida qo'shimcha tushuntirishlar berishga tayyor bo'lib, bu esa ularning ko'nikmalarini va murakkabliklarni hal qilish qobiliyatini oshirdi [11].

Formulalarni real muammolarga qo'llash: AI-assistentlar, talabalarni nazariy bilimlarni real muammolarga qo'llashga o'rgatishda samarali vosita bo'ldi. AI-assistent, o'quvchilarga muayyan formulaning qo'llanish sohalari va ularning amaliy vazifalar bilan bog'lanishini ko'rsatishga yordam berdi. Masalan, elektr tarmoqlari fanida, talabalar formulalarni konkret misollar orqali yechishga o'rgandilar. AI-assistentlar real dunyo sharoitlarini inobatga olib, formulalarning qanday ishlashini va ularni muammoning qanday qismlarida qo'llash mumkinligini tushuntirdi. Bu jarayon talabalar uchun nazariy bilimlarni amaliyotga aylantirishga yordam berib, ularga o'z bilimlarini

yanada mustahkamlash imkonini berdi. Shuningdek, AI-assistentlar talabalarni formulalarni qanday modifikatsiya qilishni o'rgatdi, bu esa ularni mustaqil fikrlashga va yangi yechimlar ishlab chiqishga undadi.

Amaliy masalalarni algoritmik yechishga o'rganish: AI-assistentlar yordamida talabalar amaliy masalalarni algoritmik usulda yechishga o'rgandilar. Bu jarayonda AI-assistentlar, talabalar uchun aniq va bosqichma-bosqich algoritmlar yaratib, masalalarni qanday hal qilishni ko'rsatdilar. AI-assistentlar, masalalarni yechishda talabalar uchun algoritmik yondashuvni tanlashda yordam beradi, ularning har bir qadamini izohlaydi va alternativ usullarni taqdim etadi. Bu yordamchi vosita, talabalarni muammoni tizimli va qat'iy yondashuv asosida hal qilishga o'rgatdi, shu bilan birga, masalaning har bir bosqichini sinchiklab ko'rib chiqishlariga yordam berdi. Talabalar amaliy masalalarni yechishda yanada mustaqil va tizimli fikrlashga o'rgandilar, bu esa ularning muammo hal etish ko'nikmalarini sezilarli darajada kuchaytirdi [12-15].



2-rasm. Talabalar AI-assistentda qaysi bilimlarni olishda foydalanganligi.

Shuningdek, AI-assistentga berilgan savollar tahlili shuni ko'rsatdiki, talabalar ko'proq aniqlashtiruvchi, tushuntiruvchi va misollar orqali ko'rsatib beruvchi javoblarga ehtiyoj sezishgan. Ushbu natijalar, AI-assistentlarning samarali ishlashini va talabalar o'rganish jarayonidagi murakkabliklarga moslashuvchan yondashuvni ta'minlashini ko'rsatadi. Talabalar, ayniqsa, murakkab va texnik mavzularni tushunishda AI-assistentdan yordam olishni afzal ko'rganlar. Ular ko'pincha javoblarni yanada aniqlashtirishni, mavzu bo'yicha qo'shimcha misollarni va tushuntirishlarni so'raganlar.

Sun'iy intellektning moslashuvchanligi va shaxsiylashtirilgan yondashuvi talabalar ehtiyojlariga javob berishda muhim rol o'ynadi. AI-assistent, talabaning savollariga tezda moslashib, har bir talabaning o'rganish darajasiga qarab javoblar berishga muvaffaq bo'ldi. Masalan, ba'zi talabalar uchun tushuntirishlar va misollar yetarli bo'lgan, boshqalari esa yanada chuqurroq izohlarni talab qilgan. AI-assistent bu turli ehtiyojlarni samarali tarzda qondira oldi. Ularning bu kabi aniq va shaxsiy yondashuvga ega bo'lishi, talabalar tomonidan yuqori baholandi, chunki bu o'z o'rganish jarayonlarini samarali va tushunarli qilishga imkon berdi [16].

Bundan tashqari, AI-assistentlar interaktiv feedback (fikr bildiruvchi javoblar) berish orqali talabalar uchun o'rganish jarayonini yanada jozibador va samarali qildi. Talabalar, o'z navbatida, feedback olishga juda ehtiyoj sezishdi, chunki bu ularga o'z xatolarini to'g'rilashga yordam berib, o'rganishni tezlashtirdi. O'rganishdagi individual farqlarni hisobga olish orqali AI-assistentlar, talabalar uchun maxsus tayyorlangan, aniq va tushunarli ta'lim resurslarini taqdim etdi. Shu bilan birga, talabalar o'z savollariga personalizatsiyalangan javoblar olishga intilishdi, bu esa AI-assistentlarning moslashuvchanligi va shaxsiylashtirilgan yondashuviga bo'lgan talabni yana-da oshirdi.

Bunday personalizatsiyalashgan o'qitish uslubi, talabalarning o'rganish jarayonini nafaqat samarali qiladi, balki ular o'rganishga bo'lgan qiziqishlarini ham kuchaytiradi. Talabalar o'zlarini o'rganish jarayonida faol ishtirokchilar sifatida his qilishadi, bu esa ularning motivatsiyasini oshirib, natijalarga erishish imkoniyatlarini yanada yaxshilaydi.

1-jadval. An'anaviy va AI-assistentli guruhlardagi o'zlashtirish ko'rsatkichlari.

Bilim sohasi	An'anaviy guruh (%)	AI-assistentli guruh (%)	Farq (%)
Nazariy bilim	70	85	15
Amaliy ko'nikma	65	82	17
Mustaqil ishlash	60	78	18
Tushunish darajasi	68	88	20

Biroq sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarining jadal rivojlanayotganiga qaramay, ularni o'quv jarayonida qo'llashda ayrim cheklov va muammolar ham aniqlanmoqda. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, AI-assistentlar ba'zan talabalar uchun noto'g'ri yoki kontekstga to'g'ri kelmaydigan texnik ma'lumotlarni taqdim etgan. Xususan, elektr tarmoqlari faniga oid formulalar, fizik qonunlar yoki hisoblash algoritmlarini noto'g'ri talqin qilgan holatlar kuzatilgan. Ba'zi hollarda bu noto'g'ri javoblar talabalarning chalkashishiga olib kelgan, amaliy mashg'ulotlarda esa noto'g'ri yondashuvlarga sabab bo'lgan.



Bu holat, eng avvalo, AI-assistentlarning mavjud bilimlar bazasi inson murabbiylar tajribasi va muhandislik tafakkurining nozik jihatlarini to'liq qamrab ololmasligini ko'rsatadi. Shuningdek, AI-assistentlar ko'pincha mantiqiy bog'liqlikni noto'g'ri quradi yoki ilmiy aniqlikka ehtiyoj sezadigan sohalarda umumlashtirilgan, lekin soddalashtirilgan javoblarni taklif etadi. Natijada, AI yordamida bilim olishda mustaqil tanqidiy fikrlash qobiliyati va inson murabbiy rahbarligi alohida ahamiyat kasb etadi.

Shu sababli, AI-assistentlarni to'liq o'qituvchi yoki murabbiy sifatida emas, balki talabaning individual ehtiyojlariga moslashtirilgan yordamchi vosita sifatida baholash lozim. Ular ta'lim jarayonini diversifikatsiyalash, individual yondashuvni kuchaytirish va vaqt samaradorligini oshirishda katta rol o'ynaydi, biroq ilmiy chuqurlik, baholash mezonlari va didaktikani to'liq AI zimmasiga yuklash hozircha imkoniyat doirasidan chetda qolmoqda. Shu bois, AI-assistentlardan foydalanishda ularni inson ustoz bilan integratsiyalashgan holatda, ya'ni qo'shma yondashuv sifatida qo'llash eng maqsadga muvofiq yo'l hisoblanadi [17].

Muhokamalar

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, AI-assistentlar yordamida o'qitish an'anaviy ta'lim usullariga nisbatan sezilarli darajada samaraliroq va samarali bo'lishi mumkin. AI-assistentlarning asosiy afzalliklari, uning interaktivligi va talabalar bilan shaxsiylashtirilgan muloqotga kirish imkoniyati bo'lib, bu o'quv jarayonini qayta tashkil qilish va avtomatlashtirishni ta'minlaydi. Xususan, AI-assistentlar o'quvchilarga murakkab va noaniq tushunchalarni soddalashtirish va ularni aniq tushunishga yordam beradi, shuningdek, talabalar o'rtasida interaktiv muloqotni rivojlantiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, AI-assistent yordamida talabalarning bilim darajasi an'anaviy o'qitish usullari bilan solishtirganda sezilarli darajada oshgan. Buning sababi, AI-assistentlarning tezkor javob berish qobiliyati, talabalarni mavzularni tushunishda va mustaqil fikrlashda yanada o'stirishga imkon yaratadi. Bu esa talabalarga mustaqil o'qish, onlayn qo'llab-quvvatlash, va interaktiv mashqlar orqali o'rganishni osonlashtiradi. AI-assistentlarning imkoniyatlari nafaqat teorik bilimlarni, balki amaliy ko'nikmalarni ham shakllantirishda katta yordam beradi.

Biroq, o'tkazilgan tajriba shuni ko'rsatdiki, AI-assistentlarning samaradorligi bir qator cheklolarga duch kelishi mumkin. AI-assistentlar ba'zan noto'g'ri ma'lumotlar yoki noaniq izohlar taqdim etishi mumkin, bu esa talabalarning o'rganish jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Misol uchun, AI-assistentlar ko'p holatlarda murakkab texnik formulalarni to'g'ri izohlashda xatolarga yo'l qo'ygan, bu esa talabalar uchun qo'shimcha noaniqlik va chalkashliklar yaratgan. Shuning uchun, AI-assistentlarni faqat qo'shimcha yordamchi vosita sifatida ko'rish kerak, va ularni mustaqil o'qituvchi sifatida qabul qilish noto'g'ri bo'ladi.

Bundan tashqari, AI-assistentlar talabalarining individual ehtiyojlariga moslashishda qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin. Garchi ularning shaxsiylashtirilgan yondashuvi mavjud bo'lsa-da, har bir talabaning o'quv uslubi va ehtiyojlari bir xil bo'lmaydi. Bu esa AI-assistentning optimal foydalanish darajasiga erishish uchun yanada rivojlanishi kerakligini ko'rsatadi. Shu sababli, sun'iy intellekt asosidagi ta'lim vositalari bilan o'qitishni muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun ularni an'anaviy metodlar bilan birlashtirish va ko'p variantli yondashuvlarni qo'llash muhimdir.

Shuni ta'kidlash kerakki, AI-assistentlar yordamida amalga oshirilgan o'quv jarayoni talabalar uchun yanada qiziqarli va motivatsiyalovchi bo'lgan. AI-assistentlar tomonidan taqdim etilgan interaktiv mashqlar va real vaqtda qayta aloqa talabalar uchun motivatsiya va qiziqishning oshishiga sabab bo'lgan. Talabalar o'z bilimlarini real vaqt rejimida tekshirishlari va xatolarni tezda tuzatishlari mumkin bo'ldi, bu esa o'qishning samaradorligini oshirdi.

Biroq, AI-assistentlarning samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha tadqiqotlar va tajribalar o'tkazilishi kerak. Bu tizimlarning noaniq javoblar, ma'lumotlarni noto'g'ri taqdim etish, yoki ma'lumotlar bazalarining yangilanishi kabi muammolarni hal qilishni talab qiladi. Shuningdek, AI-assistentlarning imkoniyatlarini to'liq ishlatish uchun ularni yanada moslashtirish va optimallashtirish zarur. Ularning ilmiy va amaliy maqsadlarga xizmat qilishini ta'minlash uchun doimiy ravishda yangi algoritmlar va texnikaviy yondashuvlarni ishlab chiqish talab etiladi [18].

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatmoqdaki, sun'iy intellekt asosidagi AI-assistentlar muhandislik fanlarini o'qitishda samarali vosita sifatida foydalanilishi mumkin. Ayniqsa, "Elektr tarmoqlari" kabi murakkab va amaliyotga yo'naltirilgan fanlarda AI-assistentlar talabalarga tushunarsiz mavzularni soddalashtirish, mustaqil o'rganishni qo'llab-quvvatlash, interaktiv muhit yaratish orqali katta yordam beradi. AI-yordamli guruhda o'quv natijalarining sezilarli yaxshilanishi, talabalar faoliyatining oshishi va mustaqil ishlashga bo'lgan moyillikning kuchaygani kuzatildi.

Shunga qaramay, sun'iy intellekt o'qituvchining o'rnini to'liq egallashi mumkin emas. Texnik xatolar, noto'g'ri tavsiyalar, noaniq izohlar kabi holatlar ehtimoli saqlanib qoladi. Shu bois, AI-assistentlar bilim berish jarayonining samaradorligini oshirish uchun qo'shimcha vosita sifatida ishlatilishi, ammo inson omili yetakchi bo'lib qolishi zarur.

Kelgusida bu boradagi izlanishlar real muhandislik muammolarini sun'iy intellekt bilan integratsiyalash, AI-assistentlarni o'zbek tilida takomillashtirish va ularni laboratoriya mashg'ulotlariga keng joriy etish yo'nalishida davom ettirilishi lozim.



Adabiyotlar

1. Nguyen, T., et al. (2023) AI-assisted Learning for Electronic Engineering Courses in Higher Education <https://arxiv.org/abs/2311.01048>
2. He, X., et al. (2024) The AI Companion in Education: Analyzing the Pedagogical Potential of ChatGPT in Computer Science and Engineering <https://arxiv.org/abs/2407.05205>
3. Abedi, M., et al. (2023) Beyond Traditional Teaching: The Potential of Large Language Models and Chatbots in Graduate Engineering Education <https://arxiv.org/abs/2309.13059>
4. Schleiss, A., et al. (2024) Integrating AI Education in Disciplinary Engineering Fields: Towards a System and Change Perspective <https://arxiv.org/abs/2410.12795>
5. ScienceDirect (2023) Students' Use of Large Language Models in Engineering Education <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000516>
6. Springer (2024) AI Chatbots in Programming Education: Guiding Success or Hindering Understanding? <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-024-00203-7>
7. Fan, L., et al. (2025) The Impact of AI-Assisted Pair Programming on Student Motivation and Performance <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s40594-025-00537-3.pdf>
8. Springer (2024) Applying AI's Potential for Motivating and Enhancing Learning <https://link.springer.com/article/10.1007/s10755-024-09747-z>
9. Springer (2024) Embracing the Future of Artificial Intelligence in the Classroom <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s41239-024-00448-3.pdf>
10. ScienceDirect (2024) AI Literacy and Its Implications for Prompt Engineering Strategies <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X24000262>
11. ScienceDirect (2023) Impact of AI Assistance on Student Agency <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131523002440>
12. Springer (2025) Teaching Innovation with AI Assistants: Application and Impact in Higher Education <https://link.springer.com/article/10.1007/s44366-025-0047-x>
13. Springer (2025) Integrating Generative AI into STEM Education: Enhancing Engagement and Learning Outcomes <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s43031-025-00125-z.pdf>
14. ScienceDirect (2024) Artificial Intelligence in Education: A Systematic Literature Review <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417424010339>
15. Springer (2025) Integrating Generative Artificial Intelligence Tools and Competencies into Biomedical Engineering Education <https://link.springer.com/article/10.1007/s43683-025-00175-9>
16. ScienceDirect (2024) Why Students Use or Not Use Generative AI in Engineering Design Tasks <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950550X24000190>
17. ScienceDirect (2025) Implementing Generative AI in Higher Education: A Synthesis of Empirical Studies <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X25000475>
18. Springer (2023) Role of AI Chatbots in Education: A Systematic Literature Review <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s41239-023-00426-1.pdf>



Muallif

Arzikulov Xusnidin

Andijon davlat texnika institute,
arzikulovkhusnidin@gmail.com

ENHAT TEXNOLOGIYALARIDA QO‘LLANILADIGAN KOMMUNIKASION TOPOLOGIYALARNING TAVSIFLARI

Annotatsiya: Ushbu maqolada ENHAT (Energiya nazorati va hisobining avtomatlashtirilgan tizimlari) texnologiyalarida qo‘llaniladigan kommunikatsion topologiyalar va protokollar tahlil qilinadi. Birinchi bo‘lib, jismoniy va mantiqiy topologiyalarning turlari — shina, yulduz, xalqa, to‘la bog‘langan hamda ularning kombinatsiyalari ko‘rib chiqildi; so‘ngra RS-232, RS-485 va CAN kabi serial interfeys protokollari, shuningdek, PLC, Ethernet va simsiz – GSM hamda ZigBee texnologiyalari taqdim etildi. Maqolada har bir aloqa tizimining strukturasi, ishlash prinsipi hamda afzallik va kamchiliklari solishtirma jadval va diagrammalar yordamida tahlil qilindi. Tahlil natijasida, kichik masofali va past tezlikli ilovalarda shina va yulduz topologiyalari, o‘rta diapazonda PLC, keng polosali ma‘lumot uzatishda esa Ethernet texnologiyalari samaraliroq ekanligi aniqlashdi; simsiz tizimlarda esa GSM keng qamrov, ZigBee esa past quvvat iste‘moli va xavfsizlikni ta‘minlaydi. Xulosa qildikki, turli sharoitlar uchun optimal kommunikatsion konfiguratsiyani tanlashda, tizim parametrlarini — masofa, tezlik, ishonchlilik va quvvat sarfini hisobga olgan holda, bir nechta topologiya va protokollarni kombinatsiyalash mumkin. Ushbu tahlil natijalari aqlli energiya hisoblash tizimlari loyihalashtirilganda qo‘llash uchun amaliy tavsiyalar beradi.

Kalit so‘zlar: ENHAT, kommunikatsion topologiya, PLC, Ethernet, RS-485, ZigBee, CAN.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Energiya tarmoqlaridagi avtomatlashtirilgan hisoblash va ta'minot (ENHAT) tizimlarida kommunikatsiya tarmoqlari tizimning samaradorligi, uzluksiz ishlashini, xavfsizlikni va tezkor monitoringni ta'minlash uchun asosiy omillardan biridir. IEC 61850 standarti bo'yicha substation avtomatizatsiya tizimlarida maxsus qurilmalar va tarmoq infratuzilmasini joriy etish energiya uzatish va boshqaruv jarayonlarini real vaqtda kuzatish hamda boshqarishga imkon beradi. Ayni paytda smart grid loyihalarida ikki tomonlama axborot almashuvi (bidirectional communication) yordamida energiya iste'moli va yetkazib berish jarayonlarini optimallashtirish, tezkor nosozliklar aniqlash va tarmoqni kengaytirish samaradorligi oshirilmoqda. Bundan tashqari, raqamli kommunikatsiya texnologiyalaridagi so'nggi yutuqlar va narxlarning pasayishi sanoat tarmoqlarida simli va simsiz aloqalarni uyg'unlashtirish imkonini yaratib, ENHAT tizimlarining ishonchliligi va uzluksizligini yaxshilamoqda [1].

Tarmoq topologiyasi – bu tarmoq tugunlari va uskunalarining jismoniy hamda mantiqiy joylashishi va ularning o'zaro bog'lanish tartibini ifodalaydi. ENHAT tizimlarida, xususan PLC tarmoqlarida, shina (bus), yulduz (star), halqa (ring) va to'la bog'langan (mesh) topologiyalar keng qo'llaniladi; har birining o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Misol uchun, sanoat Ethernet tarmoqlarida yulduz topologiyasi o'zining markaziy kaliti orqali qulay boshqarish, nosozlikni tez aniqlash va yangi tugunlarni oddiy ulash imkoniyati tufayli eng ko'p ishlatiladi.

Materiallar va usullar

Ushbu tadqiqotda ENHAT texnologiyalarida qo'llaniladigan kommunikatsion topologiyalar va protokollarni tahlil qilish uchun quyidagi materiallar va usullar ishlatilgan.

Tadqiqotda asosiy jismoniy topologiyalar — shina, yulduz, xalqa va to'la bog'langan topologiyalar o'rganilgan. Har bir topologiyaning o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari quyidagi tizimlar yordamida tahlil qilindi.

Shina topologiyasi bu ma'lumotlar uzatiladigan yagona aloqa kanalini ifodalaydi, bu o'z navbatida tizimni optimallashtirish va kam xarajat bilan uzatish imkonini beradi.

Yulduz topologiyasi markaziy boshqaruv nuqtasi orqali boshqariladigan tizim bo'lib, qo'shilish va monitoring qilish qulayligi bilan ajralib turadi.

Xalqa topologiyasi tarmoqning ishlashini davom ettirishi uchun ma'lumot uzatilishi zarur bo'lgan jarayonni ta'minlaydi.

To'la bog'langan topologiya har bir qurilma boshqa har bir qurilmaga bevosita ulanadi, bu esa tizimni ishonchli qiladi, lekin ko'p tarmoq portlarini talab qiladi.

Tadqiqotda quyidagi protokollarni solishtirish amalga oshirildi.

RS-232 - Kompyuter va periferik qurilmalarni ulashda ishlatiladigan tarmoq interfeysi. Oddiy va keng qo'llaniladigan tarmoq protokoli bo'lib, maksimal 15 metr masofada ishlaydi.

RS-485 - Sanoat avtomatizatsiyasida ishlatiladigan ikki simli aloqalar uchun protokol bo'lib, bir nechta qurilmalarni ulash imkoniyatini taqdim etadi.

CAN (Control Area Network) - Ma'lumotlarni uzatishda yuqori ishonchlilik va xavfsizlikni ta'minlaydigan, real vaqt rejimida ishlaydigan protokol. Ushbu protokol ma'lumotlar paketlarini aniqlash, to'qnashuvlarning oldini olish va uzatish xatolarini avtomatik tuzatish imkoniyatiga ega.

PLC (Power Line Communication) - Elektr tarmoqlari orqali ma'lumot uzatish texnologiyasi bo'lib, turli tezlikda va keng polosali variantlari mavjud, shuningdek, turli qo'llanilish sohalariga moslashtirilgan.

Ma'lumotlar yig'ish va tahlil qilish usullari. Tarmoq topologiyalari va protokollarining ishlash samaradorligi real tarmoq testlari yordamida o'lchandi.

Qo'llanilgan protokollar va tarmoqlar o'rtasida samaradorlik, uzatish tezligi, xavfsizlik va ishonchlilik aspektlarida solishtirishlar o'tkazildi.

Ma'lumotlar asosan tarmoqning ishlash tezligini, uzatish jarayonida yuzaga kelgan kechikishlarni va ma'lumotlar oqimining ishonchliligini o'lchash asosida yig'ildi.

Natijalar

Har qanday avtomatlashtirilgan tizimning ajralmas qismi bu foydali ma'lumotlarni xodimlarga uzatishni tashkil qilish uchun uning barcha tarkibiy qismlarini bog'laydigan aloqa liniyalari.

Umumiy holda aloqa tarmog'i uzatgichdan, qabul qilgichdan va kommunikatsiya kanalidan tuziladi. Axborotni uzatish vositasi turi va tarmoq topologiyalari jarayonni boshqarish tizimlarini tashkil etish tezligi, xavfsizligi, ishonchliligi va sezgirligi uchun turli xil imkoniyatlarni beradi. Aloqa vositalarining bir nechta turlari mavjud, sim, radio, optik tolali va boshqalar.

3.1 Topologiyalar tahlili.

Tarmoq topologiyasi — bu barcha tarmoq tugunlarining (ishchi stansiyalari, serverlar, aloqa uskunalari) joylashuvi, tuzilishi, jismoniy joylashuvi va ularning aloqa liniyalarini bog'lash usuli. Topologiyalar o'rtasida jismoniy va mantiqiy farqlash mumkin. Kommunikatsiya tarmog'ining jismoniy topologiyasi tarmoq elementlarining ulanish sxemasini ko'rsatadi. Mantiqiy topologiya ularda (tarmoq elementlarida) axborot uzatilishini ko'rsatadi [2].

Kommunikatsiya tarmoqlarida quyidagi jismoniy topologiya (turlari) keng tarqalgan:

- shina (bus) topologiyasi kichik tizimlar uchun qulay bo'lib, bitta kabel orqali 1,2 kmgacha ma'lumot uzatishni ta'minlaydi; bu masofada tezlik 100 kbps gacha pasayadi, qisqa masofalarda esa



10 Mbps gacha ishlashi mumkin [3];

- yulduz (star) topologiyasi markaziy kalit orqali boshqaruvni soddalashtiradi, tarmoqqa yangi tugunlarni osongina qo'shish va monitoring qilish imkonini yaratadi, shuningdek, nosoz tugunni tez aniqlashga yordam beradi;

- xalqa (ring) topologiyasida signallar har tugunda qayta tiklanib, uzoq masofalarga yetkaziladi; ammo bitta tugun uzilib qolsa, butun tarmoq buzilishi mumkin;

- to'la bog'langan topologiya (mesh topology) topologiya eng yuqori ishonchlilikni ta'minlaydi, chunki ma'lumot bir nechta yo'nalish orqali uzatiladi; biroq bu konfiguratsiya ko'plab portlar va murakkab boshqaruvni talab qiladi.

Ushbu topologiyalarning solishtirma tahlili 1- jadvalda keltirilgan.

Yirik tarmoqlarda bir necha jismoniy topologiyalarning to'plamini uchratish mumkin. ulardan ayimlarini ko'rib chiqamiz, masalan 1- rasmda keltirilgan «yulduz» kaskadli topologiyasi.

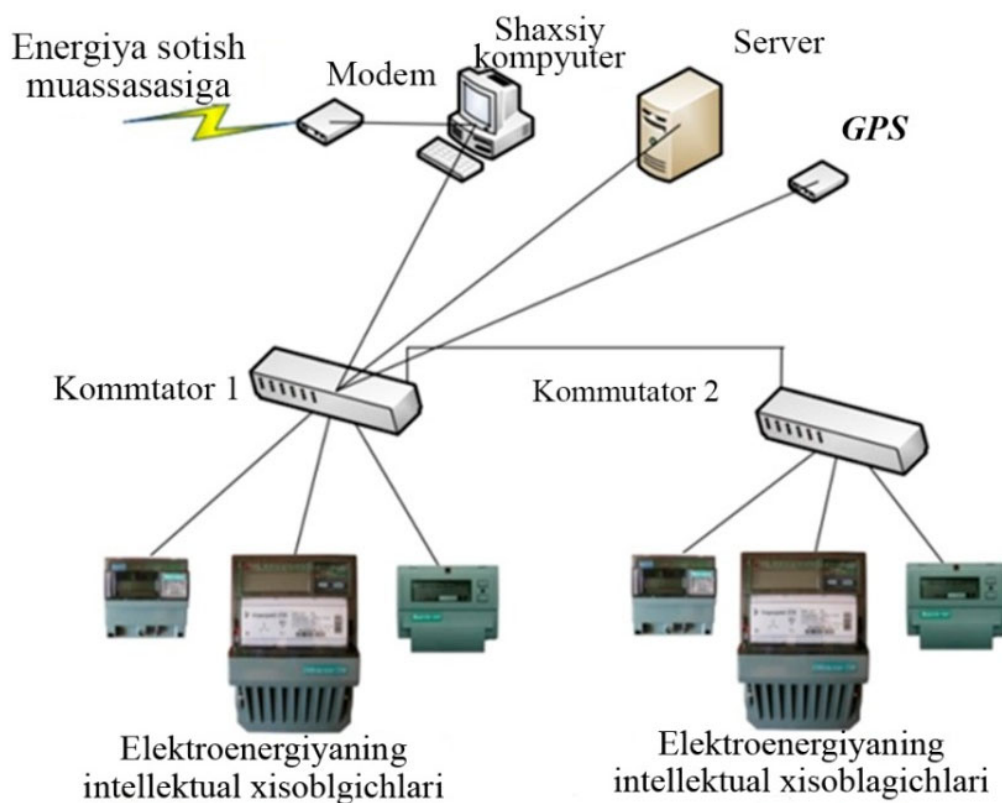
Kaskadli tarmoq odatda ikkita qo'shni o'rtasidagi bir yoki bir nechta bog'lanishlar orqali ketma-ket ulangan kommutatorlar (konsentratorlar) to'plamidir. Bunday tarmoqqa yangi qurilmalar qo'shilsa, uning unumdorligi pasayadi, ma'lumotlar paketlarini kechiktirish va ortiqcha yuklanish xavfi ortadi.

Tarmoqning mantiqiy topologiyasi tugunlarning vosita bo'ylab qanday aloqa qilishini, ya'ni vositaga kirish qanday nazorat qilinishini belgilaydi. Eng mashhur mantiqiy topologiyalar:

- «nuqta-nuqta» (*point-to-point*);
- bir nechta kirish (*multi access*);
- efirga uzatish (*broadcast*);
- markerli (*token passing*).

Mantiqiy «nuqta-nuqta» (*point-to-point*) topologiyasi, ular orasidagi oraliq qurilmalardan qat'iy nazar, ma'lumotlarni bir tugundan ikkinchisiga o'tkazish imkonini beradi [4].

Ko'p kirish topologiyasi ko'p portli takrorlagichlarda (*hublarda*) amalga oshirilgan *Ethernet* tarmoqlari uchun odatiy hisoblanadi. Barcha tugunlar umumiy shinaga kirish huquqiga ega, lekin bir vaqtning o'zida faqat bitta tugun ma'lumotlarini uzatishi mumkin. Bunday holda, boshqa tugunlar faqat atrof-muhitni «tinglashi» mumkin.



1-rasm. “Yulduz” kaskadli topologiya asosida qurilgan tarmoqning struktura sxemasi.

Efirla uzatish (*broadcast*) topologiyasidan foydalanish har bir tugun o‘z ma’lumotlarini tarmoq muhitidagi barcha boshqa tugunlarga yuborishini aniqlaydi. Biroq qaysi stansiyalar ishlayotgani noma’lumligicha qoladi.

Token mantiqiy topologiyasi, bir nechta kirish topologiyasi kabi, umumiy muhitning bo‘linishini amalga oshiradi. Biroq, agar *Ethernet* tarmoqlarining ko‘p kirish topologiyasida muhitga kirish tasodifiy (nodeterministik) bo‘lsa, marker topologiyasida vositaga kirish deterministikdir. Elektron token ketma-ket ravishda har bir tugunga, odatda halqa bo‘ylab uzatiladi. Tokenni qabul qiluvchi tugun ma’lumotlarni tarmoqqa uzatishi mumkin. Agar tugunda uzatish uchun ma’lumot bo‘lmasa, u tokenni keyingi tugunga o‘tkazadi va jarayon takrorlanadi.

Jismoniy va mantiqiy tarmoq topologiyalari bir xil yoki boshqacha bo‘lishi mumkin. Misol uchun, *Ethernet* tarmoq texnologiyasida hublar va o‘ralgan juftlik kabeli bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, «yulduz» topologiyasi jismonan amalga oshiriladi, chunki barcha tugunlar markaziy qurilmaga - markazga ulangan. Mantiqiy topologiya «shina»dir, chunki markazning ichida barcha tugunlar umumiy magistralga ulangan [5].

3.2. Jismoniy jihatdan amalga oshirilgan aloqa protokollari

Kommunikatsiya protokollari — bu tarmoq ichidagi ma'lumotlarni uzatishni ta'minlaydigan qoidalar to'plami. Ular tarmoqni boshqarish imkoniyatlarini funksional ravishda amalga oshiradilar, axborotni, aloqa signallarini taqdim etish qoidalarini, shuningdek, tarmoqdagi qurilmalarning xatolarini aniqlash va autentifikatsiya qilish (haqiqiylikini o'rnatish) tamoyillarini belgilaydilar [6].

Raqamli avtomatlashtirish va quvvatni boshqarish qurilmalari ishlab chiqaruvchilari kommunikatsiya protokollari talablariga qat'iy rioya qilishlari uchun javobgardir.

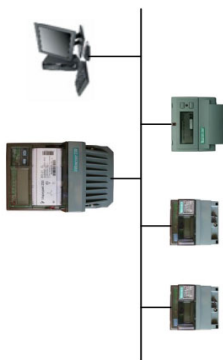
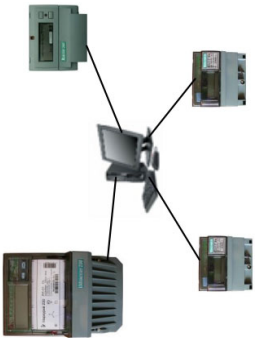
Elektronika ishlab chiqaruvchilari assotsiatsiyasi tomonidan RS 232, RS 422, RS 423, RS 485 i CAN protokollari joriy qilingan.

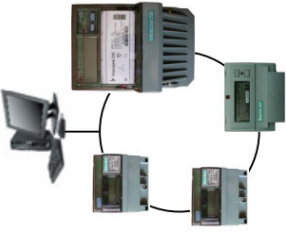
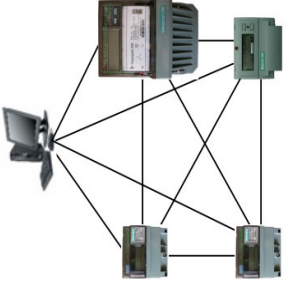
RS - 232 Protokoli

RS-232 (*tavsiya etilgan standart, 232* — standart raqami) — kompyuter va ma'lumotlarni uzatish moslamasini ulash protokolini tavsiflovchi standartning nomi.

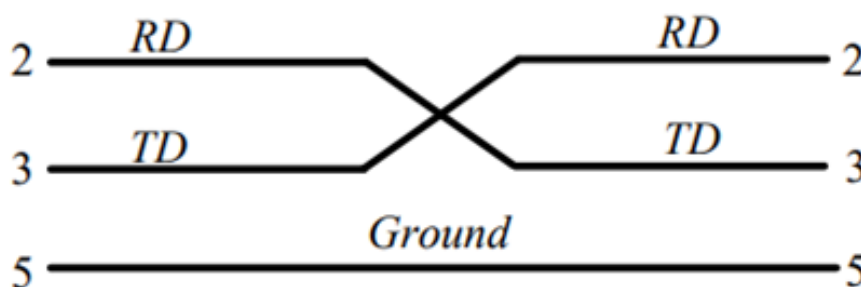
Protokol RS-232 ikkita qurilmaning ulanishini ta'minlaydi. Birinchisi DTE (*Data Terminal Equipment*) — TMU (tayyor ma'lumotlar uskunasi). TMU — bu foydalanuvchi ma'lumotlarini aloqa liniyasi orqali uzatish uchun ma'lumotlarga aylantiradigan va teskari konvertatsiyani amalga oshiradigan uskuna. Ikkinchisi DCE (*Data Communication Equipment*) — MUU (ma'lumotlarni uzatish uskunasi). MUU — bu ulanishlarni tashkil etish va tugatish, shuningdek, ma'lumotlarni uzatish uchun ularni boshqarishni ta'minlaydigan qurilmalar. Odatda, DTE — bu kompter, DCE (*Data Communication Equipment*) — bu modem, garchi RS-232 periferik qurilmalarni (sichqonchani, printerni) kompyuterga ulash va boshqa kompyuter yoki kontrollerga ulanish uchun ishlatiladi.

1 – jadval. Turlicha kommunikatsiya topologiyalarini solishtirish.

Topologiya	Qisqacha tavsifi	Grafik ifodalanishi	Fazilati	Kamchiligi
Shina	butun tizim bo'ylab o'tadigan va tugunlarni ulash uchun xizmat qiluvchi bitta aloqa kanalini ifodalaydi		<ul style="list-style-type: none"> - agar biron bir tugun ishlamay qolsa, tarmoq ishlashda davom etadi; - tugunlarni qo'shish va olib tashlash oson; - kabel sarfini tejash 	<ul style="list-style-type: none"> - agar biron bir tugun ishlamay qolsa, tarmoq ishlashda davom etadi; - tugunlarni qo'shish va olib tashlash oson; - tejamkorlik
Yulduz	Umumiy ma'lumot yig'ish birligiga ulangan bir nechta qurilmalardan iborat		<ul style="list-style-type: none"> - tugunlarni qo'shish va olib tashlash oson; - boshqarish va monitoring qilish qulayligi; - bitta tugunning ishlamay qolishi (axborot yig'ish tugunidan tashqari) tizimning ishlashiga ta'sir qilmaydi 	<ul style="list-style-type: none"> - butun tizimning ishonchliligi markaziy ma'lumot yig'ish moslamasining ishlashiga bog'liq

<p>Xalqa</p>	<p>Qurilmalar aloqa kanallari yordamida halqaga yopiladi. Signallar tugundan tugunga bir yoʻnalishda uzatiladi</p>		<p>–uzatiladigan signal har bir tugunda qayta tiklanadi; - uzoq masofalarni bosib oʻtish mumkin</p>	<p>- agar ulardan biri muvaffaqiyatsiz boʻlsa, butun tizimning ishlashi buziladi (agar bunday tugunni chetlab oʻtish taʼminlanmasa</p>
<p>Toʻla bogʻlangan topologiya</p>	<p>Tarmoqdagi har bir qurilma boshqa har bir qurilmaga ulangan</p>		<p>- agar biron bir tugun ishlamay qolsa, tarmoq ishlashda davom etadi</p>	<p>– har bir qurilma koʻp sonli kommunikatsiya portlariga ega boʻlishi kerak; - har bir qurilma juftligi uchun alohida aloqa liniyasi ajratilishi kerak</p>

DTE va DCE qurilmalarini ulash uchun «kontakt bevosita kontaktga» kabeli zarur. Ikkita DTE qurilmasini ulash uchun nul-modem kabeli de ataluvchi kabellardan foydalaniladi, ularda simlar signallarning moʻljallanishiga qarab xoch shaklida joylashtiriladi. Amalda kabelni (qurilmaga) payvandlashdan avval har ikki ulanuvchi qurilmalarning hujjatlari bilan tanishib chiqish lozim. Koʻpgina qurilmalarni ulash uchun minimal RS-232 interfeys sxemalari etarli: *RD* (qabul qilinayotgan maʼlumotlar), *TD* (uzatilayotgan maʼlumotlar) va *Signal Ground* (umumiy). 2-rasmda DB9 konnektorlari yordamida shaxsiy kompyuter va kontrollerni ulash uchun kabel diagrammasi koʻrsatilgan. Qolgan interfeys sxemalari bu aloqada ishlatilmaydi.



2-rasm. PEVM va kontrollerni DB9 birlashtirgichlari (ulagichlari) yordamida ulash uchun kabel

sxemasi.

Standart 9600 bit/s tezlikda maksimal 15 m kabel uzunligini belgilaydi. Belgilangan tezlik ikki baravar kamaytirilganda, maksimal uzunlik ikki barobar ortadi. Har bir signal simi umumiy simga ulangan o'ralgan juft simlar asosidagi kabellardan foydalanish tavsiya etiladi.

Interfeysdagi barcha signallar umumiy simga (*Signal Ground*) nisbatan +12 V va -12 V nominal darajalari bilan potensialga ega. Mantiqiy bir -12 V darajasiga to'g'ri keladi, mantiqiy nol +12 V ga to'g'ri keladi.

RS-232 *ketma-ket interfeys* deb ataladi, chunki ma'lumotlar oqimi bir sim orqali bitma-bit uzatiladi. Ma'lumot uzatish bo'lmasa, liniya mantiqiy bir holatida bo'ladi. Ma'lumot uzatish tezligi standart tomonidan me'yorlanmagan. Asosan, asinxron ish rejimi qo'llaniladi, bunda ma'lumotlar freymlarda (kadrlarda) uzatiladi. Har bir freym boshlang'ich bit, ma'lumotlar bitlari, juftlar nazorati biti (bo'lmasligi ham mumkin) va to'xtatish bitidan iborat.

Ma'lumotlar bayt bitlarini uzatish eng kichik bitdan amalga oshiriladi. Boshlash biti sathi har doim mantiqiy nol darajada, to'xtatish biti har doim mantiqiy birdir. Paritet biti (juftlar nazorati biti)ning holati uzatkichni sozlash bilan belgilanadi.

RS-232 protokoli yordamida ma'lumotlarni uzatish uchta rejimda amalga oshirishi mumkin:

- simpleks (bir qurilma uzatuvchi, ikkinchisi esa qabul qiluvchi vazifasini bajaradi, axborot bir tomonlama uzatuvchidan keladi);
- yarim dupleks (har qanday qurilma ham uzatuvchi, ham qabul qiluvchi rolini bajarishi mumkin, lekin bir vaqtning o'zida emas);
- to'liq dupleks (har qanday qurilma bir vaqtning o'zida ma'lumotlarni uzatishi ham va qabul qilishi ham mumkin).

RS - 485 Protokoli

RS-485 — ASU TP sanoati avtomatlashtirilgan texnologik boshqaruv tizimlarida kontrollerlar (boshqaruvchilar) va boshqa jihozlarni ulash uchun ishlatiladigan mashhur protokolning nomi. Protokolning ishlash prinsipi odatda RS-232 ga o'xshaydi. Uning asosiy farqi — bir nechta qurilmalarni birlashtirish qobiliyatidir.

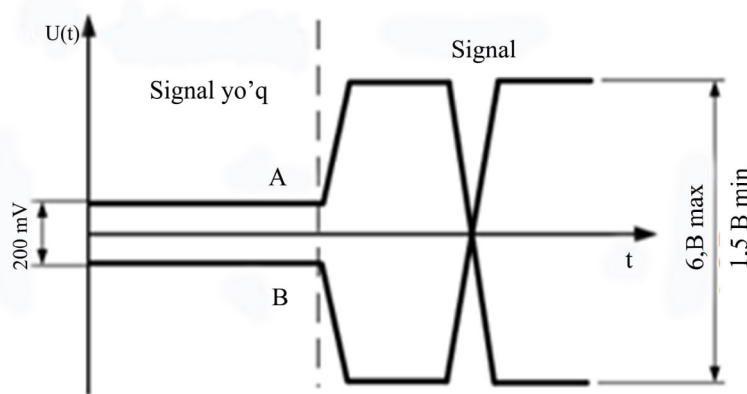
RS - 485 protokoli axborotni uzatish uchun bitta ikkita simli aloqa liniyasidan foydalanadi. Uzatish rejimi — yarim dupleks. Ma'lumot uzatish tezligi 10 Mbit/s ga etadi. Maksimal diapazon tezlikka bog'liq: 10 Mbit/s tezlikda maksimal uzatish masofasi 120 m, 100 kbit/s da — 1200 m. Bitta interfeys liniyasiga ulangan qurilmalar soni qurilmada ishlatiladigan qabul qiluvchilar va uzatkichlar turiga bog'liq. Bitta uzatkich 32 ta qabul qiluvchini boshqarish uchun mo'ljallangan.

Ma'lumotlar baytlarini uzatish uchun RS-232dagi bilan bir xil freymlar foydalaniladi. Almashuv

protokollari «*yetaklovchi*» — «*yetaklanuvchi*» tamoyili asosida ishlaydi. Magistraldagi bitta qurilma yetakchi (*master*) bo'lib, mantiqiy manzillari farqlanuvchi yetaklanuvchi qurilmalarga so'rovlar yuborish orqali almashinuvni amalga oshiradi.

Muhit sifatida — o'zaro o'ralgan juft simlar asosida tayyorlangan kabeldan foydalaniladi. Tashqi shovqinning kuchayishi sharoitida ekranlangan o'ralgan juftli kabellar ishlatiladi va kabel ekrani qurilmaning himoya «zamin»iga ulanadi. Tarmoq «tarmoqlanmagan shina» topologiyasi bo'yicha yotqizilishi kerak.

RS-485 interfeysi muvozanatli (differensial) signal uzatish sxemasidan foydalanadi. Bu shuni anglatadiki, A va B signal zanjirlaridagi kuchlanish sath (daraja)lari antifazada o'zgaradi (3-rasm).

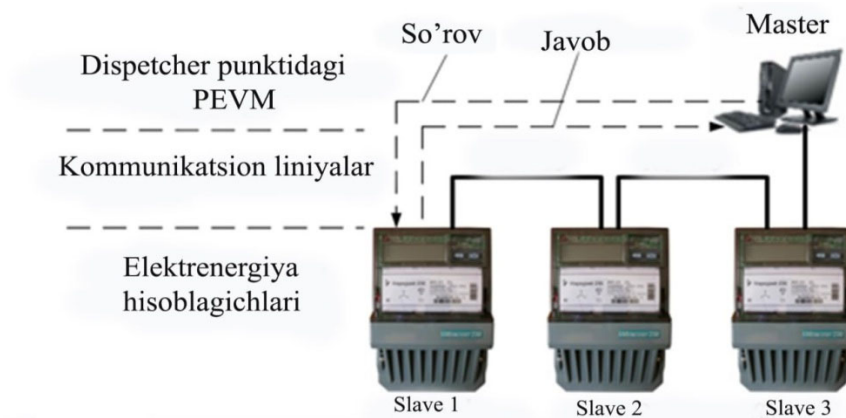


3-rasm. RS - 485 interfeysi signal zanjirlarida kuchlanishlar sathlari (darajalari)

Uzatkich maksimal yuklanishda 1,5 V signal sathi darajasini ta'minlashi kerak (32 standart kirish va 2 terminal qarshiligi) va salt holatda 6 V dan oshmasligi kerak. Kuchlanish sathi darajalari differensial tarzda o'lchanadi - bir signal simi boshqasiga nisbatan. RS - 485 qabul qiluvchi tomonida qabul qilingan signalning minimal darajasi kamida 200 mV bo'lishi kerak.

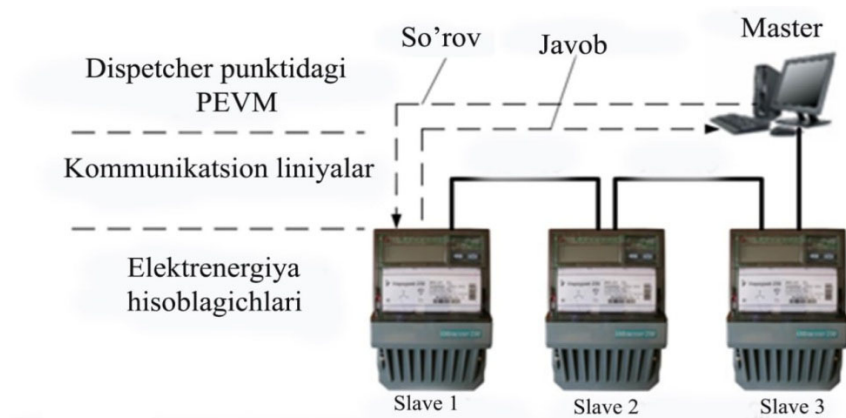
RS - 485 protokoli ikkita rejimda ishlashga qodir: shaxsiylashtirilgan (*Unicast*) va keng efirga uzatish (*Broadcast*).

Unicast rejimida (4-rasm) *Master* so'rov buyrug'ini faqat bitta *Slave* qurilmasiga yuboradi. *Master* javob olguncha kutadi yoki ma'lum vaqt o'tgandan keyin kutishni to'xtatadi. Ushbu rejimdan elektr hisoblagichlarini so'rash yoki bitta hisoblagichni sozlashda foydalanish mumkin.



4-rasm. Unicast rejimida RS-485 protokolini realizatsiya qilish.

Broadcast rejimida (5-rasm) so'rov barcha *Slave* qurilmalariga yuboriladi va ulardan hech qanday javob kutilmaydi. Bu barcha hisoblagichlarga yuborilgan buyruq bo'lishi mumkin, masalan, hisoblagichlarning ichki vaqtini sinxronlashtirish..



5-rasm. Broadcast rejimida RS-485 protokolini realizatsiya qilish.

CAN protokoli (*Control Area Network* – boshqaruvchilar (kontrollerlar) tarmog'i bilan qamrab olingan hudud) – bu juda yuqori darajadagi ishonchlilik va xavfsizlik bilan real vaqt rejimida ketma-ket ma'lumotlarni uzatishdan foydalangan holda, taqsimlangan sanoat tarmoqlarini qurish uchun standartlar to'plami.

CAN protokoli orqali muloqot qilish uchun RS-485 da bo'lgani kabi bir xil aloqalar, ulagichlar va rejimlar qo'llaniladi. *CAN* protokolining asosiy farqi shundaki, u ma'lumotlar paketlarini (xabarlarni) adreslash, to'qnashuvlarning oldini olish, uzatilayotgan ma'lumotlardagi xatolarni aniqlash, shikastlangan xabarlarni avtomatik tarzda qayta uzatish va barcha tarmoq tugunlarida ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash uchun barcha zarur mexanizmlarni taqdim etadi [7].

RS-485 dan farqli o'laroq, *CAN* standartlashtirilgan telegramma formati bilan ishlaydi, u 0-8 baytlik ma'lumotlardan tashqari, manzillash va ma'lumotlar yaxlitligini nazorat qilish ma'lumotlarini ham o'z ichiga oladi (*CPC* tekshiruv). Foydalanuvchi faqat xabar identifikatorini va foydali yukni belgilaydi, qolgan hamma narsa *CAN* kontroller tomonidan qo'shiladi (bu mikrosxema yoki ichki



boshqaruv moduli). Har bir CAN xabari ushbu identifikator tomonidan belgilanadigan o'z ustuvorligiga ega. Yuqori ustunlikka ega bo'lgan xabarlar CAN boshqaruvchisi tomonidan uzatish uchun afzalroq deb hisoblanadi va pastroq ustuvorlikdagi xabarlardan oldin uzatiladi.

CAN protokoli xatolarni boshqarishning takomillashtirilgan mexanizmini amalga oshiradi. Agar xabar tugun tomonidan noto'g'ri qabul qilingan bo'lsa, telegramma qabul qiluvchi tomonidan xato ramka bilan yo'q qilinadi va barcha tugunlar uchun «yaroqsiz» deb belgilanadi. Bu harakat CAN kontrollerda avtomatik javobni boshlaydi - uzatish jarayonini takrorlang. Jarayon barcha tugunlar faqat «haqiqiy to'g'ri» xabarlarni olishini ta'minlaydi. Noto'g'ri ma'lumotlarni qayta-qayta uzatuvchi tugunlar CAN shinadagi aloqadan avtomatik ravishda uziladi.

Birgalikda amalga oshirilgan barcha choralar (qisqa xabarlar, differensial uzatish, xatolarni aniqlash va yo'q qilish, noto'g'ri tugunlarni o'chirish) CAN ni nosozliklarga chidamli, xavfsiz va ishonchli tarmoqqa aylantiradi.

3.3. PLC texnologiyasi.

PLC (*Power Line Communication* — mavjud elektr tarmoqlari orqali ma'lumot uza-tish texnologiyasi bo'lib, u nafaqat elektron qurilmalarni quvvat bilan ta'minlaydi, balki yarim dupleks rejimida ma'lumotlarni boshqarish/qabul qilish imkonini beradi.

PLC texnologiyasini ikki turga bo'lish mumkin — tor va keng polosali. 2-jadvalda tezlik bo'yicha ularning tasnifi ko'rsatilgan.

2-jadval. Ma'lumotlarni uzatish tezligi bo'yicha PLC texnologiyalari bo'yicha klassifikatsiya

Ma'lumotlarini uzatish tezligi	Past tezlik	O'rta tezlik	Yuqori tezlik
	0 – 10 kbit/s	10 kbit/s -10 Mbit/s	1 > 10 Mbit/s
Modulyasiya	<i>BPSK, FSK, SFCK, QAM</i>	<i>FSK + OFDM</i>	<i>FSK + OFDM</i>
Standartlar	<i>IEC 61334, ANSI/EIA 709.1..2, USP</i>	<i>PRIME, G3, P1901.2</i>	<i>Ghh, IEEE 1901</i>
Chastotalar diapazoni	500 kGs-gacha	500 kGs-gacha	MGs birliklari
Ilovalar	Boshqaruv va nazorat	Boshqaruv va nazorat; ovozli ma'lumotlar	Elektr tarmog'i bo'yicha va uy tarmoqlari bo'yicha keng polosali ma'lumot uzatish;

Tor polosali PLC texnologiyasi 3 – 500 kGs chastotalarda qo'llaniladi, bu nisbatan past ma'lumotlarni uzatish tezligi (100 Kbit / s gacha) va juda katta diapazon (bir necha kilometr gacha) bilan tavsiflanadi, bu takrorlagichlar tomonidan oshiriladi. Ushbu texnologiyaga qiziqish uning aqlli tarmoqlarda qo'llanilishi tufayli ortib bormoqda. Ushbu turdagi PLC aqlli avlod tizimlarida, xususan, quyosh panellari uchun mikroinvertorlarda ham qo'llaniladi [8].

Keng polosali PLC yuqori chastotalarda (1,8 – 250 MGs-dan 100 Mbit/s gacha) ishlatiladi va nisbatan qisqa masofalarda ishlaydi. Ushbu turdagi PLC ma'lumotlar uzatishning yuqori tezligini ta'minlaganligi va qo'shimcha kabellarni talab qilmasligi sababli, bu aloqa multimedia iste'molchi ilovalari uchun eng samarali hisoblanadi.

PLC-da, boshqa har qanday aloqa texnologiyasida bo'lgani kabi, uzatilgan ma'lumotlar modulyasiya qilinadi va qabul qiluvchiga yuboriladi, u yerda demodulyasiya qilinadi. PLC texnologiyasining asosi signalning chastota bo'linmasidan foydalanish bo'lib, bunda yuqori tezlikdagi ma'lumotlar oqimi bir nechta nisbatan past tezlikli oqimlarga bo'linadi, ularning har biri alohida pastki tashuvchi chastotada uzatiladi va keyin bitta signalga birlashtiriladi. .

PLC-alokasida ko'plab modulyasiya sxemalari qo'llaniladi. Ulardan eng mashhurlari OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Ortogonal chastotali bo'linish ko'paytmasi), BPSK (Binary Phase Shift Keying – ikkilik fazali siljish), FSK (Frequency Shift Keying – chastotani



almashtirish), S-FSK (Spread-FSK), shuningdek Yitran kompaniyasi tomonidan patentlangan DCSK (Differential Code Shift Keying — differensial kodni almashtirish) kabi xususiy sxemalarni o'z ichiga oladi. Kirish) Yitran tomonidan. 3-jadvalda sanab o'tilgan sxemalar ikkita asosiy mezon bo'yicha taqqoslanadi: chastota diapazonining samaradorligi va narxi.

3-jadval. Modulyasiya sxemalarini solishtirish

Modulyasiya sxemasi	Foydalanish samaradorligi	Narxi
<i>BPSK</i>	<i>O'rta</i>	<i>Past</i>
<i>FSK</i>	<i>O'rta</i>	<i>Past</i>
<i>SFSK</i>	<i>Past</i>	<i>O'rta</i>
<i>OFDM</i>	<i>Past</i>	<i>Yuqori</i>

Ishonchli aloqa va texnologik hamkorlikni amalga oshirish uchun, birinchi navbatda, aqlli elektr tarmoqlari va uy tarmoqlari uchun ko'plab standartlar ishlab chiqilgan. Ularning parametrlari 3-jadvalda umumlashtirilgan. Biroq, butun dunyo bo'ylab yagona PLC standartini qabul qilish hali sodir bo'lmagan. Bu muammo hozirda IEEE 1901.2 ishchi guruhi tomonidan hal qilinmoqda. Hozirgacha G3-PLC standarti eng ishonchli hisoblanadi.

4-jadval. Tor polosali PLC-aloqaning standartlari parametrlari.

Standart	Texnologiya	Chastotalar polosasi, kGs	Uzatish tezligi, Kbit/s
<i>G3-PLC</i>	<i>OFDM</i>	36-90,6	5,6 - 45
<i>PRIME</i>	<i>OFDM</i>	42-89	21,4-128,6
<i>IEEE P1901.2</i>	<i>OFDM</i>	9-500	kutilmoqda
<i>ANSI /EIA 709.1..2</i>	<i>BPSK</i>	86-131	3,6-5,4
<i>KNX</i>	<i>SFSK</i>	125-140	1,2
<i>IEC61334</i>	<i>SFSK</i>	<i>GENELEC-A</i>	2,4

PLC texnologiyasining kamchiliklari quyidagilardan iborat:

- elektr ta'minoti tarmoqlari ma'lumotlarni uzatish uchun mos emas va past chastotali filtrlar kabi ishlaydi. Bunday liniyalar orqali aloqa kanallarini modellashtirish shovqinli uzatish muhiti, kanallarning chastota selektivligi, stasionar emasligi, tebranish shovqinlari va impuls shovqinlari

bilan murakkablashadi. Elektr uzatish liniyalari orqali signalning yaxlitligini ta'minlash ishonchli ma'lumotlarni uzatish texnologiyalari va uskunalari talab qiladi;

- elektr ta'minoti tarmog'ining tuzilishi turli mamlakatlarda turlicha farq qiladi. Xuddi shu narsa uy ichidagi simlar uchun ham amal qiladi. *PLC* aloqasi yoki elektr tarmoqlari uchun universal standart yo'q. Turli xil qurilmalar o'rtasidagi muvofiqlikni ta'minlash uchun tegishli choralar ko'rish lozim;

- elektr uzatish tarmoqlari orqali shaxsiy ma'lumotlarni yuborishda ular himoyalangan bo'lishi kerak.

3.4. Ethernet texnologiyalari.

Ethernet texnologiyalari *CSMA/CD* mexanizmidan (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) kelib chiqqan, u deyarli hech qanday to'qnashsiz (amalda ko'plab ulanishlarga kolliziyasiz) zamonaviy kommutatsiyalangan tarmoqlarga aylandi. O'zgartirilgan *Ethernet* qurilmalari alohida ishlatiladi va yangi aloqa texnologiyasi (*IEU*) to'qnashuvlarni (kolliziyalarni) kamaytirish va bartaraf etishga qaratilgan.

Ethernet kommutator bir nechta portlarga ega. Har bir *Ethernet* porti *IEU* ga ulanadi va kichik tarmoq segmenti hosil bo'ladi. Ushbu konfiguratsiya bir nechta qurilmalar o'rtasidagi tenglikni ta'minlaydi. *Ethernet* kommutatorining asosiy vazifasi — manzil nazorati asosida axborotni jo'natuvchi va qabul qiluvchi o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri xabarni o'rnatishdan iborat. Zamonaviy mahalliy tarmoqlardagi kommutatsiya mexanizmlari ma'lumotlar uzatishni tezlashtiradi va soniyasiga bir necha gigabitgacha tezlikka erishish imkonini beradi. O'tkazilgan va qabul qilingan trafikni ajratish uchun o'ralgan juftlik va optik tolali kabellardan foydalangan holda zamonaviy kommutatsiyalangan *LAN* tarmog'ida media to'qnashuvisiz (kolliziyasiz) to'liq dupleks yaratish mumkin. Bundan tashqari, istiqbolli texnologiyalar real vaqt rejimida muhim nazorat vazifalarini amalga oshirish uchun deterministik (belgilangan qiymatdan oshmaydigan) uzatish vaqtiga ega bo'lgan aloqa (bog'lanish) protokolini amalga oshirishga imkon beradi [9].

Ethernet kommutatori — bu har bir portda qabul qilingan yoki uzatilgan barcha xabarlarni qayta ishlaydigan yuqori tezlikdagi, past kechikishli almashtiruvchi kalit. Vaqtni kechiktirish sodir bo'lganda, qo'shimcha almashtirish (kutish navbatida) joriy etiladi va xabarlarni keyingi tarqatish bilan xotirada oraliq saqlash amalga oshiriladi. Agar xabar o'z manziliga yetib borishi uchun bir nechta tarmoq kalitlarini bosib o'tishi kerak bo'lsa, umumiy eng yomon holatda uzatish vaqti har bir kalitlarning kechikishlari yig'indisidir.

3.5. Radiotexnologiyalar.

Simsiz va simli aloqa texnologiyalari o'rtasidagi farqlarga e'tibor qaratamiz.

Simli texnologiyalarning afzalliklari:

- 1-10 Gbit/s-gacha yuqori uzatish tezligi (o'zidan o'tkazish qobiliyati);
- kommunikatsiya sistemasidagi kichik kechiktirishlar;
- (boshqalarga) solishtirilganda yuqori himoyalanganlik.

Simli texnologiyalarning kamchiliklari:

• Kabelning shikastlanishi yoki sinish ehtimoli mavjud. Yer osti kommunikatsiya holatlari uchun zararni bartaraf etish murakkab, qimmat va vaqt talab qilishi mumkin;

- yomon bog'lanish shovqinlarga yoki uzilishlarga (uzilib-uzilib ishlashga) olib keladi;
- metall simlarda xabarlarini o'g'irlikcha tinglash imkoniyati;
- ob'yektlarning harakatsizligi tufayli aloqa tarmog'ining konfiguratsiyasini o'zgartirish qiyinligi;

- metall simlar podstansiyalarda potensial o'tkazishga sezgir.

Simsiz texnologiyalarning afzalliklari:

- Simli tizimlarga qaraganda arzonroq va tezroq joylashtirish;
- simsiz aloqa tufayli o'rnatish qulayligi;
- portativ, uskunani boshqa ob'yektga osongina ko'chirish mumkin;
- simsiz uskunalar xavfsizlik va kirish talablarini ta'minlab, avtomatik ravishda mavjud simsiz tarmoqqa ulanishi mumkin;

- yer potensialini olib tashlash uchun kamroq sezgir.

Simsiz texnologiyalarning kamchiliklari:

- elektromagnit shovqin va noma'lum nurlanishlarining ta'siri;
- ma'lumotlarni uzatish tezligi (54-160 Mbit/s)ning pastligi;
- kanal ishonchliligi/mavjudligining pastligi;
- radio efirdan foydalanish tufayli kiberxavfsizlik muammolari.

Keling, energiya hisobini avtomatlashtirishda qo'llaniladigan ikkita istiqbolli simsiz texnologiyalarni ko'rib chiqaylik.

Uyali aloqa

GSM (*Global System for Mobile Communications*) 3G/4G texnologiyasining uyali aloqalari (uchinchi/to'rtinchi avlod) 824-894 MGs, 1900 MGs chastota diapazonlarida ishlaydi. Bu litsenziyalangan chastota diapazonlari. Ma'lumot uzatish tezligi 60 kbit / s dan 300 Mbit/s gacha o'zgarib turadi va masofa uyali tayanch stansiyalarni joylashtirish bilan belgilanadi. Uyali tarmoqning

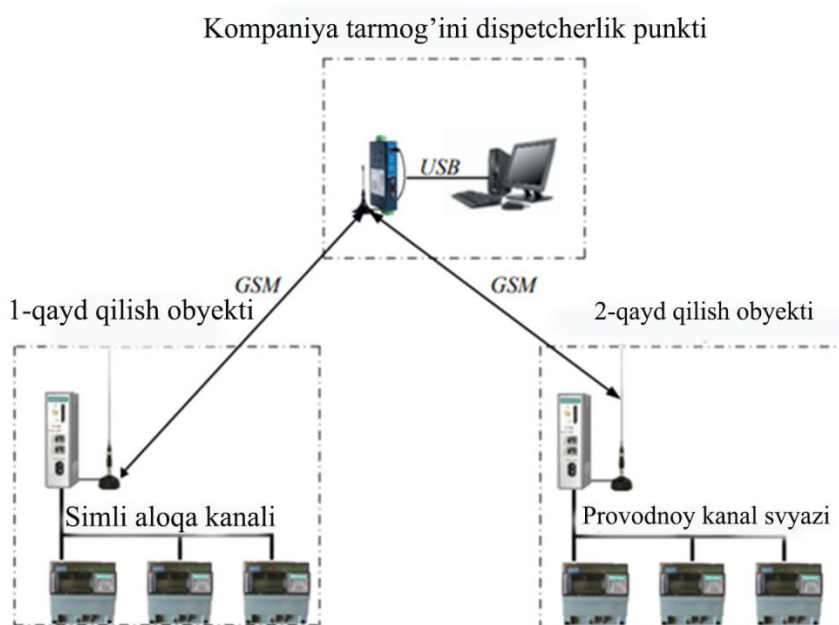
topologiyasi kam quvvatli uzatgichlarni o'z ichiga olgan tayanch stansiyalarni joylashtirish orqali shakllanadi. Uyali modemga ega bo'lgan mobil qurilma ma'lumotlarni uyadan uyaga uzluksiz uzatish orqali ma'lumot almashish imkoniyatiga ega. Shunday qilib, nuqtadan nuqtaga ulanish tashkil etiladi. Ushbu texnologiya katta maydonlarni qamrab oladi va axborot yig'ish tizimini yaratish uchun katta xarajatlarni talab qilmaydi. 4.6-rasmda uyali aloqa texnologiyalaridan foydalangan holda tijorat elektr energiyasini hisobga olish tizimini tashkil qilishning mumkin bo'lgan variantlaridan biri ko'rsatilgan.

Texnologiyaning afzalligi shundaki, u mavjud infratuzilmadan foydalanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, mobil ma'lumotlarni uzatish tezligi doimiy ravishda oshib bormoqda. Uyali aloqadan foydalangan holda aloqaning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- ulanishni o'rnatish noma'lum vaqtni oladi;
- abonent qo'ng'iroqlari ma'lumot uzatish tezligiga va ulanishning uzilishiga ta'sir qilishi mumkin;
- abonent to'lovlari va uyali aloqa tizimlariga ulanishni tashkil qilish narxi yuqori emas, lekin kichik hududlarda bir nechta aloqa kanallarini tashkil qilish foydasiz bo'ladi.

Zig Bee texnologiyasi

Zig Bee dunyodagi (aloqa) protokollari asosida *Zig Bee Alliance* ittifoqi (alyansi) tomonidan ishlab chiqilgan aqlli (intellektual) uy tarmoqlari uchun ishonchli, iqtisodiy samarali uzatish texnologiyasi bo'lib hisoblanadi. Bu standartga *IEEE 802.15.4* mos keladi va lisenziyalangan 868 MGs, 915 MGs i 2,4 GGs chastota diapazonlarida ishlaydi [10].



6-rasm. Elektr energiyani tijoriy qayd qilish sistemasini realizatsiyasiga misol.

Ma'lumotlar uzatish tezligiga 10 – 100 m masofada erishish mumkin – 20 – 250 kbit/s. *Zig Bee*



«yulduz», «daraxt» va boshqa topologiyalarni qoʻllab-quvvatlaydi va maʼlumotlarni uzatish tezligi sezilarli darajada tanlangan topologiyaga bogʻliq. *Zig Bee* texnologiyasi xavfsiz aloqa uchun 128-bitli AES shifrlashdan foydalanadi. *Zig Bee* binolarni avtomatlashtirish, ularning xavfsizlik tizimlari, masofadan boshqarish va oʻlchash uchun keng qoʻllaniladi.

Muhokama

Oʻtkazilgan tadqiqot ENHAT tizimlarida turli kommunikatsion topologiyalar va protokollarni tanlashda aniqlik kiritishga yordam berdi. Maʼlumotlar shuni koʻrsatadiki, topologiya tanlovi tizimning hajmi, tuzilishi, ishonchlilik talablari va iqtisodiy imkoniyatlariga bogʻliq. Masalan, shina topologiyasi kichik va sodda tizimlar uchun tejamkor echim boʻlsa, mesh topologiyasi yuqori ishonchlilik va uzluksizlikni talab qiladigan muhitlarda samarali hisoblanadi. Xuddi shunday, yulduz topologiyasi nosozliklarni tez aniqlash va markaziy monitoring imkoniyati bilan ajralib turadi, biroq markaziy bogʻlovchi qurilmaning ishdan chiqishi butun tarmoq faoliyatiga salbiy taʼsir koʻrsatadi.

Protokollar boʻyicha tahlil shuni koʻrsatdiki, RS-485 va CAN protokollari sanoat muhiti uchun mos, chunki ular uzoq masofali va koʻp tugunli aloqani ishonchli tarzda taʼminlaydi. RS-485 oddiy tuzilma va arzon uskunalari bilan ajralib tursa, CAN protokoli yuqori ustuvorlik asosida real vaqtli signal uzatishni qoʻllab-quvvatlaydi. Ethernet esa, yuqori oʻtkazuvchanlik, kam kechikish va toʻliq dupleks ishlash tufayli real vaqtli nazorat uchun eng afzal hisoblanadi.

Simsiz texnologiyalardan GSM keng qamrovli energiya hisoblash tizimlari uchun foydali boʻlsa, ZigBee kam quvvat sarfi, xavfsizlik va qisqa masofalardagi samaradorligi bilan ajralib turadi. Shuningdek, ZigBee'ning "mesh" arxitekturani qoʻllab-quvvatlashi uni moslashuvchan va kengaytiriladigan tarmoqlar uchun muhim qiladi.

Bu natijalar ilgari oʻrganilgan manbalar bilan mos tushadi. Masalan, Smith (2024) energiya tizimlaridagi ikki tomonlama kommunikatsiya tarmoqlari energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishini taʼkidlaydi [4]. Shuningdek, IEEE 61850 standarti asosida avtomatlashtirilgan podstansiyalarni tashkil qilishda real vaqt rejimida maʼlumot uzatish vaqti kritik ahamiyatga ega ekanligi koʻrsatilgan [3].

Kelgusida ushbu tizimlarning model asosida (simulyatsion) baholash va prototip sinovlari orqali yanada chuqurroq tahlil qilish mumkin. Ayniqsa, energetik tizimlardagi shovqinli muhitda signalning buzilishiga chidamli aloqalar ustida ishlash va xavfsizlik boʻyicha tadqiqotlar dolzarb boʻlib qolmoqda.

Xulosa

Ushbu maqolada ENHAT texnologiyalarida qoʻllaniladigan turli kommunikatsion topologiyalar va protokollar tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni koʻrsatdiki, har bir topologiya va aloqa protokolinig oʻziga xos texnik va funksional xususiyatlari mavjud boʻlib, ularni tanlashda quyidagi asosiy mezonlar inobatga olinishi lozim: uzatish masofasi, tezlik, tarmoqning kengaytiriluvchanligi, ishonchlilik, kechikish darajasi va iqtisodiy samaradorlik.

Kichik hajmdagi, past quvvatli ilovalar uchun RS-232 protokoli va shina/yulduz topologiyalari samarali boʻlsa, sanoat avtomatizatsiyasida keng ishlatiladigan RS-485 va CAN protokollari ishonchliligi va koʻp tugunli almashinuvga imkon beruvchi imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Yuqori oʻtkazuvchanlik, minimal kechikish va ishonchlilik talab etiladigan tizimlarda esa Ethernet texnologiyalari ustunlik qiladi.

Shuningdek, simsiz texnologiyalar – GSM va ZigBee – uzoq masofali va mobil qurilmalar uchun muhim yechimlar hisoblanadi. Ayniqsa ZigBee texnologiyasi xavfsizlik, kam quvvat sarfi va modullilik talab etiladigan zamonaviy energiya hisoblash tizimlari uchun istiqbolli yoʻnalish boʻlib qolmoqda.

Natijalar shuni koʻrsatdiki, ENHAT tizimlarini samarali loyihalashda yagona aloqa texnologiyasiga tayanish oʻrniga, tizim xususiyatlariga qarab bir nechta protokol va topologiyani birlashtirgan kompleks yondashuv eng maqsadga muvofiqdir. Ushbu tahlil asosida ishlab chiqilgan tavsiyalar amaliy loyihalarda kommunikatsion echimlarni tanlash va optimallashtirishda foydali boʻlishi mumkin.



Adabiyotlar

1. Nicholas Kottenstette, Panos J. Antsaklis, "Communication in Automation, including networking and wireless," Chapter 2.5 in the Springer Handbook of Automation, S. Nof (Ed.), Springer 2008.
2. Гуртовцев А.Л. Избранные работы по АСКУЭ (1981-2009), Минск 2018.
3. IEC. IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations. IEC Standard, 2003.
4. Smith, J. From One-Way to Two-Way: The Future of Electricity with Smart Grids. AltEnergyMag, 26 June 2024.
5. GeeksforGeeks. Types of Network Topology. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-network-topology/> (accessed 23 Apr 2025).
6. Siemens. Industrial Communication Protocols – An Overview. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication.html> (accessed 23 Apr 2025).
7. Texas Instruments. CAN Bus Fundamentals. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/an/sloa101a/sloa101a.pdf> (accessed 23 Apr 2025).
8. PLC Table. PLC Network Topologies. [Online]. Available: <https://www.plctable.com/plc-network-topologies/> (accessed 23 Apr 2025).
9. Balluff. Ethernet Topology Options for Industrial Networks. [Online]. Available: <https://www.balluff.com/en-us/blog/ethernet-topology-options-for-industrial-networks> (accessed 23 Apr 2025).
10. Digi. ZigBee Technology Overview. [Online]. Available: <https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee> (accessed 23 Apr 2025).



Muallif

A'zamov Saidikrom

Andijon davlat texnika instituti,
azamovsaidikrom1992@gmail.com

QUYOSH ELEKTR TA'MINOTI SIFAT KO'RSATKICHLARINING TADQIQI

Anotatsiya: Jahonda birlamchi shartli yoqilg'i manbalarining tugab borayotgani hamda dunyoda ekologik buzilishlarni hisobga olgan holda zamonaviy ekologik toza iqtisodiy arzon energiya resruslarinidan samarali foydalanishni talab etmoda, bu borada quyosh energiya manbalari alahida o'rintutadi. Jahonda qayta tiklanuvchan energiya manbalarining eng ko'p tarqalgan turlaridan bu quyosh energiya manbalari hisoblanadi. Mamlakatimiz iqlim sharoitidan kelib chiqib prezidentimiz tashabusi bilan PF-158-son qarorining ijrosining amaliy yechimi sifatida sohaga doir bir qator ilmiy va amaliy tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda, bu borada quyosh panellari ishlab chiqayotgan elektr energiyasini tashkil etuvchi miqdor va paramtrlarni loyihalangan va pasport ma'lumotlarida keltirilgan ma'lumotlar hamda yuqori samarador ko'rsatkichalar bilan ishlash jarayonlarini ta'minlash hamda uzluksizligini ta'minlash asosiy vazifalardan hisoblanadi ushu maqolada bu borada yetarli yechim va takliflar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Quyosh panellari ishlab chiqayotgan kuchlanish, elektr motorlari, changlanish darajasi, samarador ko'rsatkichlari, foydali ish koefitsiyenti.



Copyright: © 2025 by the authors.

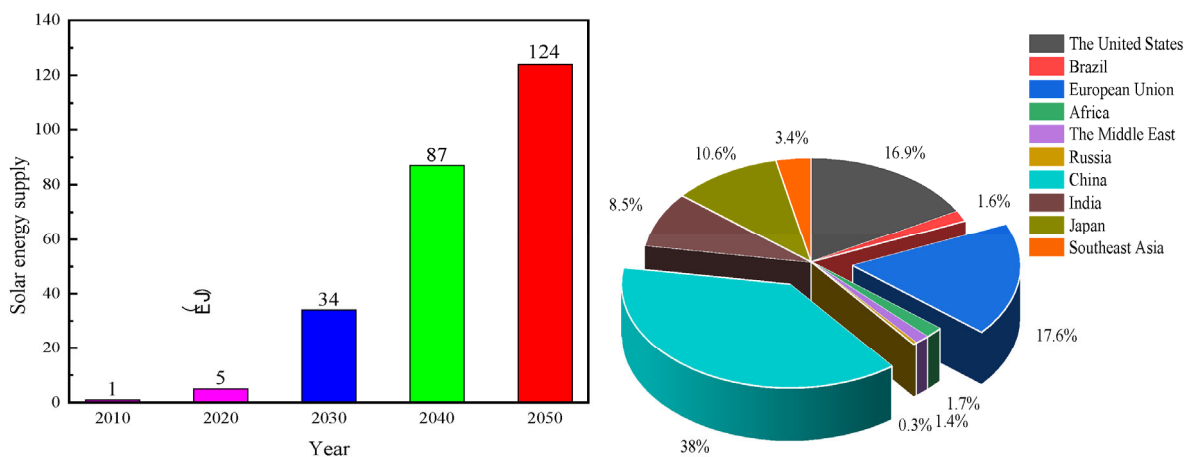
Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Jahonda iste'molchilarni sifatli va uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash maqsadida qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan samarali foydalanish ortib bormoqda bu borada mamlakatimiz iqlim sharoitidan kelib chiqib keng miqyosda foydalanib kelinayotgan quyosh panellarining loyihalangan, psport ma'lumotlarida keltirilgan yuqori samarador ko'rsatkichlarda ishlaganda normala va sifatli ishlab turgan hisoblanadi. Quyosh energiya manбайдan elektr energiyasini hosil qilish tizimi bugungi kunda On-Grid, Off-Grid, hamda Smart-Grid tizimlaridan foydalanib kelinmoqda jumladan dunyoning rivojlangan ko'plab mamlakatlarida sanoat ishlab chiqarish, xalq xo'jaligi tarmoqlarida hamda aholixonadaonlarida faqat tarmoqqa ulangan holda ishlovchi ya'ni On-Grid tizimlari keng tarqalgan biroq afrika va osiyoning bazi davlatlarida ushu tizim uzluksiz elektr energiya hosil qilaolmasligidan kelib chiqib iqtisodiy jihatdan narxi balad bo'lishiga qaramasdan Off-Grid tizimini joriy qilish afzal hisoblanadi. Smart-Grid tizimi aqilli suniy intellekt tizimlari bilan uyg'unlashgan zamonaviy ishonchilik, tezkorlilik talablariga to'la qonli javob beradi, konstruktiv dasturlash tarmoqqa ulangan tizimga nisbattan murakkab va narxi qimmat.

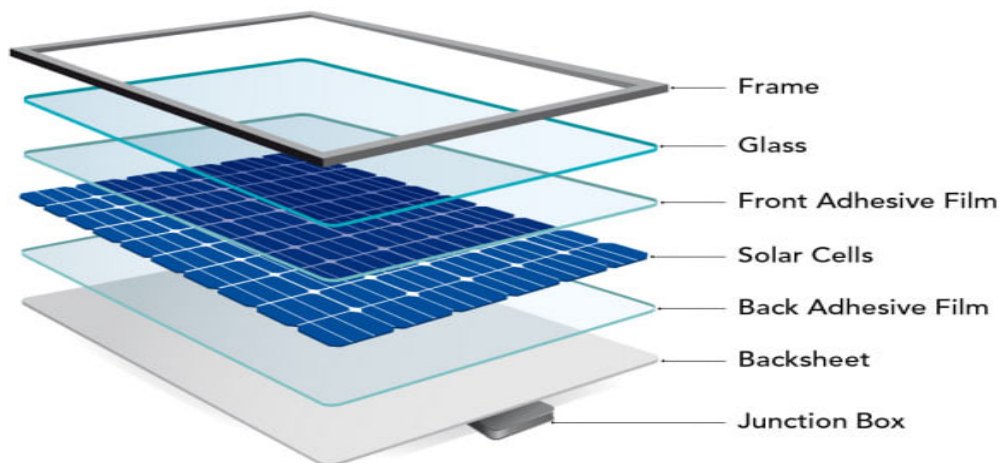
Tahlillar

O'rganishlardan va tahlillardan shuni xulosa qilish mumkinki keng miqyosda tarqalgan mamlakatlarida foydalanilayotgan quyosh panellari va ular ishlab chiqayotgan elektr energiyasai tashkil etuvchi miqdorlarni nazorati va sifat ko'rsatkichi ahamiyatli hisoblanadi. Bugungi kunda quyosh fotoelektrik stansiyalari quyoshdan kelayotgan yorug'likning 29% ni elektr energiyasiga aylantirib qolgani sinish burchagi ostida atmosferaga sochilib ketadi Yaponiya, Xitoy, Amerika davlatlari ushu ko'rsatkichni oshirish bo'yicha keng ilmiy va amaliy ishlar olib bormoqda bu borada mamlakatimizda iqlim sharoitidan kelibchiqib monokristalli quyosh panellari keng o'rnatilib foydalanib kelinmoqsa bu borada iqlim o'zgarishi va changlanish darajasining ortib ketishi hamda sanoat ishlab chiqarish darajasidan kelib chiqib quyosh energiya manbalaridan samarali foydalanayotgan dunyo davlatlarini diagramma ko'rinishida 1-rasmda ko'rishimiz mumkin.



1-rasm. Jahonda quyosh energiya manbalaridan foydalanayotgan dunyo davlatlar diagrammasi

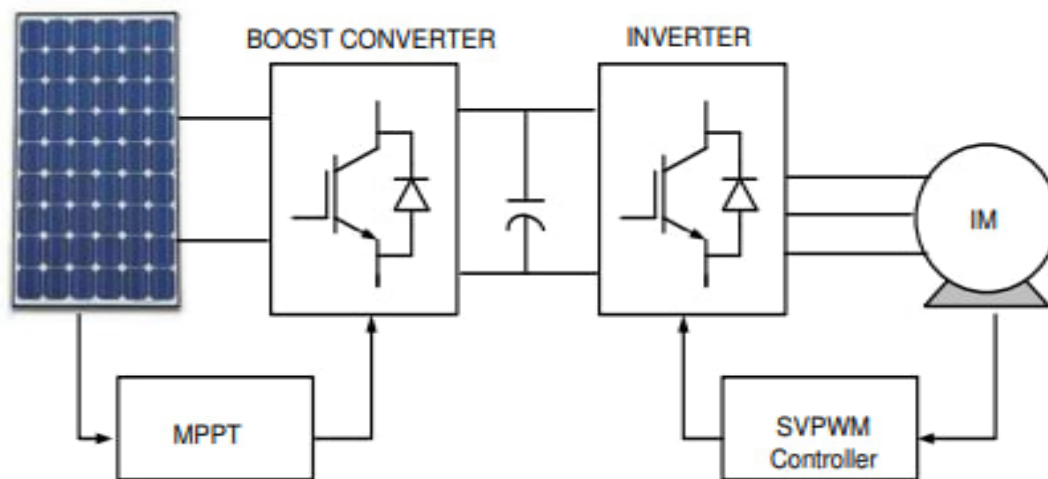
Iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlashda quyosh panellari turlariga ko'ra monokristal, amorf, polikristal turlari keng tarqalgan bo'lim mamlakatimiz iqlim sharoitidan kelib chiqib monokristal turi keng tarqalgan bo'lib ushbu turdagi quyosh panellariga quyosh nuri perpendikulyar tushmagan taqdirda ham 20% gacha quyosh nurini elektr energiyasiga aylantirib bera oladi, quyosh paneli qatlamlari quydagilardan iborat.



2-rasm. Quyosh panellari qatlamlari joylashish qatlami

Usullar

Tadqiqot va izlanish natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki quyosh panellari ishlab chiqayotgan elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga asosiy ta'sir ko'rsatuvchi omillar bu panellarning changlanganligi, nohiziqi iste'molchilarni tartibsiz bir tarmoqda nobalans taqsimlanishi, himoya va uzatishda avtomatika va o'tkazgich kabellarini to'g'ri tanlanmasligi hisoblanadi. Ushbu tizimlarning yana bir aqilli tizimi bu Smart-Grid tizimi bo'lib aksariyat hollarda ushu tizimni elektr energiyasining birinchi toifali iste'molchilari uchun qo'lkeladi. Yarim o'tkazgichli xarakterga ega quyosh paneli elementlariga ta'sir ko'rsatuvchi tashqi xarorat. 3-rasmda quyosh energiya manbaidan ta'minlangan On-Grid tizim sxemasi keltirilgan.



3-rasm. On-Grid quyosh foto elektrik sistemasi.

On-Grid quyosh foto elektrik sistemasi iqtisodiy arzon sodda yig'ilgan avtomatika tizimining ishonchli ekani bilan farqqilib turadi. On-Grid quyosh fotoelektrik tizimi sanoat elaktr tarmogi bilan hamonag ravishda ishlaydi va shunisi bilan ham ajralib turadi. Bugungi kunda elektr energiyasining eng ko'p iste'molchisi bu o'zgaruvchan tok asinxron motorlar ushu tur motorlarini sifatli va uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlashda olimlar va izlanuvchi yosh tadqiqotchilar, quyosh fotoelektrik tizimlari ishlab chiqayotgan elektr energiyasining tashkil etuvchi kattalik va parametrlarni loyihalangan passport ma'lumotlarida keltirilgan miqdor va ko'rsatkichlar bilan ishlashi bu iste'molchi asinxron motorni ish samaradorligiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy olillardan hisoblanadi.

Natija

Mamlakatimizda quyosh fotoelektrik sistemalari yordamida yoritish tizimlarida qo'llash bo'yicha yuqori natijalarga erishilingan biroq asinxron motor yoki shukabi sanoat elektr energiyasining asosiy iste'molchilarini elektr energiyasining ehtiyosjini sifatli va uzluksizligini ta'minlashda bir qator kamchiliklar mavjuda ushbu kamchiliklar quyosh fotao elektrik sistemasi iste'molchi asinxron motor quvvatiga bog'liq ravishda to'g'ri tanlanmasili quyosh panellarining chanlanish darajasining ortib ketishi, bir tarmoqda nochisiqli iste'molchilarning ortishi hisobiga nosinusoidalik ko'rsatkichining ortib ketishi va boshqalar. Quyosh foto elektrik sistemasi ishlab chiqqan o'zgarmas tok miqdorini raqamli yarim o'tkazgichli, induktivli, hamda sig'im elemntlaridan tashkil topgan inverot qurilamsi yordamida o'zgaruvchan tok hosil qilinadi bundan ma'lum bo'ladiki ushbu jarayonda nosinusoidalik miqdori ushbu tizimda yuqori bo'ladi. Elektr texnik qurilmalarda yuqri garmonika toklarining umumiy yig'indisi (THD) turli nosozliklarni yuzga keltiradi jumladan silkinish bilan ishlash xaroratning ortishi, izolyatsiyasining teshilishi va boshqalar. 4-rasma yuqori garmonika toklari tavsifi keltirilingan.

O'ngni tanlash quyosh inverteri sizning uyingiz uchun quvvat chiqishi, tizim hajmi, samaradorlik, chidamlilik, monitoring imkoniyatlari va kafolat qoplamasiga bog'liq. Chiqish quvvati quyosh panellarining umumiy quvvat darajasini aniqlaydi. Shunday qilib, kerakli quvvatni iloji boricha samarali ishlata oladigan inverterni tanlashingiz kerak. Quyosh energiyasi tizimingizning tizim hajmini baholash sizning sozlashingizdagi panellar sonini sig'dira oladigan quyosh inverterini tanlashga yordam beradi. Yuqori samaradorlik ko'rsatkichlariga ega quyosh inverterlari qimmatroq, lekin sizning uyingiz uchun yaxshiroq uzoq muddatli sarmoyadir. Yuqori samaradorlik quyosh energiyasidan foydalanish mumkin bo'lgan elektr energiyasiga aylantirilishini anglatadi va tizimingizning umumiy ishlashini maksimal darajada oshiradi. Potensial quyosh inverteringizning chidamliligi va ishonchliligini ham hisobga olishingiz kerak. Asosiy qoida - obro'li brendlarni izlash va mijozlar sharhlarini o'qib, butun umri davomida xizmat qiladigan sifatli mahsulotga sarmoya kiritayotganingizga ishonch hosil qiling.

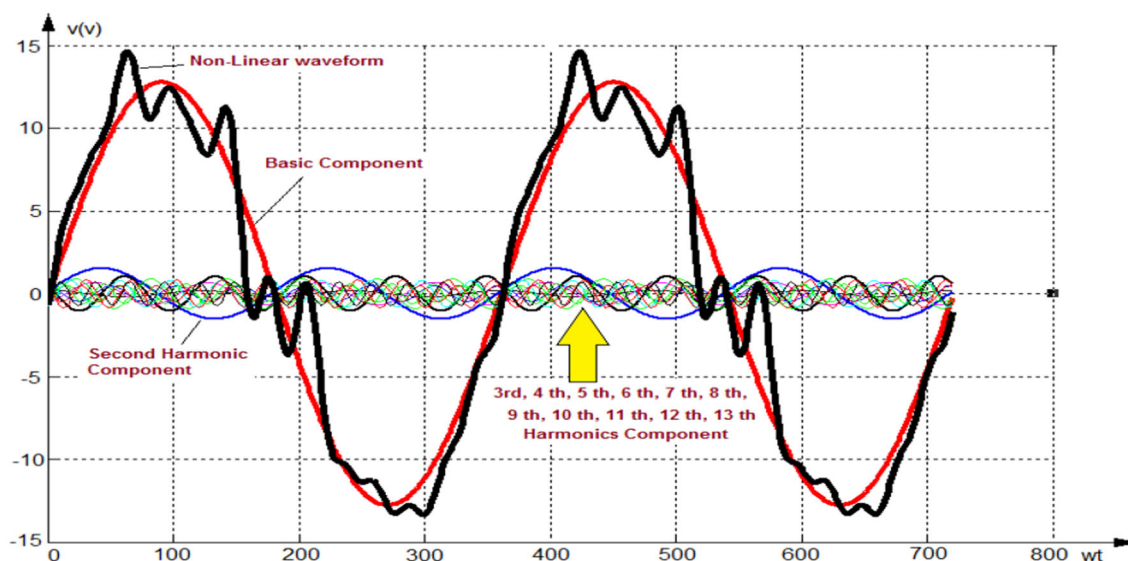
Sifatli mahsulotning bir belgisi, agar u monitoring va aloqa dasturlarini o'z ichiga oladi. Yuqori darajadagi inverterlar ko'pincha quyosh inverterining ishlashini kuzatish va real vaqtda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni aniqlash imkonini beruvchi ilg'or monitoring tizimlariga ega. Nihoyat, ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etilgan kafolatni tekshirishingiz kerak. Ko'proq uzaytirilgan kafolat muddati ishlab chiqaruvchining o'z mahsulotiga bo'lgan ishonchini ko'rsatadi, bu esa ko'proq xotirjamlikni ta'minlaydi. Quyosh inverterining narxi uning turiga, markasiga va chiqish quvvatiga qarab o'zgaradi. Yuqoridagi omillarga asoslanib, o'rta darajadagi turar-joy quyosh inverteri o'rtacha 500 dan 3,000 AQSh dollari (20,000 XNUMX dan XNUMX XNUMX RMB) gacha. Biroq, sizning quyosh invertoringiz narxi quyosh batareyalari, montaj uskunalari, simlarni o'rnatish va o'rnatishni o'z ichiga olgan quyosh energiyasi tizimining umumiy narxining faqat bir qismidir. Quyosh panellari bo'yicha eng yaxshi kelishuvga erishish uchun o'zingizning ehtiyojlaringizga moslashtirilgan narxni olish uchun yashash joyingizdagi taniqli quyosh o'rnatuvchisiga murojaat qiling.

Ushbu konspektidan ko'rinib turibdiki, Quyosh inverteri quyosh tizimidan quyosh energiyasidan to'liq foydalanishda muhim rol o'ynaydi.

Ular quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan doimiy elektr energiyasini samarali o'zgaruvchan tok elektr energiyasiga aylantiradi, bu sizning an'anaviy quvvat manbalariga bo'lgan ishonchingizni kamaytiradi, xarajatlarni tejash potentsialingizni oshiradi va ekologik barqarorlikka yordam beradi. Quyosh inverterini tanlashda siz mo'ljallangan quvvatni, tizim hajmini, samaradorlikni, chidamlilikni, monitoring qobiliyatini va kafolatni hisobga olishingiz kerak.

Uyingiz uchun to'g'ri inverterni sozlashni tanlab, siz quvvat ishlab chiqarishni maksimal darajada oshirishingiz va ishlash samarasizligi bilan bog'liq yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni minimallashtirishingiz mumkin.

Eng muhimi, quyosh energiyasiga sarmoya kiritish nafaqat moliyaviy daromad olish, balki sayyoramizga ijobiy ta'sir ko'rsatish ham ekanligini unutmaslik kerak.



4-rasm. Quyosh energiya manbai o'zgaras tok kattaligini o'zgaruvchan tokga o'tkazilingandagi va sanoat elektr tarmog'i ishlab chiqayotgan garminka toklar tavsifi.

Yuqorida keltirilgan nosinusoidal tok garmonika tok tavsiflaridan shuni xulosa qilish mumkinki. Sanoat korxonalarining quyosh elektr ta'minot tizimida yuzaga keluvchi nosimmetriya va nosinusoidal toklar, elektr energiya iste'molchilarining ish rejimlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi, ya'ni ularning reaktiv quvvatini oshishiga, ishlash davrining kamayishiga, ish sifatining pasayishiga hamda yana bir qancha salbiy omillarga olib keladi. Asinxron motorlarning nosimmetrik va yuqori garmonika toklarining qiymati standartlarda belgilangan me'yorlarda bo'lmasligi asinxron motorlarning ishlash samaradorligini pasayishiga olib keladi. Shu bois nosimmetrik va nosinusoidal toklarning miqdorini kamaytirish, energiya tejamlorligini oshirishga imkon beradi. Asinxron motorlarning nosimmetrik va yuqori garmonika toklarini aniqlash, nazorat qilish va boshqarish fan va texnika taraqqiyoti rivojlanishining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Bundan kelib chiqadiki, asinxron motorlarning foydali ish koeffitsientining va quvvat koeffitsientining qiymatlarini oshirishda, asinxron motorlarda hosil bo'luvchi yuqori garmonika toklarini filtrlash hamda uning reaktiv quvvatini kompensatsiya qilishda, kodensator batareyalar va boshqa turdagi kompensatsion qurilmalardan foydalanish kerak bo'ladi.

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx \approx 2 \cdot \frac{1}{2\pi} \sum_{p=1}^n f_p(x) \frac{2\pi}{n} \cos_p kx \text{ yoki } a_n = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^n f_p(x) \cos_p kx$$

k garmonikaning amplituda qiymati.

$$a_k = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

Funksiyaning umumiy garmonik buzilish qiymati.

$$THD_I = \sqrt{\sum_{k=2}^N \left(\frac{I_k}{I_1} \right)^2}$$

Xulosa

Quyosh energiya manbai elektr uzatish tarmog'idan ta'minlangan uch chulg'amli asinxron motor yuqori samarador va passport ma'lumotlarida keltirilgan elektr energiya tashkil etuvchi miqdor va kattaliklar bilan ta'minlash orqali asinxron motor turg'un va barqaror hamda yuqori samador ko'rsatkichlar bilan ta'minlandi va ish unimi ortdi. Asinxron motor aylanma magnit maydon hosil qilishi uchun reaktiv quvvat iste'mol qiladi, reaktiv quvvat ish bajarishga sar bo'ladi ammo asinxron motor quyosh panellari ishlab chiqayotgan garmonika toklarining nosinusoidal miqdorlari ortib ketishi bu asinxron motorning sochilish magnit maydonini ortishiga ya'ni reaktiv quvvat miqdorini ortishiga sabab bo'ladi. Shundan xulosa qilsak quyosh energiya manbaidan ta'minlangan asinxron motor nosinusoidal kattaliklarini bartaraf etish orqali reaktiv quvvat isroflarini kamaytirish asinxron motor ish samaradorligini oshirishga erishamiz.



Adabiyotlar

1. Mirzoev N., Azamov S. Control And Management Of Active And Reactive Power Balance In A Solar Power Supply System //Международный Научный Журнал «Инженер». – 2025. – Т. 3. – №. 1. – С. 39-44.
2. Siddikov I., Azamov S., Berdiyev D. Reserch Of Reactive Power Consumption Of Single-Phases Asynchronous Motor Energy Supplied By Solar Panels (Debseuz Project Activity) // Perspectives Of Higher Education Development. – 2024. – Т. 15. – №. 1. – С. 89-95.
3. Siddikov I. X., Denmuxammadiyev A. M., A'zamov S. S. Muqobil Turdan Olingan Energiyadan Istemol Qiluvchi Asinxron Motor Quvvat Balansini Nazorat Va Monitoring Qilish //Jizpi Xabarnomasi. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 126-128.
4. Saidmurodovich A. S. The Prospects Of The Construction Of Hydroelectric Power Plants In Uzbekistan And The Issues Of Increasing Their Number And Widespread Use //The American Journal Of Engineering And Technology. – 2020. – Т. 2. – №. 11. – С. 118-121.
5. Siddikov I. Et Al. Analysis Of Power Dissipation In A Triangle Connection Of Single-Phase Asynchronous Motor Supplied From Solar Energy Source //Science And Innovation. – 2023. – Т. 2. – №. A11. – С. 14-18.
6. Аъзамов С. С. Улучшение Механической Прочности Электрических Проводов Высокого Напряжения //Universum: Технические Науки. – 2021. – №. 5-5. – С. 47-49.
7. Mirzoyev N.N., Sayfiyev O.H., Temirov T.O. Investigation Of Unauthorized Connection To Electrical Networks, Failure To Detect Their Phase Interruptions And Short Circuits To Ground, Researchjet Journal Of Analysis And Inventions 3 (10), 130-143 (2022)
8. Azamov S. Et Al. Analysis Of Electrical And Mechanical Condition Monitoring Of Asynchronous Motor Supplied From Solar Panel Energy Source //Conference On Digital Innovation:” Modern Problems And Solutions”. – 2023.Elektir Ta'minoti Tizimini Loyihalash. Pedagog's Jurnal 10 (1), 2022/6/11, 100-108 Bet
9. I.X. Siddikov, N.N. Mirzoyev, M.A. Anarboev, S.I. Davrboeva. Izolyatsiya Holatini Monitoring Qilish Va Elektr Tarmoqlariga Ruxsatsiz Ulanishlarni Aniqlash Uchun Kompyuterlashgan Axborot O'lchov Tizimining Istiqbollari, “Raqamli Energetika Tizimini Yaratishning Istiqbollari, Muqobil Energiya Olishning Muammolari Va Yechimlari-2023” Xalqaro Ilmiy-Amaliy Konferensiyasining Ilmiy Maqola Va Tezislari To'plami. Jizzax, 2023 Yil 19-20 May, 252-257bet.



Authors

Mahmudov Salimjon

Military Institute of Information-
Communication Technologies and
Communications,
s.o.mahmudov@gmail.com

University of Management
and Future Technologies,
s.o.mahmudov@gmail.com

Kayumova Shahnoza

Tashkent University of Information
Technologies named after
Muhammad al-Khwarizmi,
sahnozarpieva38@mail.com

Correspondence:

sahnozarpieva38@mail.com

COMPARISON OF CORRECTING CAPABILITY OF BLOCK CODES

Abstract: This paper discusses the comparative error-correcting ability of block codes such as Hamming, Golay, BCH, and Reed-Solomon codes. The introduction emphasizes the importance of ensuring reliable data transmission under real-world interference conditions such as thermal noise, multipath propagation, and impulse interference. Methods for improving noise immunity are discussed, including convolutional and block coding. The paper presents analytical formulas for calculating the probability of errors in decoded messages using various codes. The calculation results confirm that the error-correcting ability depends on the code parameters and the error probability in the channel. A study is conducted on the efficiency of codes in the presence of burst errors of different lengths, including conditions under which decoding remains successful. The paper emphasizes that the choice of the optimal code is determined by the specifics of the telecommunication system and the characteristics of the communication channel.

Keywords: Hamming, communication channel, decoded message, information transmission.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons
Attribution (CC BY) litsenziyasi
shartlari asosida tarqatiladigan ochiq
foydalanish maqolasi hisoblanadi
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Introduction

Information plays an increasingly important role in all types of human activity. Recently, the requirements for information transmission systems have increased dramatically. It is necessary to transmit ever greater volumes of information over ever greater distances at ever greater speeds. At the same time, the transmitter's energy resources are usually limited. The requirements for the reliability of data transmission are also growing.

In recent years, methods of digital processing and transmission of information in various telecommunication systems have significantly developed. One of the most important functions in the operation of such systems is to ensure reliable protection of data from interference. The radio channel is a weak link in data transmission systems, since it is in it that transmitted signals are subject to distortion and attenuation due to the negative impact of numerous factors. Interference and fading reduce the reliability of information transmission. Increasing the reliability of information transmitted over a communication channel can be organized in various ways, for example, by increasing the transmitter power, improving the sensitivity of the receiver, increasing the gain of antennas. The implementation of these methods usually requires significant material costs, and most importantly, does not ensure an increase in the reliability of transmitted information with frequency-selective fading. Increasing the noise immunity of information is achieved in various ways, but many of them are ineffective for one reason or another. For example, increasing the transmitter power is limited by strict requirements for electromagnetic compatibility of radiation sources, and multiple repetition of transmitted blocks leads to a significant increase in channel occupancy and a corresponding increase in the information processing time [1].

At present, the task of ensuring the reliability of information transmission is solved in most cases by using noise-resistant coding, which is a class of signal transformations performed to improve the quality of communication. Modern people are surrounded by devices that use noise-resistant coding algorithms in their work. Noise-resistant coding technologies have become a mandatory element of data storage and transmission systems. The basis of modern coding theory is the work of V.A. Kotelnikov and K.E. Shannon. Subsequently, the theory of noise-resistant coding was developed by many researchers. However, the problem of an unambiguous choice of the type of coding for a specific information transmission channel has not yet been solved.

Currently, there are a significant number of options for constructing and decoding methods for error-correcting codes that are capable of correcting both single and group errors. At the same time, the characteristics of practical implementations of error-correcting codes lag significantly behind the theoretical limits. Significant difficulties arise in satisfying the requirements for code efficiency in order to achieve the constantly growing requirements for data transmission and storage systems.

Reasons for deterioration of signal transmission quality

The source of interference in an ideal channel is thermal noise generated in the receiver [2, 3, 4]. Thermal noise typically has a constant spectral power density over the entire signal band and a Gaussian voltage probability density function with zero mean. The signal in an ideal channel attenuates with distance in exactly the same way as when propagating in ideal free space. The signal power decreases proportionally to the square of the distance. With such ideal propagation, the signal power is quite predictable.

Additional sources of losses in a real radio channel are natural and artificial sources of noise and interference, the negative impact of which is often more significant than the thermal noise of the receiver [5, 6, 7].

In radio communication, signal propagation occurs in the atmosphere and near the earth's surface. A radio signal can travel from a transmitter to a receiver along multiple paths. This phenomenon, called multipath propagation, can cause fluctuations in the amplitude, phase, and angle of arrival of the received signal, which is called multipath fading. Fading causes random fluctuations in the signal.

For a typical radio channel, the received signal consists of several discrete multipath components, resulting in a spreading of the signal over time (or signal dispersion).

In the case of signal dispersion, the types of degradations due to fading are divided into frequency-selective and frequency-non-selective. In the case of non-stationary channel behavior, the types of degradations due to fading are divided into fast and slow.

In addition to independent errors, grouped errors may occur in the channel. They are formed in channels with memory. One of the main causes of such errors are interruptions that occur due to a smooth decrease in the signal level below the receiver's sensitivity threshold, when signal reception practically ceases. Interruptions can be caused by various activities, and some of them can even cause termination of a communication session. In addition, interruptions can be caused by equipment malfunctions, imperfect operation, measurement, etc. Interruptions and impulse interference are the main cause of grouped errors when transmitting discrete messages over various types of communication channels. Impulse interference is interference concentrated in time. It is a random sequence of pulses with random amplitudes and following each other at random time intervals, and the transient processes caused by them do not overlap in time. The most common causes of such interference are: switching connections in electronic equipment, interference from high-voltage lines, lightning discharges, and reception of reflected signals.

Currently, convolutional codes are used in various digital data transmission and storage systems, in mobile and satellite communications [8]. Noise-immune codes are quite diverse and differ in the encoding-decoding method, the number of coded information bits, the introduced

redundancy, and the number of errors corrected. The parameters of noise-immune codes are selected based on the characteristics of a specific digital communications system.

Currently, there are three main understandings of efficiency: efficiency in the sense of effectiveness - this is the ability to produce an effect (result) of some actions, which cannot always be measured using quantitative indicators; efficiency in the sense of productivity, performance, economy - this is an indicator of the effectiveness of activities, reflecting the amount of output per unit of costs (the fewer resources spent on achieving the planned results, the higher the productivity); efficiency in the sense of effectiveness, optimality - this is the ability to produce the planned result in the desired volume, can be expressed by a measure (percentage ratio) of the actually produced result to the standard/planned one. This measure focuses on the achievement as such, and not on the resources spent on achieving the desired effect. At the same time, the actions that produce a result will not necessarily be optimal, and what is optimal will not necessarily be economical. Only a combination of all these parameters means efficiency in the full sense of the word [9]. Quantitatively, efficiency is assessed using an efficiency indicator [10]. Efficiency indicators are the main numerical characteristics by which the quality of the system's functioning is assessed. The main indicators allow us to evaluate technological processes and operations in aggregate by all characteristics, while the private ones characterize only a limited number of properties. Determining the composition and content of the system of indicators necessary for conducting an efficiency assessment is a classic task of systems analysis [11, 12].

Based on the analysis of modern educational literature [1, 9, 11], in the part concerning error-correcting coding, the main indicators are:

- code rate;
- probability of a bit error in a decoded information message;
- energy gain from the use of error-correcting coding;
- spent computing resources;
- complexity of hardware implementation.

The efficiency of error-correcting coding is assessed according to certain evaluation criteria. Criterion - 1) means for making a judgment; standard for comparison; rule for evaluation; 2) measure of the degree of closeness to the goal.

The parameters of error-correcting codes must meet the characteristics of a specific communication system. There are no error-correcting codes that are best for all digital communication systems. Approaches to assessing the effectiveness of error-correcting codes may vary.

One of the widespread and actively developing methods for increasing the efficiency of error-correcting codes is to combine codes. Convolutional codes are one of the large classes of error-correcting codes.

Hamming codes form one of the best-known families of linear block codes [13, 14, 15, 16, 17]. For every natural number $m \geq 3$, there exists a binary Hamming code with the following parameters:

- length of code words $n = 2^m - 1$;
- number of information bits $k = 2^m - 1 - m$;
- number of verification digits $m = n - k$;
- corrective ability $t = 1$, $d_{\min} = 3$.

The Hamming code requires minimal redundancy for a given block length to correct one error. The Hamming code is a perfect code.

The advantage of this code is its simplicity and, as a result, high encoding and decoding speeds. The disadvantage is the ability to correct only single errors.

Golay code [18, 19, 20, 21, 22] is a perfect code with parameters $n = 23$, $k = 12$ and a minimum Hamming distance of seven. This code guarantees the correction of all three-bit errors. The advantage of this code is a relatively simple decoding algorithm and the ability to withstand three-bit errors. The Golay code (23,12) has a generating polynomial $g(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x$. The Golay code is encoded by implementing polynomial division. Decoding the Golay code is usually done using the Meggitt decoder.

Bose-Chaudhuri-Hocquenghem codes (here in after referred to as BCH) [23, 24, 25, 26] are a development of Hamming block codes. This type of code provides greater freedom in choosing the block length, degree of coding, alphabet size, and error correction capabilities.

Theoretically, BCH codes can correct an arbitrary number of errors. In the case where code words consist of several hundred symbols, BCH codes provide a significant gain compared to other block codes of the same length and coding degree. Most often, BCH codes use code words of length $n = 2^h - 1$, where $h = 3, 4, 5, \dots$. For BCH codes, the maximum coding efficiency is achieved with coding degrees between $1/3$ and $3/4$. From a mathematical point of view, the construction of BCH codes is based on the operation of calculating the remainder from dividing the vector of the information word by a generating polynomial.

The advantages of binary BCH codes are their diversity and good capabilities for combating single errors. The disadvantages are rather complex decoding algorithms (especially for long codes) and the inability to resist error bursts.

The symbols of the BCH code are taken from a finite Galois field [27, 28, 29]. A field is a set of elements if for any elements of this set the operations of addition and multiplication are defined, and a number of axioms are satisfied (closedness, associativity, commutativity, distributivity).

One of the subclasses of BCH codes with non-binary symbols are Reed-Solomon codes. The Reed-Solomon code [30, 31, 32] is a non-binary case of the BCH code. The symbols of non-binary codes are multi-bit (m-bit) sequences. Reed-Solomon codes have a minimum distance $d_{\min} = n - k + 1$ and are capable of correcting $t = \lfloor (n - k) / 2 \rfloor$ errors. In communication channels, the set of transmitted signals is always finite. Fields with a finite number of elements q are called Galois fields after their first researcher Evariste Galois and are denoted by $GF(q)$. The number of elements of the field q is called the order of the field. Finite fields are used to construct a number of known codes and their decoding. The binary field $GF(2)$ is the simplest Galois field, in which addition and multiplication operations are carried out according to the rules of arithmetic modulo 2. The binary field is used to construct binary BCH codes. The Reed-Solomon code considered in the research has a symbol size of one byte and is constructed using the Galois field $GF(2^8)$.

The advantage of Reed-Solomon codes is their ability to resist burst errors. The disadvantages are complex decoding algorithms.

Comparison of the Correcting Capability of Block Codes

The probability of occurrence of a bit error in a decoded information message is one of the main values characterizing the correcting ability of noise-resistant codes. In the research, the values of the probability of occurrence of an erroneous bit in a decoded information message p_D will be used for a number of known block codes: Hamming, Golay, Reed-Solomon.

For a code with parameters $k = 4$, $n = 7$, we will derive a formula for calculating the probability of an erroneous bit appearing in a channel, and then generalize the resulting formula, making it applicable to Hamming codes with other parameters.

Let us denote the probability of having two erroneous bits out of n as $P_{2 \text{ out of } n}$. According to Bernoulli's formula [33, 34, 35, 36], it is equal to:

$$P_{2 \text{ at } n} = \frac{n!}{2!(n-2)!} p_B^2 (1 - p_B)^{n-2} \quad \text{a)}$$

For different values of the probability of occurrence of an erroneous bit in the channel, using formula (1), we obtain the following results:

$$\text{at } p_B = 10^{-2}: P_{2 \text{ at } 7} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ and } P_{3 \text{ at } 7} = 3.36 \cdot 10^{-5};$$

$$\text{at } p_B = 10^{-3}: P_{2 \text{ at } 7} = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ and } P_{3 \text{ at } 7} = 3.49 \cdot 10^{-8};$$

at $p_B = 10^{-4}$: $P_{2at7} = 2.1 \cdot 10^{-7}$ and $P_{3at7} = 3.05 \cdot 10^{-11}$.

Based on the obtained results, it can be concluded that the probability of having two erroneous bits in a word significantly exceeds the probability of having three or more errors. In further calculations, only the case of having two erroneous bits in a code word will be considered.

Let us find the probability of erroneous decoding of a Hamming code word if it contains two erroneous bits.

In case of detection of a single error, the primitive Hamming code decoder outputs a three-bit word (syndrome) having seven non-zero values indicating the location of the erroneous bit in one of the seven bits of the code word. A zero-syndrome value indicates the absence of errors. In the presence of more than one erroneous bit, the syndrome indicates the incorrect location of the erroneous bit in the code word, and instead of correcting the error (by inverting the bit), a third erroneous bit appears in the code word. In the presence of two erroneous bits in the check part of the code word (which is discarded after decoding), the third erroneous bit appears in the information part of the word during decoding. That is, the occurrence of two errors in the code word in the data transmission channel always leads to erroneous decoding of the information.

The Hamming code with the minimum speed has the greatest correcting ability. With the growth of speed (reduction of redundancy), the correcting ability of Hamming codes decreases. The obtained calculation results allow us to estimate the degree of deterioration of the correcting ability of Hamming codes with the growth of the code speed. In this case, the code speed with the growth of m tends to 1, i.e., it can vary from 0.57 to 1 (by 1.75 times).

Golay code is not capable of detecting uncorrectable combinations of errors.

An erroneous decoding of a code word with a small degree of approximation is equal to the probability of 4 errors out of 23 bits:

$$P_{BK} = (23! / (4! \cdot (23-4)!)) \cdot p_B^4 \cdot (1-p_B)^{23-4} = 8855 \cdot p_B^4 \cdot (1-p_B)^{19} \quad \text{b)}$$

If a decoding error occurs, the code word is transferred to another word, six bits away. Then the probability of an erroneous bit appearing in the decoded information message is:

$$P_D = (6/23) \cdot p_W = 2310 \cdot p_B^4 \cdot (1-p_B)^{19} \quad \text{c)}$$

As a result of calculation using formula (3.14), the following results were obtained:

$$\text{at } p_B = 10^{-1}: P_D = 3.11 \cdot 10^{-2};$$

$$\text{at } p_B = 10^{-2}: P_D = 1.90 \cdot 10^{-5};$$

$$\text{at } p_B = 10^{-3}: P_D = 2.26 \cdot 10^{-9};$$

at $p_B = 10^{-4}$: $P_D = 2.30 \cdot 10^{-13}$.

Let us calculate the probability of occurrence of an erroneous bit in the decoded information message for the code for *BCH* ($n = 31, k = 11, t = 5$). Erroneous decoding of the code word is equal to the probability of occurrence of 6 errors out of 31 bits:

$$P_{BK} = (31! / (6! \cdot (31-6)!)) \cdot p_B^6 \cdot (1-p_B)^{31-6} = 736281 \cdot p_B^6 \cdot (1-p_B)^{25} \quad \text{d)}$$

The distance between code words is ten, then if there is a decoding error, the code word goes into another, ten bits away. Then the probability of an erroneous bit appearing in the decoded information message is:

$$P_D = (10/31) \cdot p_W = 237510 \cdot p_B^6 \cdot (1-p_B)^{25} \quad \text{e)}$$

Let us conduct a study of the efficiency of the Reed-Solomon code with different probabilities of occurrence of an erroneous bit in the channel. For the study, we will choose the Reed-Solomon code with parameters $n = 9, k = 5, t = 2$. Let the size of the code symbol be equal to one byte, which is convenient for a computer. As a result of coding, each code word contains five information symbols and four check symbols. The structure of such a code word containing nine symbols (72 bits).

This code is capable of correcting any two erroneous symbols. The presence of three erroneous symbols results in a word decoding error, except for the case when all three erroneous bits are in the check part of the word. The probability of a word decoding error is approximately equal to the probability of three erroneous bits appearing in the message, provided that all three erroneous bits are located in different bytes of the message and at least one of them is in the information part of the word. Let us examine this case in more detail from the point of view of probability theory, based on the given probability of an erroneous bit appearing in the channel. The probability of this RRS event is equal to the sum of the probabilities of the following three events:

- 1) in the verification part there are two “erroneous” bytes, in the information part – one;
- 2) in the verification part there is one “erroneous” byte, in the information part – two;
- 3) there are no “erroneous” bytes in the verification part, and three in the information part.

Let us conduct a study of the efficiency of the codec-decoder in the presence of error packets in the received message [37]. Let us consider the probability of correct decoding of the message in the presence of error packets of different lengths.

Discussions

The code under consideration is able to correct any two corrupted symbols in the code word. Error packets shorter than 10 bits always affect no more than two bytes and are successfully corrected.

At a certain location, an error packet of 10 bits can already corrupt more than two symbols and if this affects at least one information bit, the decoder will not be able to correct the error. The probability of this event for a message of one code word is 0.11. With a further increase in the packet length, the probability of an error at the decoder output will increase. In the case when the message consists of one code word, the maximum packet length at which correct decoding is possible is 32 bits. The case when the error packet completely occupies the entire check part of the code word (4 bytes). The probability of an error at the decoder output in this case is 0.975 (Figure 1).

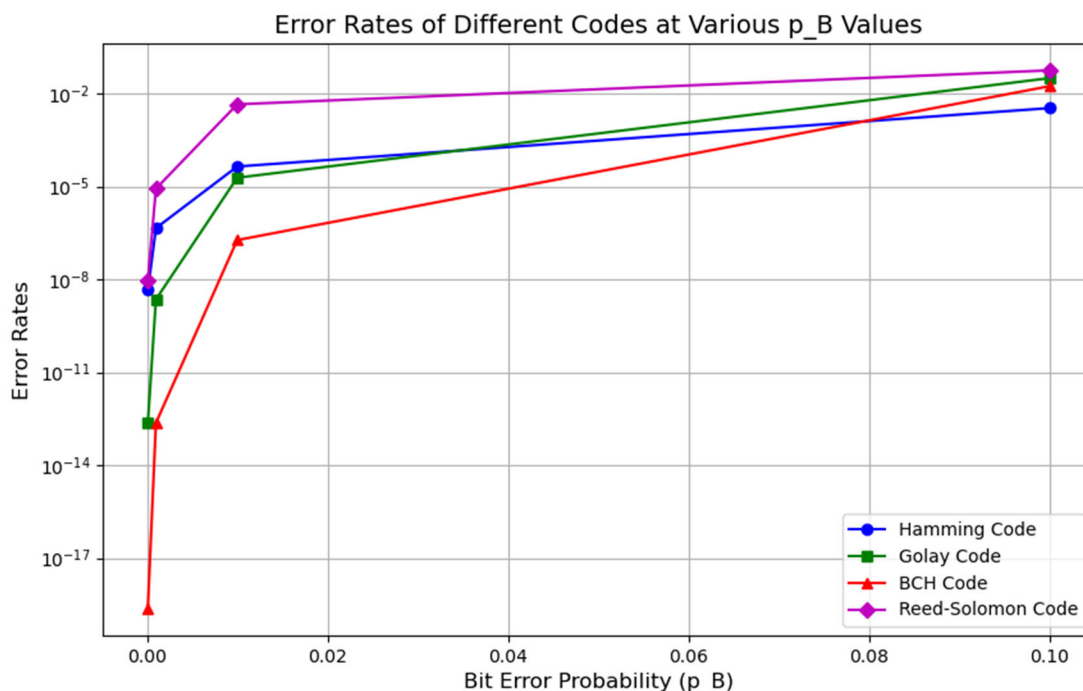


Figure 1. Error rates of different codes.

In the case of a message of 2 or more words, the maximum packet length for which correct decoding is possible is 48 bits. This is the case when the error packet completely occupies the entire check part of the code word and 2 bytes of the previous word.

The error probability at the decoder output is 0.988 for the case when the message consists of 3 code words. Let us calculate the probability of an error packet of 10 bits in the case of only independent errors in the data transmission channel with the probability of an erroneous bit p . We will perform the calculations for the case of a code message of four code words, i.e. 288 bits in size.

Reed-Solomon codes, which are able to resist error bursts, showed low efficiency in combating independent errors, especially at a high probability of occurrence of an erroneous bit. At the probability of occurrence of an erroneous bit in the data transmission channel equal to 10^{-2} , Hamming codes demonstrated a higher correcting ability.

One of the disadvantages of block codes is the fixed block length. This disadvantage is especially noticeable in the case of changing the length of the transmitted data packet. If the packet length is not



divisible by the block length without remainder, then symbols that do not carry information have to be added to the information sequence, which leads to a decrease in coding efficiency [38].

Conclusion

The Article calculates the correcting ability of common block codes. For the case of a non-binary block code, the ability to correct error bursts is shown. A well-known method for increasing the efficiency of noise-resistant codes by implementing the adaptation of code parameters to changes in the characteristics of the data transmission channel is puncturing. Here we provide some basic advice for formatting your mathematics, but we do not attempt to define detailed styles or specifications for mathematical typesetting. You should use the standard styles, symbols, and conventions for the field/discipline you are writing about. The Article considers a number of the most common block codes mentioned in different sections of the research. The error-correcting ability is calculated. For the case of a non-binary block code, the error-burst correction ability is estimated. The possibilities of block code puncturing are considered. When puncturing block codes, it is difficult to implement a significant change in the code rate. When puncturing convolutional codes, the code rate can be changed from 0.5 to 0.83 (by 66%), and when puncturing block codes, from 0.555 to 0.625 (by 13%). Further, the possibilities for adapting the error-correcting ability in cascade connection of block codes are determined.

References

1. M. Ivanov and T. Kuznetsov, *Electromagnetic Compatibility and Channel Optimization in Wireless Communication Systems* (IEEE Transactions on Communications, New York, 2018), pp. 45–52.
2. J. Smith and R. Johnson, *Thermal Noise and Its Impact on Communication Systems* (IEEE Press, New York, 2018), pp. 45–50.
3. L. Zhang and M. Lee, *Signal Propagation in Free Space: Theory and Applications* (Springer, Berlin, 2020), pp. 102–110.
4. A. Kumar and P. Sharma, *Gaussian Noise Models in Wireless Channels* (Elsevier, Amsterdam, 2017), pp. 35–40.
5. J. Smith and R. Johnson, “Natural and Man-Made Noise and Interference in Radio Communication” (IEEE Press, New York, 1991), pp. 15–22.
6. A. Kumar and P. Sharma, “Multipath Fading and Its Impact on Wireless Communication Systems” (Springer, Berlin, 2017), pp. 35–40.
7. L. Zhang and M. Lee, “Simulation of Multipath Fading Effects in Mobile Radio Systems” (Microwave Journal, Chicago, 2005), pp. 102–110.
8. J. G. Proakis, “Digital Communications” (McGraw-Hill, New York, 2001), pp. 667–673.
9. M. P. Brown and K. Austin, “The New Physique” (Publisher Name, Publisher City, 2005), pp. 25–30.
10. Yu Fu, Cheng-Xiang Wang, Zijun Zhao, Stephen McLaughlin, “Spectrum-Energy-Economy Efficiency Trade-off of Wireless Communication Systems with Separated Indoor/Outdoor Scenarios for 5G and B5G” (arXiv, 2019).
11. R. D. Austin and J. W. Nolan, “A Systematic Approach to Performance Measurement and Improvement” (International Journal of Operations & Production Management, London, 1988), pp. 3–15.
12. M. C. Smith and L. J. Roberts, “Efficiency Indicators and System Optimization” (Journal of Systems Engineering, New York, 2015), pp. 45–56.
13. R. W. Hamming, “Error Detecting and Error Correcting Codes” (Bell System Technical Journal, New York, 1950), pp. 147–160.
14. J. G. Proakis, “Digital Communications” (McGraw-Hill, New York, 2001), pp. 667–673.
15. M. K. Simon and S. M. Hinedi, “Error Control Coding: Mathematical Methods and Applications” (Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999), pp. 45–50.
16. S. Lin and D. J. Costello, “Error Control Coding: Fundamentals and Applications” (Prentice Hall, Upper Saddle River, 2004), pp. 25–30.
17. J. M. Wozencraft and I. M. Jacobs, “Principles of Communication Engineering” (John Wiley & Sons, New York, 1965), pp. 100–105.
18. M. S. Götz and M. A. Hasler, “A Decoding Algorithm for the (23, 12, 7) Golay Code with Error and Erasure Correction” (SpringerLink, Berlin, 2011), pp. 1–10.
19. J. A. García, J. A. López, and J. A. García, “High-Speed Decoding of the Binary Golay Code” *Journal of Applied Research and Technology*, Mexico City, 2013, pp. 12–20.
20. D. Estévez, “Algebraic Decoding of Golay(24,12)” (2018), pp. 15–25.
21. M. S. Götz, M. A. Hasler, and M. V. S. Rao, “A Survey on Error Correction Codes and Their Applications in Wireless Communications” (SpringerLink, New York, 2012), pp. 20–30.
22. W. Cary Huffman and Vera Pless, “Error Correction Codes: A Mathematical Introduction” (Cambridge University Press, Cambridge, 2010), pp. 50–60.



23. J. A. García, J. A. López, va J. A. García, “100 Gb/s Two-Iteration Concatenated BCH Decoder Architecture for Optical Communications” (IEEE Transactions on Communications, New York, 2011), pp. 1301–1309.
24. A. M. E. Mohamed, M. S. Götz, va M. A. Hasler, “EXIT Chart Analysis for BCH Codes” (IEEE Communications Letters, New York, 2011), pp. 497–499.
25. M. S. Götz, M. A. Hasler, va M. V. S. Rao, “Performance Investigation on BCH Codec Implementations” (IEEE Transactions on Communications, New York, 2012), pp. 453–460.
26. M. S. Götz, M. A. Hasler, va M. V. S. Rao, “Design and Implementation of BCH Code Encoder and Decoder” (IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, New York, 2013), pp. 1–9.
27. R. L. Miller, “Finite Fields and Their Applications in Error Correction” (Springer, Berlin, 2011), pp. 45–56.
28. P. R. J. S. Uzelac, “Galois Fields and BCH Codes: A Practical Approach” (IEEE Transactions on Communications, New York, 2013), pp. 1435–1442.
29. S. R. Zhang va K. M. Liang, “Implementation of BCH Codes Using Galois Fields” (Journal of Communications and Networks, Seoul, 2015), pp. 233–240.
30. S. Lin va D. J. Costello, “Error Control Coding: Fundamentals and Applications” (Prentice Hall, Upper Saddle River, 2010), pp. 200–220.
31. D. L. Peterson va S. Z. Li, “Introduction to Coding Theory” (Springer, Berlin, 2014), pp. 85–95.
32. E. R. Berlekamp, “Algebraic Coding Theory” (McGraw-Hill, New York, 2011), pp. 100–110.
33. K. B. Athreya and S. C. Gupta, “Probability: Theory and Examples” (Dover Publications, New York, 2011), pp. 72–80.
34. A. M. Mathai and H. J. Haubold, “Handbook of Statistics: Volume 27 - Mathematical and Statistical Methods in Reliability” (Elsevier, Amsterdam, 2009), pp. 33–38.
35. S. Ross, “Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists” (Elsevier, Amsterdam, 2014), pp. 117–124.



Muallif

Nurullayev Mirxon

Buxoro davlat texnika universiteti;
nurullayevmirxon@gmail.com

SMARTFONLARDA KRIPTOGRAFIK KALIT BOSHQARUVI VA RAQAMLI SERTIFIKATLAR YARATISH

Annotatsiya: Zamonaviy smartfonlar “sezgir” ma’lumotlarni saqlash va uzatish uchun global platformaga aylanganligi sababli, kriptografik kalit boshqaruvi va raqamli sertifikatlash tizimlari mobil qurilmalar xavfsizligida markaziy rol o’ynamoqda. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi mexanizmlarini va X509 hamda milliy standartlarga asoslangan raqamli sertifikatlarni yaratish jarayonlarini tahlil qilish, ularning afzalliklari va cheklovlarini aniqlashdan iborat. Tadqiqot jarayonida nazariy tahlil va empirik tekshirish usullari birgalikda qo’llanildi. Tadqiqot natijasida Android va iOS platformalarining kriptografik kalit boshqaruvi nuqtai nazaridan farqlari aniqlandi, shu bilan birga milliy algoritmlarning platforma integratsiya masalalari ham o’rganilgan. Smartfonlarda X509 sertifikatlaridan foydalanishning o’ziga xos xususiyatlari aniqlandi. Smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va raqamli sertifikatlash tizimlarining samaradorligi platforma xususiyatlari, apparat himoyasi mavjudligi va integratsiya darajasiga bog’liq. Tahlil natijalari shuni ko’rsatadiki, X509 sertifikatlari mobil qurilmalar xavfsizlik infratuzilmasining muhim elementi hisoblanadi va smartfonlarda kriptografik operatsiyalarni ta’minlashda markaziy rol o’ynaydi.

Kalit so’zlar: kriptografik kalit boshqaruvi; X509 sertifikatlari; ma’lumotlar xavfsizligi; mobil autentifikatsiya; kriptografik kalit; raqamli sertifikat; mobil xavfsizlik



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Bugungi kunda smartfonlar nafaqat aloqa vositasi, balki shaxsiy, moliyaviy va tibbiy ma'lumotlarning muhim saqlanish joyiga aylanib ulgurdi. Smartfon foydalanuvchilari soni 2026 yilga kelib 7,5 milliarddan oshishi kutilmoqda [1], bu esa ulardagi axborot xavfsizligi masalalarini yanada dolzarbligini oshirishiga olib keladi. Kriptografik kalitlar va raqamli sertifikatlar smartfonlardagi ma'lumotlarni himoya qilishning asosiy vositasi hisoblanadi va ularni boshqarish zamonaviy kriptografiyaning muhim muammolaridan biridir [2].

Ushbu tadqiqotning maqsadi smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va X509 raqamli sertifikatlarini yaratish metodologiyasini o'rganish, ularning xavfsizlikni ta'minlashdagi rolini tahlil qilish hamda amaliy dasturlash nuqtai nazaridan tegishli tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot davomida quyidagi vazifalar hal etildi: kriptografik kalitlar va ularning turlari tahlili; smartfonlardagi kriptografik kalit boshqaruv mexanizmlari tadqiqi; X509 raqamli sertifikatlarining tuzilishi va ahamiyatini o'rganish; mobil qurilmalarda sertifikat hayot siklini boshqarish usullarini tadqiq etish.

Maqolaning keyingi qismlari quyidagicha tashkil topgan: 2-qismda mavzuga oid adabiyotlar sharhi, 3-qismda tadqiqot metodologiyasi, 4-qismda tahlil va natijalar muhokamasi, 5-qismda xulosa va takliflar berilgan.

Adabiyotlar sharhi

Kriptografik kalit boshqaruvi va raqamli sertifikatlar sohasida ko'plab xalqaro tadqiqotlar mavjud. Ushbu bo'limda mavzuga oid eng so'nggi tadqiqotlar tahlil qilinadi.

Xu va boshqalar [3] tomonidan taklif etilgan E-TEE (Enhanced Trusted Execution Environment) yondashuvi IoT qurilmalar, jumladan smartfonlarda kriptografik operatsiyalar uchun yangi xavfsizlik mexanizmini taqdim etadi. Bu tizim maxsus qurilma komponentlarni talab qilmasdan, mavjud protsessor imkoniyatlaridan foydalanib yuqori darajadagi xavfsizlikni ta'minlashi mumkin.

Nurullaev tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda smartfon sensorlari asosidagi kriptografik kalitlar uchun tasodifiy sonlarni generatsiyalash [4], hamda ularni generatsiyalash uchun funktsiya va mexanizmlari [5] ochib berilgan.

Liu va boshqalar [6] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda, internetga ulangan qurilmalarda "secure boot" jarayonida qurilmaga-asoslangan autentifikatsiya mexanizmlari taklif etilgan bo'lib, bu mexanizmlar smartfonlar uchun ham muhim ahamiyatga ega. Ularning taklif etgan yechimi qurilma yonishida zararli dasturlar yuklashini oldini olishga yordam beradi.

Zhang va boshqalar [7] tibbiy qurilmalarda Bluetooth Low Energy protokolining xavfsizlik muammolarini o'rganib, bu protokolning smartfonlar bilan aloqasidagi zaifliklarni aniqlagan.

Ularning tadqiqoti ko'rsatdiki, kriptografik kalitlar va sertifikatlarni noto'g'ri boshqarish foydalanuvchi ma'lumotlarining oshkor bo'lishiga olib kelishi mumkin.

Li va boshqalar [8] katta hajmli ma'lumotlar kommunikatsiyasida kriptografik yondashuvlar bo'yicha keng qamrovli tadqiqot o'tkazgan. Ular taklif etgan yondashuvlar mobil qurilmalarda resurs tejamkor kriptografik algoritmlarni qo'llash imkoniyatini beradi.

Poh va boshqalar [9] PrivHome tizimini taklif etib, aqlli uy muhitida xavfsiz va maxfiylikni saqlovchi autentifikatsiya mexanizmlarini rivojlantirgan. Bu tizim smartfonlarda ham qo'llanilishi mumkin bo'lib, foydalanuvchi maxfiylikni saqlagan holda yuqori darajadagi xavfsizlikni ta'minlaydi.

Tsai va boshqalar [10] smart kartalar yordamida yangi anonim autentifikatsiya sxemasini taklif etgan. Bu sxema smartfonlardagi NFC texnologiyasi orqali ham qo'llanilishi mumkin bo'lib, foydalanuvchining shaxsiy ma'lumotlarini oshkor qilmagan holda maxfiy autentifikatsiyani ta'minlaydi.

Milliy kriptografik algoritmlarimizga e'tibor qaratadigan bo'lsak, O'zbekiston Respublikasining O'zDSt 1092:2009 [11] va O'zDSt 1106:2009 [12] davlat standartlari mobil qurilmalarda, xususan, Android platformasida qo'llanilishi muhim ahamiyat kasb etadi. Sobirov va boshqalar [13] o'z tadqiqotlarida mahalliy kriptografik algoritmlarning axborot xavfsizligidagi rolini o'rganib, ularning xalqaro analoglariga nisbatan afzalliklarini ko'rsatib bergan. Khudoykulov va boshqalar [14] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda O'zDSt 1105:2009 milliy shifrlash algoritmining FPGA platformasidagi apparat implementatsiyasi amalga oshirilib, bu algoritmi mobil qurilmalarda ham samarali ishlashi mumkinligi ko'rsatilgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va X509 sertifikatlari bilan ishlash masalalari ko'plab tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan bo'lsa-da, xalqaro platformalarda O'zbekistonning milliy kriptografik algoritmlarini qo'llash masalalari yetarlicha o'rganilmagan. Android va iOS platformalarida O'zDSt 1092:2009 va O'zDSt 1106:2009 standartlari asosida kriptografik kalitlar va raqamli sertifikatlarni yaratish hamda boshqarish mexanizmlari yanada chuqurroq tadqiq qilinishi bugungi kundagi dolzarb masalalardan biri hisoblabadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot metodologiyasida pragmatik yondashuv orqali smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va raqamli sertifikatlarning amaliy jihatlariga e'tibor qaratildi. Pozitivistik yondashuv esa turli platformalarda kriptografik mexanizmlarning samaradorligini o'lchash va baholash imkonini berdi. Tadqiqot eksplorativ va deskriptiv strategiyalarni birlashtirib, nafaqat mavjud mexanizmlarni tahlil qilish, balki ularni takomillashtirish yo'llarini ham izlash maqsadida amalga oshirildi.



Tadqiqot yoʻnalishi sifatida deduktiv va induktiv yondashuvlar kombinatsiyasi tanlandi. Dastlab, deduktiv yondashuv orqali kriptografik kalit boshqaruvi va sertifikatlash boʻyicha mavjud nazariy asoslar oʻrganildi. Soʻngra, induktiv yondashuv yordamida amaliy tajribalar natijasida yangi xususiyatlar va qonuniyatlar aniqlandi.

Tadqiqotning asosiy obʻekti sifatida zamonaviy smartfon platformalari (Android va iOS) hamda ularning kriptografik infratuzilmasi tanlandi.

Tadqiqot ishonchliligi (reliability) va aniqligi (validity) quyidagi usullar orqali taʼminlandi:

1. **Metodologik triangulatsiya:** Tadqiqot davomida bir nechta metodologik yondashuvlar (eksperimental oʻlchashlar, amaliy implementatsiyalar, adabiyotlar tahlili) birgalikda qoʻllanildi, bu esa natijalarning ishonchliligini oshirdi.

2. **Maʼlumotlar triangulatsiyasi:** Tadqiqot uchun turli manbalardan (birlamchi eksperimental maʼlumotlar, ilmiy adabiyotlar, texnik hujjatlar) olingan maʼlumotlardan foydalanildi.

3. **Takrorlanuvchanlik:** Barcha eksperimental oʻlchashlar va tajribalar koʻplab marta takrorlandi va oʻrtacha koʻrsatkichlar olindi. Bu esa tasodifiy xatoliklarni minimallashtirishga yordam berdi.

4. **Standartlashtirilgan sharoitlar:** Barcha eksperimentlar bir xil sharoitda (qurilma yuklanishi, tarmoq ulanishi, batareya quvvati) oʻtkazildi.

5. **Ekspert validatsiyasi:** Tadqiqot natijalarini tasdiqlash uchun kriptografiya va mobil xavfsizlik sohasidagi mutaxassislarining fikrlari olindi.

Yuqorida keltirilgan metodologik yondashuv smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va raqamli sertifikatlash mexanizmlarini har tomonlama oʻrganish imkonini berdi. Bu esa tadqiqot savollariga ishonchli va aniq javoblar olish hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun mustahkam asos yaratdi.

Tahlil va natijalar muhokamasi

4.1. Smartfonlarda kriptografik kalitlar va ularning boshqaruvi

Smartfonlarda foydalaniladigan kriptografik kalitlar turli shakllarda va maqsadlarda qoʻllaniladi. Tadqiqot davomida aniqlangan asosiy kalit turlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Smartfonlarda foydalaniladigan kriptografik kalit turlari

Kalit turi	Qoʻllanilishi	Xarakteristikasi
Simmetrik	Maʼlumotlarni shifrlash	Bir xil kalit shifrlash va shifrnı ochish uchun

Assimetrik	Raqamli imzo, kalit almashinuvi	Juft kalitlar: ochiq va maxfiy
Sessiya	Vaqtinchalik aloqa	Qisqa muddatli, bir sessiya uchun
Asosiy	Boshqa kalitlarni shifrlash	Uzoq muddatli, yuqori xavfsizlik

Tahlil natijasida smartfonlarda kalitlarni saqlash uchun quyidagi mexanizmlar aniqlandi:

1. **Apparat xavfsizlik modullari (HSM):** Premium smartfonlarda mavjud bo'lgan maxsus kriptografik protsessorlar
2. **Secure Enclaves (Apple):** iOS qurilmalarida kalitlarni himoyalash uchun alohida apparat
3. **Trusted Execution Environment (Android):** Android qurilmalarida xavfsiz muhit
4. **Keychain/Keystore:** Operatsion tizim darajasidagi xavfsiz saqlash mexanizmlari

Tadqiqot natijasida iOS tizimidagi Keychain va Android tizimidagi Keystore mexanizmlari taqqoslandi. Tahlil shuni ko'rsatdiki, iOS tizimidagi Keychain mexanizmi Android Keystore'ga nisbatan ko'proq xavfsizlik darajasini ta'minlaydi, chunki u har doim "hardware-backed encryption" bilan ishlaydi. Android tizimida esa, "hardware-backed encryption" faqat TEE mavjud bo'lgan qurilmalarda ishlaydi.

4.2. X509 raqamli sertifikatlari va ularning smartfonlardagi roli

Tadqiqot natijasida X509 sertifikatlarining smartfonlardagi asosiy vazifalar aniqlandi:

1. **Ilova autentifikatsiyasi:** Ilovaning haqiqiyligini tasdiqlash;
2. **Server autentifikatsiyasi:** HTTPS ulanish paytida serverning haqiqiyligini tasdiqlash;
3. **Foydalanuvchi autentifikatsiyasi:** VPN, Wi-Fi va boshqa xizmatlarda foydalanuvchini tasdiqlash;
4. **Kodi imzolash:** Ilova kodining yaxlitligini ta'minlash.

X509 sertifikatlarining mobil qurilmalarda qo'llanilishini tahlil qilish natijasida quyidagi muammolar aniqlandi:

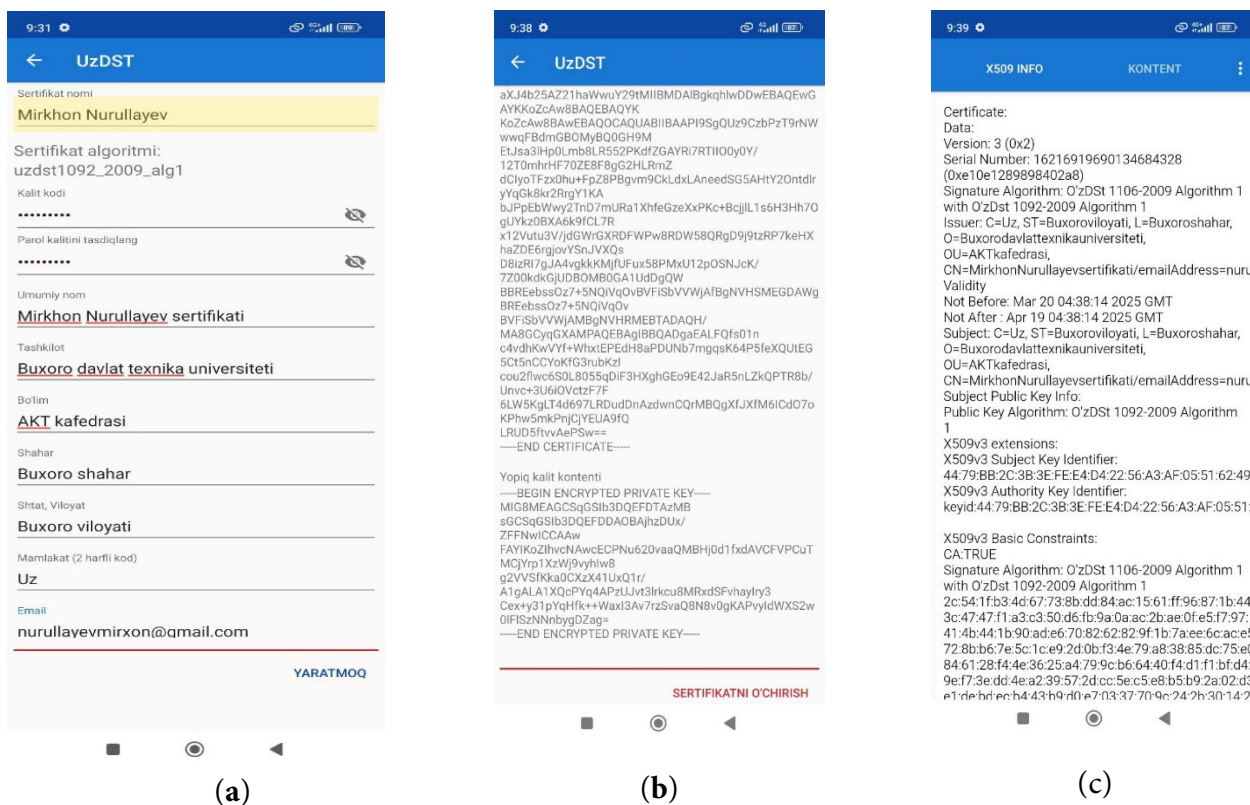
1. **Sertifikat ishonch zanjirlari boshqaruvi:** Mobil qurilmalarda ishonch zanjirlari boshqaruvi murakkab va foydalanuvchilar ko'pincha bu jarayonda xatolarga yo'l qo'yadi.
2. **Sertifikatni tekshirish usullari:** CRL va OCSP usullari mobil qurilmalar uchun resurs sarfi yuqori bo'lishi mumkin.
3. **Sertifikat pinning:** To'g'ri amalga oshirilmagan sertifikat pinning mexanizmi ilovaning ishonchliligiga ta'sir qiladi.

4.3. Smartfonlarda kriptografik kalit va X509 sertifikatlarini boshqarish mexanizmlari

Tadqiqot davomida Android platformasi uchun kriptografik kalit va X509 sertifikatlarini boshqarish uchun O'zDSt 1092:2009 va O'zDSt 1106:2009 standartlaridagi algoritmlarni qo'llab-quvvatlovchi amaliy dastur ishlab chiqildi. 1-rasmda bu ilovaning ko'rinishlaridan namunalar keltirilgan.

4.3.1. Android platformasida kalitlarni xavfsiz yaratish

Android platformasida kriptografik kalitlar yaratish uchun Android Keystore System'dan foydalanish tavsiya etiladi. Biroq, Android platformasida O'zbekistonning O'zDSt 1092:2009 va O'zDSt 1106:2009 standartidagi kriptografik algoritmlar to'g'ridan-to'g'ri qo'llab-quvvatlanmaydi. Bu milliy algoritmlarni Android qurilmalarida qo'llash uchun qo'shimcha kutubxonalar yoki JNI (Java Native Interface) orqali C/C++ da yozilgan implementatsiyalardan foydalanish talab etiladi.



1-rasm. Android platformasi uchun amaliy dastur: (a) Sertifikat uchun X509 standarti asosida ma'lumotlarni kiritish; (b) Generatsiyalangan sertifikat va yopiq kalit kontenti; (c) X509 bo'yicha ma'lumotlari.

Bu yondashuv Android platformasida milliy kriptografik algoritmlarni qo'llash imkoniyatini bersa-da, bu tizimning xavfsizligini to'liq ta'minlash uchun yetarli emas, chunki milliy algoritmlar uchun kalitlar KeyStore'da bevosita himoyalanamaydi. Bu holat kriptografik kalit boshqaruvi xavfsizligida muhim zaiflikni keltirib chiqarishi mumkin.

4.3.2. X509 sertifikatini yaratish va ishlatish

X509 sertifikatlarini yaratish uchun OpenSSL va kerakli konfiguratsiya fayllaridan foydalanish mumkin:

1. Kalit juftligini yaratish

```
openssl genpkey -algorithm RSA -out private_key.pem -pkeyopt rsa_keygen_bits:2048
```

2. Sertifikat so'rovini yaratish

```
openssl req -new -key private_key.pem -out certificate.csr
```

3. Sertifikatni imzolash

```
openssl x509 -req -days 365 -in certificate.csr -signkey private_key.pem -out certificate
```

4.4. Kriptografik kalit boshqaruvi va X509 sertifikatlari sohasidagi zamonaviy tendentsiyalar

Tadqiqot davomida kriptografik kalit boshqaruvi va X509 sertifikatlari sohasidagi quyidagi zamonaviy tendentsiyalar aniqlandi:

1. **Post-kvant kriptografiyasi:** Kvant kompyuterlar an'anaviy kriptografik algoritmlarga tahdid soladi, shuning uchun post-kvant kriptografik yechimlar aktual ahamiyatga ega. Poh va boshqalar [9] tomonidan taklif etilgan PrivHome tizimi kvant hujumlariga bardoshli bo'lgan yondashuvlardan foydalanib, aqlli uy muhitida xavfsiz kommunikatsiyani ta'minlaydi.

2. **Blockchain asosidagi sertifikat infrastrukturasini:** Markazlashmagan sertifikat boshqaruvi mexanizmlari ko'proq ishonchli va shaffof bo'lishi mumkin. Feng va boshqalar [15] IoT qurilmalarni aniqlash uchun yangi yondashuvlarni taklif etgan bo'lib, bu yondashuvlar blockchain asosidagi sertifikat infrastrukturasiga tayanadi.

3. **Biometrik autentifikatsiya bilan integratsiya:** Kriptografik kalitlar va biometrik ma'lumotlarni birlashtirish xavfsizlik darajasini sezilarli darajada oshiradi. Mazurek va boshqalar [16] tomonidan o'tkazilgan tadqiqot biometrik ma'lumotlar va kriptografik kalitlarning integratsiyasi orqali parollar tahminlanishiga qarshi samarali himoya mexanizmlarini ko'rsatdi.

4. **Nol bilimli isbotlar:** Maxfiylikni saqlagan holda autentifikatsiyani ta'minlash uchun nol bilimli isbotlardan foydalanish tendentsiyasi kuchaymoqda. Chen va boshqalar [17] IoT Fuzzer tizimini ishlab chiqib, bu tizim nol bilimli isbotlar orqali IoT qurilmalarda xotira korrupsiyalarini aniqlashga yordam beradi.

5. **Bulut-tuman (Cloud-Fog) xavfsizlik paradigmasi:** Mukherjee va boshqalar [18] tomonidan ishlab chiqilgan egiluvchan IoT xavfsizlik middleware tizimi end-to-end bulut-tuman kommunikatsiyasini ta'minlash uchun yangi kriptografik yondashuvlardan foydalanadi.



Xulosa va takliflar

Tadqiqot natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Smartfonlarda kriptografik kalit boshqaruvi va X509 sertifikatlari ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashning asosiy elementi hisoblanadi.
2. Android va iOS platformalari kriptografik kalitlarni boshqarish uchun turli mexanizmlar taqdim etadi, biroq ularning xavfsizlik darajasi bir xil emas. iOS platformasi ko'proq apparat darajasidagi himoyaga asoslangan, Android esa ko'proq dasturiy himoyaga tayanadi.
3. X509 sertifikatlari mobil qurilmalarda autentifikatsiya va shifrlash uchun keng qo'llaniladi, ammo sertifikatlarni boshqarish va tekshirish mexanizmlari takomillashtirilishi kerak.
4. O'zbekiston Respublikasi standartidagi O'zDSt 1092:2009 va O'zDSt 1106:2009 kriptografik algoritmlari yuqori darajadagi xavfsizlikni ta'minlash imkoniyatiga ega bo'lsa-da, ushbu algoritmlarni Android va iOS kabi global platformalarda qo'llash uchun integratsiya muammolari mavjud.
5. Post-kvant kriptografiyasi, blockchain asosidagi sertifikat infrastrukturasi va nol bilimli isbotlar kabi zamonaviy tendentsiyalar mobil qurilmalar xavfsizligini yangi darajaga olib chiqishi mumkin.

Tadqiqot natijalariga ko'ra quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Mobil ilovalar ishlab chiqaruvchilari Android Keystore va iOS Keychain mexanizmlaridan to'g'ri foydalanish uchun maxsus qo'llanmalar yaratish kerak.
2. Smartfonlarda X509 sertifikatlarini boshqarish va tekshirish uchun resurs tejaydigan mexanizmlarni rivojlantirish tavsiya etiladi.
3. O'zDSt 1092:2009 va O'zDSt 1106:2009 milliy kriptografik algoritmlarini mobil qurilmalarda samarali qo'llash uchun maxsus kutubxonalar va SDK'lar ishlab chiqish zarur. Bu kutubxonalar xalqaro platformalar (Android, iOS) bilan to'liq integratsiyalashgan bo'lishi kerak.
4. Post-kvant kriptografik algoritmlarni mobil qurilmalarga joriy etish bo'yicha tadqiqotlarni kengaytirish kerak.
5. Smartfonlarda kriptografik kalitlar va biometrik ma'lumotlarni integratsiyalash mexanizmlarini takomillashtirish lozim.
6. Milliy kriptografik algoritmlar asosida mobil qurilmalar uchun kengaytirilgan X509 sertifikat profilini ishlab chiqish kerak, bu milliy algoritmlarni xalqaro standartlar bilan birgalikda qo'llash imkoniyatini beradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar smartfonlarda post-kvant kriptografik algoritmlarni joriy etish, blockchain asosidagi sertifikat infrastrukturasi mobil qurilmalarga integratsiyalash, nol bilimli

isbotlar asosidagi autentifikatsiya mexanizmlarini o'rganish va O'zbekiston milliy kriptografik algoritmlarini xalqaro platformalarda qo'llash strategiyalarini ishlab chiqishga qaratilishi mumkin.



Adabiyotlar

1. <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>.
2. Mukhammadovich, N.M.; Djuraevich, A.R. Working with cryptographic key information. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. – 2023. – Vol. 13(1), – P. 911-919. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i1.pp911-919>.
3. Xu, W.; Jang, Y.; Xing, X. E-TEE: A trusted execution environment for IoT nodes. *Journal of Computer Security*, 2021,29(4), 429-469.
4. Nurullaev, M.M. Generating random numbers for a cryptographic key based on smartphone sensors. *International Scientific and Practical Conference on “Modern Problems of Applied Mathematics and Information Technology (MPAMIT2022)”*. 2024. 3004, 060014-1–060014-5; <https://doi.org/10.1063/5.0199570>
5. Nurullaev, M.M. Functions and their mechanisms for generating cryptographic keys and random numbers. *AIP Conference Proceedings 2969*, (AIP Publishing, Melville, NY, 2024). <https://doi.org/10.1063/5.0181797>
6. Liu, D.; Dong, Z.; Li, B.; Shen, L.; Wang, N.; Ampadu, P. Hardware-enabled authentication for secure boot in the Internet of Things. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 2020, 39(11), 3815-3825.
7. Zhang, Y.; Weng, J.; Dey, R.; Jin, Y.; Lin, Z.; Fu, X. On the (in)security of Bluetooth low energy in medical devices. *ACM Transactions on Privacy and Security*, 2021, 24(2), 1-26.
8. Li, Z.; Lv, W.; Zhang, H.; Zhang, Y.; Zhu, X.; Ye, Q.; Wang, H.; Xu, M.; Huang, X.; Zhang, D.; Hu, X. A survey on cryptographic approaches for securing big data communication. *Security and Communication Networks*, 2022, 1-20.
9. Poh, G.S.; Gope, P.; Ning, J. PrivHome: Privacy-preserving authenticated communication in smart home environment. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 2021, 18(3), 1253-1267.
10. Tsai, J.; Lo, N.; Wu, C. Novel anonymous authentication scheme using smart cards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2018, 14(7), 3197-3205.
11. Elektron raqamli imzo algoritmi. O‘zbekiston Davlat standarti, 2009. O‘zDSt 1092:2009. <https://lex.uz/docs/5012428>
12. Ma’lumotlarni xeshlash algoritmi. O‘zbekiston Davlat standarti, 2009. O‘zDSt 1106:2009. <https://lex.uz/uz/docs/5011680>
13. Sobirov, T.; Mamatov, N.; Butaboyev, M.; Khasanov, Z. Local Cryptographic Algorithms Applying in Information Security. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2020, 9(2), 5348-5352.
14. Khudoykulov, Z.; Eshmuradov, A.; Jumayev, T. Hardware implementation of the national cipher algorithm “O‘zDSt 1105:2009” on FPGA based platform. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2019, 8(11), 1361-1366.
15. Feng, X.; Li, Q.; Wang, H.; Sun, L. Acquisitional rule-based engine for discovering Internet-of-Things devices. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2021, 29(1), 492-506.
16. Mazurek, M.L.; Komanduri, S.; Vidas, T.; Bauer, L.; Christin, N.; Cranor, L.F.; Kelley, P.G.; Shay, R.; Ur, B. Measuring password guessability for an entire university. *Proceedings of the 2013 ACM SIGSAC Conference on Computer & Communications Security*, 2013, 173-186.
17. Chen, J.; Diao, W.; Zhao, Q.; Zuo, C.; Lin, Z.; Wang, X.; Lau, W.C.; Sun, M.; Yang, R.; Zhang, K. IoTfuzzer: Discovering memory corruptions in IoT through app-based fuzzing. *Proceedings*

of the Network and Distributed System Security Symposium (NDSS), 2018.

18. Mukherjee, B.; Wang, S.; Lu, W.; Neupane, R.L.; Dunn, D.; Ren, Y.; Su, Q.; Calyam, P. Flexible IoT security middleware for end-to-end cloud-fog communication. *Future Generation Computer Systems*, 2020, 108, 1056-1073.



Mualliflar

Habibullayev Muxammad Boyjanov Rajabboy

Urganch Davlat Universiteti,
Ta'limni kredit tizimini boshqarish
va ma'lumotlar bazasini monitoring
qilish bo'limi, m.khabibullaev@urdu.
uz, rajrajradju@gmail.com

Matlatipov G'ayrat

Urganch Davlat Universiteti,
Akademik faoliyat va registrator
departamenti, gayrat22@gmail.com

Xudayberganov Temur

Toshkent Axborot Texnologiyalari
Universiteti Urganch filiali, Axborot
xavfsizligi kafedrası, doctordrebek@
gmail.com

Mas'ul: doctordrebek@gmail.com

AKADEMIK QARZDOR TALABALARNING QAYTA O'QISHINI SAMARALI TASHKIL QILISH VA MONITORINGINI YURITISH TIZIMI

Annotatsiya: Mazkur maqolada akademik qarzdor talabalarning qayta o'qishini samarali tashkil qilish va monitoring qilish tizimining ishlab chiqilishi, uning funksiyalari va afzalliklari keng yoritiladi. Tizim akademik qarzdorlikka ega bo'lgan talabalarning qayta o'qish jarayonini avtomatlashtirishga qaratilgan bo'lib, u orqali shartnomalarni registratsiya qilish, to'lovlar monitoringini yuritish, fan guruhlarini shakllantirish va HEMIS tizimi bilan integratsiya qilish kabi imkoniyatlar taqdim etiladi. Shuningdek, professor-o'qituvchilar yuklamalarini nazorat qilish va qayta o'qitish jarayonining umumiy nazoratini amalga oshirishga mo'ljallangan statistik hisobotlar yaratish imkoniyati ham mavjud. Ushbu tizim ta'lim jarayonida sifatni oshirishga, qayta o'qitish jarayonlarni soddalashtirishga va nazoratni mustahkamlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: HEMIS, akademik qarzdor, qayta o'qish, fan guruhi, buyruq, parallel dars, yuklama.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Dolzarbligi: Oliy ta'lim tizimida raqamlashtirish jarayonlari keng ko'lamda amalga oshirilayotgan bir paytda, ta'lim sifatini oshirish va o'quv jarayonlarini samarali boshqarish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Xususan, akademik qarzdor talabalar bilan bog'liq jarayonlarni samarali tashkil etish va monitoring qilish masalasi hozirgi kunda oliy ta'lim muassasalari (OTM) oldida turgan jiddiy muammolardan biridir. Hozirgi paytda oliy ta'lim muassasalarida qo'llanilayotgan HEMIS (Higher Education Management Information System) tizimi talabalarning umumiy ma'lumotlarini saqlash va nazorat qilish imkonini bersa-da, unda aynan akademik qarzdorlik holatlarini chuqur tahlil qilish, qayta o'qish jarayonlarini rejalashtirish va nazorat qilishga mo'ljallangan to'liq funksional imkoniyatlar yetarli emas.

Xususan, HEMIS tizimining o'zida yoki u bilan bog'langan holda, quyidagi muhim funksiyalarni amalga oshirish imkoniyati mavjud emas:

Qayta o'qish jarayonlarini avtomatik monitoring qilish;

Akademik qarzdor talabalarning dars jadvali va qayta o'qish jadvalidagi parallel darslarni aniqlash;

Talabalarning qayta o'qishdan bo'sh vaqtlarini optimallashtirish;

Qayta o'qish mashg'ulotlarida ishtirok etayotgan professor-o'qituvchilar ish yuklamalarini nazorat qilish va muvofiqlashtirish.

Bu kabi funksional cheklovlar natijasida, qayta o'qish jarayonlarini rejalashtirishda va talabalarning individual o'quv trayektoriyalarini shakllantirishda jiddiy to'siqlar yuzaga kelmoqda. Shu bois, zamonaviy texnologiyalarga asoslangan maxsus vositalar va avtomatlashtirilgan yechimlarga ehtiyoj sezildi.

Mavjud tizimlar taxlili va Masalaning qo'yilishi: Oliy ta'lim muassasalarida o'quv jarayonining uzluksizligi va sifatini ta'minlashda, talabalar tomonidan fanlarni o'zlashtirish darajasi muhim o'rin tutadi. Afsuski, ba'zida turli sabablar, jumladan sog'liq muammolari, shaxsiy muammolar, akademik tayyorgarlikning pastligi yoki boshqa tashkiliy omillar tufayli talabalar ayrim fanlardan qarzdor bo'lib qolishadi. Ushbu holat o'z vaqtida to'g'ri boshqarilmasa, nafaqat talabaning umumiy o'zlashtirishiga, balki butun ta'lim muassasasining reytingiga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, bu jarayonni qo'lda boshqarish ko'plab byurokratik kechikishlar, insoniy xatoliklar va resurslarning samarasiz sarflanishiga olib kelishi mumkin.

Amaldagi HEMIS tizimi akademik jarayonlar va hisobotlarni yuritishda asosiy platforma bo'lib xizmat qilsa-da, qayta o'qishlarni tashkil qilish jarayonida quyidagicha cheklovlar mavjud:

Qarzdorliklarni bartaraf etish uchun ma'lum fandan qarzdor barcha talabalarni aniqlashning murakkabligi;

Fanlar o'rtasidagi qayta o'qish jadvali to'qnashuvlarini avtomatik tahlil qilish imkoniyatining yo'qligi;

Professor-o'qituvchilar yuklamalarini nazorat qilish imkoni yo'qligi.

Ushbu muammolarni yechish maqsadida bizning jamoa tomonidan "Akademik qarzdor talabalarning qayta o'qishini samarali tashkil qilish va monitoringini yuritish tizimi"ni ishlab chiqish rejalashtirildi. Ushbu tizim yordamida akademik qarzdor talabalarning qayta o'qish mashg'ulotlarini rejalashtirish, qayta o'qish dars jadvalini optimal tuzish, professor-o'qituvchilar yuklamalarini oshib ketmasligini hisobga olish va barcha jarayonlarni real vaqt rejimida monitoring qilish imkoniyatlarini qo'shish maqsad qilib olindi. Mazkur avtomatlashtirilgan tizim OTM rahbariyati, fakultet dekanatlari va o'qituvchilar uchun qulay boshqaruv vositasi bo'lib xizmat qilishii. Shu bilan birga, talabalar ham o'z qarzdorlik holatini va qayta o'qish jadvalini aniq va oson ko'rishlari, o'z vaqtlarini to'g'ri taqsimlashlari mumkin bo'lishi. Bu esa, o'z navbatida, ta'lim jarayonining samaradorligini oshirish va akademik intizomni mustahkamlashga xizmat qilishi belgilab olindi.

Metodologiya

Ushbu tizimni ishlab chiqish jarayonida asosiy e'tibor HEMIS tizimining mavjud imkoniyatlari va cheklovlariga qaratildi. HEMIS tizimi O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim muassasalarida ta'lim jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarish uchun keng foydalaniladi. Biroq, mazkur tizimda talabalarning qayta o'qish jarayonlarini tashkil qilish imkoniyati mavjud bo'lsa-da, ushbu jarayonlarni to'liq monitoring qilish, nazorat qilish va tahlil qilish imkoniyatlari cheklangan.

Ko'zlangan maqsad: Masalan, HEMIS tizimida talabalar tomonidan qayta o'qish uchun berilgan arizalarni kuzatib borish, fan guruhlarini yaratish va talabalarni ushbu guruhlarga to'g'ri biriktirish mumkin bo'lsa-da, ularga tegishli buyruqlarni shakllantirish, dars jadvalarini nazorat qilish, darslar paralleligini tekshirish, talabalarning kunlik yuklamalarini oshib ketmasligini ta'minlash va professor-o'qituvchilarning yuklamalarini samarali boshqarish kabi jarayonlarni avtomatlashtirish imkoniyati yo'q.

Shu sababli, HEMIS tizimi bilan integratsiyalashgan va ushbu cheklovlarni bartaraf etishga qaratilgan yangi tizim ishlab chiqishga ehtiyoj sezildi.

Tizimni yaratishda quyidagi texnologiyalar va metodologiyalar qo'llanildi:

Dasturlash tillari: Python, JavaScript, va boshqa yuqori darajali dasturlash tillari.

Dasturlash muhirlari: Django, Django Rest Framework, Aiogram.

Ma'lumotlar bazasi boshqaruv tizimlari: PostgreSQL ma'lumotlar bazalari, bu katta hajmdagi ma'lumotlarni samarali boshqarish imkonini beradi.

API: HEMIS tizimining ochiq API lari orqali ma'lumotlarni uzluksiz sinxronlashtirish,

TelegramAPI telegram-bot orqali talabalarga qayta o'qishlari boshlanganligi haqida xabar berish.

Talabalar to'lov malumotlari va umumiy jarayonni yuritish uchun qo'shimcha alohida ma'lumotlar bazasi yaratish metodlari.

Talabalarni qayta o'qish buyruqlarini avtomatik shakllantirish uchun maxsus algoritm va kutubxonalardan foydalanish usullari.

Fan guruhlariga HEMIS tizimida dars qo'yilganligi, darslar yuklamalari ajratilgan yuklamaga mos kelishi va yakuniy nazoratlar qo'yib baholanganligini avtomatik tekshirib turish uchun HEMIS tizimi bazasi bilan integratsiyani samarali tashkil qilish chora tadbirlarini samarali amalga oshirish metodlari.

Professor-o'qituvchilar yuklamalarini nazorat qilish uchun o'qituvchilarga ajratilgan yuklamalarni avtomatik hisoblab borish mexanizmi ishlab chiqish metodlari.

Qayta o'qish davrlariga oid statistik ma'lumotlarni avtomatik yuritish uchun ma'lumotlar bazasida to'g'ri bog'lanishlarni amalga oshirish bo'yicha yo'riqnomalar.

Mazkur tizim, HEMIS tizimidan olingan ma'lumotlarni tahlil qilish, ularni qayta ishlash, va yangi statistik hisobotlarni shakllantirish imkoniyatini taqdim etadi. Ushbu yondashuv orqali o'quv jarayonlarining samaradorligi va sifatini oshirishga erishildi.

Natijalar

Yaratilgan tizimi quyidagi asosiy Imkoniyatlarga ega bo'ldi:

Qayta o'qish uchun shartnoma va kvitansiyalarni registratsiya qilish va to'lovlar monitoringi: Talabalar qayta o'qish uchun olgan shartnomalari va bu shartnomalar asosida amalga oshirilgan to'lov kvitansiyalari tizimga registratsiya qilinadi. Ushbu ma'lumotlar buxgalteriya tomonidan nazorat qilinadi (1-rasm).

№	TALABA TO'LIQ ISMI	FAKULTET	YO'NALISH	O'QUV REJA	QURILH	TALIM TILI	QABUL YILI	SEMESTER	FAN	FAN TURI	KREDIT	O'QUV YUKLAMA	SUMMA	TANLASH	
1	IBRAXIMOV ELDOR BAXRAM O'G'LI	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)	2023-60310100-Iqtisodiyot (2-mutaxassislik)	231/9-Iqtisodiyot (2-mutaxassislik)	O'zbek	2022	4 - semestr	Falsafa	Majburiy	5.0	150	1167600.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
JAMI												5.0	150	1167600.0	

Qayta o'qish
2024-KUZGI Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti (2-muta)

Shartnomani yuklash
Buybeperite fayl 43831018-ec86-4e36-8381-6f602851c0b5.pdf

Kvitansiyani yuklash
Buybeperite fayl file.pdf

Saqlash

1-rasm. Shartnoma va kvitansiyani tizimga yuklash oynasi

Arizalar monitoringi: Fakultetlar kesimida qaysi fandan nechta talaba qayta o'qish uchun ariza topshirganini, fan guruhiga qo'shilganligini va buyruqqa qo'shilganligini kuzatib borish imkoniyati mavjud (2-rasm).

FANLAR KESIMIDA QAYTA O'QISHGA TAYYOR TALABALAR SONI

fakultet: Fakultetni tanlang

№	FAKULTET	SEMESTER	FAN	KREDIT	TALABA SONI	FAN GURUHIDA QO'SHILMAGAN TALABALAR SONI	BUYRUQQA QO'SHILMAGAN TALABALAR SONI
1	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	7-semester	Moliya	6.0	10	0	0
2	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	7-semester	Innovatsion iqtisodiyot	6.0	9	0	0
3	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	1-semester	Maxsus tarix fanlari	5.0	8	8	8
4	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	7-semester	Solliq va solliqqa tortish	6.0	8	0	0
5	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	3-semester	Marketing	3.0	6	0	0

2-rasm. Fanlar kesimida qayta o'qish uchun ariza topshirgan talabalar soni.

Talabalarni qayta o'qitish buyrug'iga qo'shish: Talabalarni qayta o'qitish uchun talaba qayta o'qitilayotgan fani bo'yicha buyruqqa qo'shiladi (3-rasm).

HECH BIR BUYRUQQA QO'SHILMAGAN TALABALAR

fakultet: Fakultetni tanlang

Yaklab olish

Buyruq: 11.11.2023 y. 174-T

№	TALABA TOLIQ ISMI	TALABA ID	FAKULTET	YONALISH	OTUV REJA	GRUH	TALIM TILI	QIRIL YILI	SEMESTER	FAN	FAN TURI	KREDIT	OTUV YUKLAMASI	TANLASH
1	ABDISHERIPOVA MUXAYYO XURMATEBK O'ZI	341241100054	O'zbek filologiyasi fakulteti	Amaliy filologiya	2023-60230700-Amaliy filologiya	231-amaliy filologiya	O'zbek	2023	1-semester	Adabiyotshunoslik asoslari	Tanlov	5	150	<input type="checkbox"/>
2	YANGIBOYEV ARABBOY IKTIVOR OSLI	341221103776	Fizika-matematika fakulteti	Amaliy matematika	2022-60540200-Amaliy matematika	223 amaliy matematika (kunduzgi)	O'zbek	2022	1-semester	Analitik geometriya	Tanlov	5	150	<input checked="" type="checkbox"/>

3-rasm. Talabalarni qayta o'qitish buyrug'iga qo'shish oynasi.

Buyruq faylini shakllantirish: Buyruqqa qo'shilgan talabalar malumotlari asosida qayta o'qitish buyrug'ini shakllantirish mumkin (4-rasm).

Fan nomi: O'zbek tilini sohada qo'llanilishi

№	Familiya-Ismi-Sharifi	Guruh	Semestr	Kredit hajmi	Kredit to'lov (... so'm)
<i>Amaliy matematika</i>					
1	BOLTAYEV RUSLANBEK RASULBEK O'G'LI	"204-Amaliy matematika (Kunduzgi Ozbek)"	7	3	320 631
<i>Fizika</i>					
2	SULTONOV G'ULOMJON OTAJONOVICH	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
3	ATABAYEV QUVONDIQ ZARIPBOY O'G'LI	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
4	RAXIMOV ABROR SARDOR O'G'LI	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
5	JUMABOYEVA SADOQAT SHONAZAR QIZI	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
6	YULDASHEVA GULFIZA RAXIMBAYEVNA	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
7	YAXSHIMURATOV SHAHRIZOD SHAVKAT O'G'LI	202 fizika (kunduzgi)	7	3	320 631
<i>Matematika</i>					
8	ODAMBOYEV UMARBEK O'SMON O'G'LI	206 matematika (kunduzgi)	7	3	320 631
9	RAXIMOV FARRUX ASKAR O'G'LI	206 matematika (kunduzgi)	7	3	320 631

Fan nomi: Yangi tahrirdagi O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi

№	Familiya-Ismi-Sharifi	Guruh	Semestr	Kredit hajmi	Kredit to'lov (... so'm)
<i>Fizika</i>					
1	JALOLADDINOV QALANDAR JALOLADDIN O'G'LI	201 fizika (kunduzgi)	7	2	213 754
<i>Matematika</i>					
2	ATAJANOV SHOZHODBEK JUMANIYAZOVICH	203 matematika (kunduzgi)	7	2	213 754

4-rasm. Qayta o'qish buyrug'i shakllangan fayli.

Fan guruhlarini yaratish va boshqarish: Talabalarning qayta o'qish uchun tanlagan fanlari bo'yicha fan guruhlari yaratiladi va ularga talabalar birlashtiriladi. Bir xil fanni qayta o'qimoqchi bo'lgan talabalar uchun umumiy fan guruhlari tashkil qilinadi, hattoki, yo'nalishlari turlicha bo'lsa ham (5-6 rasmlar).

FAN KESIMIDA QAYTA O'QISHGA TAYYOR TALABALAR SONI

Yuklab olish

Fan guruhi
Fan guruhini tanlang

№	TALABA TO'LIQ ISMI	TALABA ID	FAKULTET	YO'NALISH	O'QUV REJA	GURUH	TALIM TILI	QABUL YILI	SEMESTER	FAN	FAN TURI	KREDIT	O'QUV YUKLAMA	BUYRUQ	TANLASH	FAN GURUHI
1	QURUMBOYEV RISHAT NEMAT O'G'LI	341221103088	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha)	2022-60220300-Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha) (Kunduzgi O'zbek)	224-Tarix	O'zbek	2022	1	Maxsus tarix fanlari	Tanlov	5	150		<input type="checkbox"/>	yaratish
2	TAJIBAYEVA LOBAR BALTABAY QIZI	341221103062	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha)	2022-60220300-Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha) (Kunduzgi O'zbek)	224-Tarix	O'zbek	2022	1	Maxsus tarix fanlari	Tanlov	5	150		<input type="checkbox"/>	yaratish
3	ERGASHEVA ANORGUL QAHRAMON QIZI	341221101656	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha)	2022-60220300-Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha) (Kunduzgi Rus)	221-Tarix (Rus)	Rus	2022	1	Maxsus tarix fanlari	Tanlov	5	150		<input type="checkbox"/>	yaratish
4	ATABAYEV XUDAYSHUKUR ILXOMBEK O'G'LI	341221101685	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha)	2022-60220300-Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha) (Kunduzgi Rus)	221-Tarix (Rus)	Rus	2022	1	Maxsus tarix fanlari	Tanlov	5	150		<input type="checkbox"/>	yaratish

5-rasm. Fan kesimida ariza topshirgan talabalar soni.

YANGI FAN GURUHI YARATISH

Fan: Maxsus tarix fanlari

Yangi fan guruhi nomi

Tarix (mamlakatlar va yo'nalishlar bo'yicha)-Maxsus tarix fanlari (O'zbek) 1-(sem)

Umumiy fan guruhi tanlash
Umumiy fan guruhini tanlang

Yangi fan guruhi yaratish

6-rasm. Fan guruhi yaratish oynasi

HEMIS tizimi bilan integratsiya: HEMIS tizimida talabalar tomonidan fanlarni qayta o'qishga berilgan arizalar va yaratilgan fan guruhlariga to'g'ri birlashtirilganligi tekshiriladi va fan guruhi yaratilgan fanning o'quv rejada birlashtirilgan kafedra va yuklamasi ma'lumotlari chaqirib olinadi (7-rasm).

Yuklama													
№	MASHG'ULOT TURI										YUKLAMA		
1	Ma'ruza										16		
2	Amaliy										16		
3	Mustaqil ta'lim										148		

Kafedra: **Biznes va boshqaruv**
 Jami summa: 4 : 0 so'm

Talabalar													
№	TALABA TOLIQ ISMI	TALABA ID	FAKULTET	O'QUV REJA	GURUH	TALIM TILI	SEMESTER	FAN	KREDIT	O'QUV YUKLAMA	ARZA BERGAN	HEMISDA BIRIKKAN	HABAR YUBORILGAN
1	SADULLAYEV QAXRAMON NASIRULLA O'GLI	341211106583	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	"2021-5230100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	211/7-guruh (2-mutaxassislik) Iqtisodiyot	O'zbek	7-semester	Innovatsion iqtisodiyot	6	180	Ha	Ha	Yoq
2	XAKIMOV JAMOLADDIN KIKMATULLOYEVIICH	341211105896	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	"2021-5230100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	211/7-guruh (2-mutaxassislik) Iqtisodiyot	O'zbek	7-semester	Innovatsion iqtisodiyot	6	180	Ha	Ha	Yoq
3	URAZOV SARVARBEK SANJAROVICH	341211106444	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	"2021-5230100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	211/7-guruh (2-mutaxassislik) Iqtisodiyot	O'zbek	7-semester	Innovatsion iqtisodiyot	6	180	Ha	Ha	Yoq

7-rasm. Fan guruhi talabalarining HEMISda arizasi va fan guruhiga birikkanligi.

Dars jadvali va nazorat jadvali monitoringi: HEMIS tizimida yaratilgan fan guruhlariga qo'yilgan darslar boshlashi-tugashi va nazorat sanalarini kuzatish imkoniyati mavjud (8-rasm).

№	FAN GURUHI NOMI	FAN NOMI	FAKULTET	YONALISH	O'QUV REJA	SEMESTER	BIRIKTIRILGAN TALABALAR SONI	UMUMIY FAN GURUHI	DARS QOYISHGA BERILGAN	YUKLAMA REJADA / AMALDA	DARS BOSHLANISH TRIGGERS SANASI	ORALIQ/ YAKUNIY NAZORAT SANASI	TALABALARGA XABAR YUBORILDI	TALABALAR BANDLIGINI TEKSHIRISH
53	1463_Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)-Kichik biznes va xususiy tadbirkorlik (O'zbek) 6-(sem) 2021	Kichik biznes va xususiy tadbirkorlik	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)	"2022-60310100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	6	1	Kichik biznes va xususiy tadbirkorlik-2(UZB) 6-SEM	<input checked="" type="checkbox"/>	Maruza 2 / 2 Amaliy 2 / 2 Seminar 0 / 0 Lab-ya 0 / 0	11.12.2024-12.12.2024	O.N.: 17.12.2024 Y.N.: 18.12.2024	yuborish	Tekshirish
54	1464_Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)-Global iqtisodiy rivojlanish (O'zbek) 6-(sem) 2021	Global iqtisodiy rivojlanish	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)	"2022-60310100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	6	1	Global iqtisodiy rivojlanish-2(UZB) 6-SEM	<input checked="" type="checkbox"/>	Maruza 2 / 2 Amaliy 2 / 2 Seminar 0 / 0 Lab-ya 0 / 0	09.12.2024-10.12.2024	O.N.: 17.12.2024 Y.N.: 18.12.2024	yuborish	Tekshirish
55	1466_Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)-Makroiqtisodiyot (O'zbek) 5-(sem) 2021	Makroiqtisodiyot	Ijtimoiy-iqtisodiy fanlar fakulteti	Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)	"2021-60310100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) (2-mutaxassislik)"	5	1	Makroiqtisodiyot-2(UZB) 5-SEM	<input checked="" type="checkbox"/>	Maruza 2 / 2 Amaliy 2 / 2 Seminar 0 / 0 Lab-ya 0 / 0	09.12.2024-10.12.2024	O.N.: 17.12.2024 Y.N.: 18.12.2024	yuborish	Tekshirish

8-rasm. Fan guruhi yuklamasi to'liq bo'lganligi, dars boshlash-tugash sanalari, nazorat sanalari va telegram-bot orqali xabar yuborish oynasi.

Paralel darslarni tekshirish: Bir necha fandan qayta o'qiyotgan talabaning darslari parallel kelmasligini, kunlik yuklamasi me'yordan oshib ketmasligini tekshirish imkoniyati taqdim etiladi(9-rasm). Shu orqali talabalar dars jadvalining moslashuvchanligini ta'minlashga erishiladi.

TALABANING PARALLEL DARSLARI

№	TALABA	SANA	JUFTLIK	FAN GURUHI NOMI
1	AXMEDOV OTAJON O'RAZBOY O'G'LI	Nov. 25, 2024	15:30 - 16:50	1246_Jismoniy madaniyat-Sport inshootlari (O'zbek) 6-(sem) 2021
2	AXMEDOV OTAJON O'RAZBOY O'G'LI	Nov. 25, 2024	15:30 - 16:50	1332_Jismoniy madaniyat-Shaxmat (O'zbek) 6-(sem) 2021

9-rasm. Talabaga parallel qo'yilgan darslarni ko'rish.

Professor-o'qituvchilar yuklamalarini nazorat qilish: Professor-o'qituvchilarga qayta o'qitish uchun berilgan yuklamalarni nazorat qilish, ularga berilgan soatlar bo'yicha hisobotlarni

tayyorlash(10-rasm) va qayta o'qitish buyruqlariga qo'shish jarayonlari tizim orqali amalga oshiriladi.

№	KAFEDRA	O'QITUVCHI	MARUZA	AMALIY	LABORATORIYA	SEMINAR	REYTING	UMUMIY YUKLAMA	UMUMIY FAN GURUHLARI SONI	BUYRUQQA QO'SHILGAN UMUMIY FAN GURUHLARI SONI	ARIZA YUKLANGAN UMUMIY FAN GURUHLARI SONI	SOATBAY YUKLANGAN UMUMIY FAN GURUHLARI SONI	TUSHGAN SUMMA	O'QITUVCHIGA BERILADI	GOLDI
1	Biznes va boshqaruv	BABAJANOV JAVOHIR FAYZULLA O'G'LI	76	60	0	0	0	136	27	0	0	0	76	1	76.000
2	Biznes va boshqaruv	BAKTIYOROV XUDAYBERGAN XAMDAM O'G'LI	52	52	0	0	0	104	17	0	0	0	52	1	76.000
3	Sport o'yinlari	SAFARBOYEV NODIRBEK SHAHKAT O'G'LI	30	26	0	18	7	81	8	0	0	0	30	10.140	81.850

10-rasm. Professor-o'qituvchilar yuklamalari va unga to'lanadigan soatbay haqlar hisobi.

Buyruqlarni shakllantirish va saqlash: Tizim orqali qayta o'qitish jarayonida barcha buyruqlarni avtomatik ravishda shakllantirish va saqlash imkoniyati mavjud(11-rasm).

QAYTA O'QISH BUYRUQLARI

Buyruq raqami bo'yicha izlash

Tg

№	BUYRUQ NOMI	BUYRUQ RAQAMI	BUYRUQQA KOP QO'SHILGANLAR	BIRIKTIRILGAN TALABALAR SONI	YIL	TARIF	QABUL QILINGAN	YARATILGAN VAQTI	O'ZGARTIRILGAN VAQTI	BUYRUQ ILOVASI
2	03.01.2024 y. 1-Tg4	1-Tg4	ko'rish	12	2023	Akademik qarzdor talabalarining tashabbusi bilan mavjud akademik qarzlarni topshirish maqsadida qayta o'qish tashkil etish to'g'risida	<input checked="" type="checkbox"/>	March 27, 2024, 2:05 p.m.	Oct. 18, 2024, 2:48 p.m.	ilova mavjud emas
5	05.08.2024 y. 39-Tg2	39-Tg2	ko'rish	147	2023	toza buyruq Yozgi 3	<input checked="" type="checkbox"/>	Aug. 5, 2024, 11:36 a.m.	Oct. 18, 2024, 2:46 p.m.	ilova mavjud
7	10.04.2024 y. 41-Tg1	41-Tg1	ko'rish	314	2023	Qayta o'qish 6-buyruq	<input checked="" type="checkbox"/>	May 21, 2024, 8:40 p.m.	Oct. 18, 2024, 2:47 p.m.	ilova mavjud
12	20.01.2024 y. 9-Tg4	9-Tg4	ko'rish	831	2023	Akademik qarzdor talabalarining tashabbusi bilan mavjud akademik qarzlarni topshirish maqsadida qayta o'qish tashkil etish to'g'risida	<input checked="" type="checkbox"/>	March 19, 2024, 3:07 p.m.	Oct. 18, 2024, 2:48 p.m.	ilova mavjud
15	25.05.2024 y. 47-Tg1	47-Tg1	ko'rish	6	2023	Sirtqi qayta o'qish	<input checked="" type="checkbox"/>	June 5, 2024, 3:29 p.m.	Oct. 18, 2024, 2:47 p.m.	ilova mavjud

11-rasm. Qayta o'qitish buyruqlari oynasi.

Arxivlash: O'qishi tugagan fan guruhlarini arxivga ko'chiriladi va o'zi birikkan qayta o'qish davriga bog'liq holda ko'rish imkoniyatiga ega bo'ladi(12-rasm).

QAYTA O'QISHLAR

№	QAYTA O'QISH NOMI	FAN GURUHLARI SONI	UMUMIY FAN GURUHLARI SONI	QAYTA O'QILGAN TALABALAR SONI	O'ZLASHTIRILGAN TALABALAR SONI	YIQLILGAN TALABALAR SONI	O'QITUVCHI YUKLAMASI
1	2024-2025 Kuzgi	336	276	635 / 295	618	17	ko'rish
2	2023-2024 Yozgi	951	649	3033 / 1465	2891	142	ko'rish
3	2023-2024 Bitiruvchi	1018	916	2639 / 1299	2614	25	ko'rish
4	2023 - Bahorgi	7	7	12 / 7	12	0	ko'rish

12-rasm. Qayta o'qitish davrlari kesimida statistikalar oynasi.

Statistik hisobotlar yaratish: Qayta o'qitish davri statistikalarini yuritish, har bir fan va talabalar haqida tahliliy hisobotlar tayyorlash tizimning muhim imkoniyatlaridan biri hisoblanadi.

Muhokama

Tizim yordamida 2023-2024 o'quv yilidagi qayta o'qishlar davomida 5000 dan ziyod talabalar qayta o'qish jarayonlari samarali boshqarildi. Har bir talabalar qayta o'qishga bo'lgan arizalari, to'lov kvitansiyalari va fan guruhlariga biriktirilishi avtomatlashtirilgan holda amalga oshirildi.



200 dan ziyod professor-o'qituvchilarga 20 soatdan 200 soatgacha bo'lgan yuklamalar taqsimlandi. Bu yuklamalar tizim tomonidan avtomatik ravishda hisoblanib, dars jadvalining moslashuvchanligi ta'minlandi.

Talabalar va professor-o'qituvchilar bilan bog'liq barcha jarayonlar avtomatlashtirilgani sababli, inson omilidan kelib chiqadigan xatolar minimal darajaga tushirildi. Bu esa jarayonlarning tezkor va aniq bajarilishini ta'minladi.

Tizim HEMIS bilan integratsiya qilinib, talabalar va fan guruhleri bo'yicha ma'lumotlar har 2 soatda yangilab borildi. Bu esa qayta o'qish jarayonlarini nazorat qilishni osonlashtirdi va o'quv jarayonining samaradorligini oshirdi.

Tizim orqali barcha qayta o'qish jarayonlari elektron tarzda boshqarildi va statistik hisobotlar shakllantirildi. Ushbu hisobotlar ma'muriy qarorlar qabul qilish jarayonini qo'llab-quvvatlashga xizmat qildi.

Tizimga O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi tomonidan taqdim etiladigan elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma olindi.

Natijalar shuni ko'rsatib turibdiki, mazkur yangi tizim talabalarning qayta o'qish jarayonlarini samarali tashkil etish va monitoring qilishda muhim vosita sifatida o'zini namoyon eta oldi.

Xulosa

Mazkur tizim akademik qarzdor talabalarning qayta o'qishini samarali boshqarish va monitoring qilish jarayonida muhim vosita sifatida o'zini namoyon etdi. Tizimning avtomatlashtirilgan imkoniyatlari o'quv jarayonining barcha bosqichlarini tezkor va aniq boshqarishga yordam berdi, bu esa ta'lim sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etdi.

Jarayonlarning avtomatlashtirilishi inson omili sababli yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatolarni kamaytirib, jarayonlarni yanada soddalashtirdi. HEMIS tizimi bilan integratsiya qilish orqali talabalar va fan guruhleri bo'yicha dolzarb ma'lumotlar real vaqt rejimida yangilanib turdi, bu esa boshqaruv jarayonini samarali qilishga xizmat qildi.

Tahlil natijalari ko'rsatdiki, tizimning samaradorligi va qulayligi foydalanuvchilar tomonidan yuqori baholandi. Biroq, kelgusida tizimni yanada takomillashtirish, foydalanuvchi interfeysini intuitivroq qilish va sun'iy intellekt imkoniyatlarini joriy etish orqali tizimning funkcionalligini oshirish imkoniyatlari mavjud.

Umuman olganda, mazkur tizim qayta o'qish jarayonlarini boshqarishda zamonaviy yechim sifatida taqdim etildi va kelajakda ushbu yo'nalishdagi ishlarni yanada rivojlantirish uchun mustahkam poydevor bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. O'zbekiston Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. (2020). O'zbekistonda oliy ta'limni isloh qilish va HEMISni joriy etish.
2. O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023-yilgi hisobotlari.
3. HEMIS tizimi haqida umumiy ma'lumotlar, <https://hemis.uz/>.
4. Oliy ta'lim vazirligining qayta o'qitish jarayonlari tashkil qilish bo'yicha nizomlari.
5. Mustafaev, Ulash, Mustafaeva. "Higher Education: Advantages, Problems and Solutions of the Credit-Module System." *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, vol. 2, no. 9, 2022, pp. 258-264.
6. Karimov, S. (2020). "Digital Innovation in Uzbekistan's Education Sector: The Role of HEMIS in Student and Institutional Management." *Journal of Central Asian Studies*, 15(2), 67-83.
7. Abdullaev, M. (2021). "Credit-Module System and Individual Learning Paths: HEMIS in Higher Education Institutions in Uzbekistan." *Higher Education Policy Review*, 23(1), 101-117.
8. HEMIS API va dokumentatsiyasi.
9. Django documentation: <https://docs.djangoproject.com/en/5.1/>
10. Python Documentation: <https://docs.python.org/>
11. JavaScript documentation: <https://devdocs.io/javascript/>



Mualliflar

Mirzoqulov Hotam

Bolbekov Ma'ruf

Baxtiyrov Sardor

Bozorov Ziyodjonmirzo

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali, Telekommunikatsiya injiniringi kafedrası, mirzaqulov@samuit.uz, shahriyovvsshahrambek@gmail.com, sardorbaxtiyrov45@gmail.com, bozorov@mail.ru

Mas'ul: bozorov@mail.ru

ANTENNA QURILMALARIDA METAMATERIAL-LARNING AHAMIYATI

Annotatsiya: Ushbu maqolada antenna qurilmalarini yasashda qo'llaniladigan turli materiallarning qiyosiy tahlili amalga oshirilgan. Tahlil davomida ananaviy, kompozit va meta materiallarning hususiyatlari o'rganilgan va ularning antenna qurilmalarida qo'llanilish masalalari ko'rib chiqilgan. Mis, alyuminiy, oltin kabi materiallar o'zlarining yuqori elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi bilan ajralib turadi ammo narxi va bardoshliligi borasida ayrim cheklovlarga ega. Kompozit materiallar esa nisbatan yengil bo'lib antenna qurilmalaridan tashqari aviatsiya va avtomobil sanoatida ham keng qo'llaniladi. Metamateriallar o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lib, signal uzatish va elektromagnit boshqaruv sohalarida ancha foydali hisoblanadi. Metamateriallarni patch antenasida qo'llash bo'yicha imitatsion model yaratilgan va simulyatsion natijalari olingan. Olingan natijalar metamateriallarni antenna qurilmalarida qo'llash ularning samaradorligini oshirish imkonini berishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Materiallar, antenna, metamaterial, patch antenna, imitatsion model.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Bugungi kunda dunyoda axborot-kommunikatsiya texnologiyalariga, xususan telekommunikatsiya sohasiga katta e'tibor qaratilmoqda. Ushbu sohada kundan-kunga yangidan yangi ijobiy o'zgarishlar va tashabbusli loyihalar yaratilmoqda. Ushbu sohani rivojlantirish maqsadida mutaxassislar tomonidan olib borilayotgan ishlar ayni kunlarda yurtimizda ham jadallik bilan davom etmoqda. Shu bilan birga katta ma'lumotlar oqimi bilan ishlaydigan, sifatli va tezkor aloqa xizmatlarini talab qilayotgan turli kompaniyalarning ham soni ortib bormoqda. Shu sababli, iste'molchilarga sifatli va tezkor aloqa xizmatlarini yetkazib berish bugungi kunning eng dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. Shubhasiz, sizmiz aloqa tizimlari bugungi kunda telekommunikatsiya sohasida jadallik bilan rivojlanib borayotgan yo'nalishdir va ushbu sohani rivojlantirish maqsadida olimlar tomonidan maxsus laboratoriyalarda turli tajribalar olib borilmoqda [1-6].

Antenna qurilmalari uchun yaratilayotgan maxsus elementlar bilan hozirga qadar foydalanilib kelinayotgan an'anaviy materiallar ustida turli tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu maqolada ham yuqorida aytib o'tilgan materiallarning qiyosiy tahlilini o'rganishga va metamateriallarni antenna qurilmalarida qo'llashga qaratilgan tadqiqot ishlari natijalari taqdim etilgan.

Asosiy qism

Turli xil xususiyatlarga asoslangan an'anaviy materiallar, kompozit materiallar va metamateriallarni solishtirganda, har birining o'ziga xos afzalliklari va cheklovlari borligini ko'rishimiz mumkin. Har bir material mexanik, elektr, issiqlik qarshiligi, narxi va qo'llanilish sohalari bo'yicha o'ziga xos xususiyatlarga ega. Mis, aluminiy yoki plastmassa kabi an'anaviy materiallar yaxshi mexanik xususiyatlarga va elektr o'tkazuvchanligiga ega keng tarqalgan materiallardir. Bu materiallar nisbatan arzon va oddiy ishlab chiqarish jarayoniga ega bo'lib, qurilish, transport va elektronika kabi ko'plab sohalarda qo'llaniladi. Biroq, ular ba'zan yuqori haroratlarda yoki ba'zi muhitlarda ishlashga cheklovlarga duch kelishlari mumkin[1-3].

Kompozit materiallarga keladigan bo'lsak, ular ikki yoki undan ortiq materiallarning aralashmasidan iborat bo'lib yuqori mexanik xususiyatlar va issiqlikka bardoshlilik bilan an'anaviy materiallardan farq qiladi. Ulardan hozirgi kunda avtomobilsozlik sohalarda va sport jihozlari yasashda foydalanilib kelinmoqda. Chunki ular og'ir yuklarni ko'tarishda va yuqori haroratlarda samarali hisoblanadi. Shu bilan birga, kompozit materiallarni ishlab chiqarish ancha murakkab va qimmatroq bo'lib, ba'zi hollarda ular uzoq muddatli jarayonlarda ba'zi jismoniy xususiyatlarini yo'qotishi mumkin. Mana shu kamchiliklarni kamaytirish maqsadida olimlar tomonidan maxsus laboratoriyalarda metamateriallar ishlab chiqilmoqda. Ular tabiiy materiallarga nisbatan o'ziga xos tuzilishga va xususiyatlarga ega.



1-jadval. Turli materiallarning xususiyatlari va qo'llanilishi.

Material	O'tkazuvchanlik	Mustahkamlik	Chidamlilik	Narx	Qo'llanilishi
Mis	A'lo	O'rtacha	Yuqori	Yuqori	Yuqori samaradorlikga ega antennalar, Radioaloqa
Alyumin	Yaxshi	O'rtacha	Yuqori (agar anodlangan bo'lsa)	O'rtacha	Strukturaviy komponentlar, yengil antennalar
Oltin	A'lo	Poor	A'lo	Juda yuqori	Nozik komponentlar, yuqori chastotali texnika
Plastmassalar/ polimerlar	Super o'tkazuvchi emas	O'rtacha	O'rtacha	Past	Super o'tkazuvchilar bo'lmagan qismlar, izolyatorlar

Ular elektromagnit to'liqlarni manipulyatsiya qilish yoki boshqa innovatsion texnologiyalarga asoslangan qobiliyatlarni yaratish uchun ishlatiladi. Metamateriallar holi keng tarqalmagan, chunki ularni ishlab chiqarish jarayoni murakkab va qimmat, ammo ilmiy-texnikaviy salohiyati juda katta hisoblanadi. Ular asosan ilmiy tadqiqotlar, optika va elektromagnit to'liqlar bilan bog'liq jarayonlarda qo'llanilib kelinmoqda [4-7]. Taqqoslash uchun, an'anaviy materiallar arzon va keng qo'llaniladigan bo'lsada, kompozit materiallar yuqori ish faoliyatini ta'minlaydi, ammo ular qimmat va murakkab ishlab chiqarishni talab qiladi. Boshqa tomondan, metamateriallar innovatsion xususiyatlarga ega, ammo ular hozirda keng qo'llanilmaydi va ishlab chiqarish texnologiyalari boshqalariga nisbatan ancha qimmat.

Har bir turdagi material uning xususiyatlari va qo'llanilishiga qarab tanlanadi va tanlash materialning narxini, uning xizmat qilish muddatini, samaradorligini va foydalanish sohasini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Ushbu xususiyatlarni quyidagi jadvalda ko'rishingiz mumkin (1-jadval).

Ushbu jadvalda bir nechta an'anaviy materiallar o'tkazuvchanlik, mustahkamlik, narx va qo'llaniladigan sohalari bo'yicha o'zaro taqqoslangan. Elektr o'tkazuvchanlik bo'yicha eng yaxshi materiallar mis, oltin va alyuminiy hisoblanadi, plastmassalar esa supero'tkazuvchi bo'lmagan materiallar sifatida berilgan. Mustahkamlik bo'yicha mis va alyuminiy o'rtacha, oltin esa past mustahkamlikka ega. Chidamlilik jihatidan oltin eng bardoshli materiallar bo'lib, mis va alyuminiy

ham yuqori chidamlilikka ega. Narx bo'yicha oltin va mis eng qimmat, alyuminiy o'rtacha, plastmassalar esa eng arzon materiallar hisoblanadi.

Metamateriallarning boshqa materiallar bilan qiyosiy tahlili 2-jadvalda keltirilgan. Ushbu ma'lumotlarga tayangan holda shuni aytish mumkinki, mustahkamlik an'anaviy materiallarda 150-400 MPa (mis, alyuminiy, po'lat), kompozit materiallarda 1000-3000 MPa, metamateriallarda esa tuzilishiga qarab o'zgaradi. Elastiklik an'anaviy materiallarda 70-210 GPa, kompozitlarda 70-200 GPa, metamateriallarda esa 0,1-10 GPa oralig'ida bo'lib, muayyan talablar asosida moslashtiriladi [8-11].

2-jadval. Materiallarning mexanik, elektr va termal xususiyatlari bo'yicha qiyosiy tahlili

Xususiyatlar	Ananaviy materiallar	Kompozit materiallar	Metamateriallar
Mustahkamlik	150-400 MPa (masalan, mis, alyuminiy, po'lat)	1000-3000 MPa (masalan, uglerod tolasi, aramid tolasi)	Muhandislik xususiyatlari; dizaynga qarab farqlanadi
Elastiklik	70-210 GPa (masalan, alyuminiy, mis)	70-200 GPa (masalan, uglerod tolasi, keramika)	0,1-10 GPa (qattqlikni optimallashtirish uchun ishlab chiqilgan)
Bardoshlilik	O'rtacha qarshilik	Yuqori qarshilik (ayniqsa, tola bilan mustahkamlangan)	Yuqori salohiyat (hali tadqiqot ostida)
Elektr o'tkazuvchanlik	Yuqori (Mis: 58.5×10^6 S/m, Alyuminiy: 37.7×10^6 S/m)	O'rtacha (polimer asosidagi kompozitsiyalar uchun 10^{-5} dan 10^{-3} S/m gacha)	Maxsus ehtiyojlar uchun moslashtirilgan o'tkazuvchanlik
Dielektrik doimiy	5-12 (masalan, mis, alyuminiy)	4-5 (polimer va tolalar tarkibiga qarab o'zgaradi)	10-20 (muhandislik xususiyatlari)
Termal o'tkazuvchanlik	Yuqori (Mis: 380 W/m·K, Alyuminiy: 200 W/m·K)	Past (polimer kompozitlar uchun 0,1-0,5 Wt/m·K; uglerod tolasi uchun yuqorier)	Past yoki yuqori O'tkazuvchanlik uchun moslashtirilgan
Yutish koeffitsienti	Past (mis, alyuminiy kabi aks ettiruvchi)	O'rta (singdirish uchun mo'ljallangan bo'lishi)	Yuqori (ma'lum to'lqin uzunliklari uchun ishlab



	materiallar)	mumkin)	chiqilgan)
Xarajatlar va ishlab chiqarish	Past xarajat, ishlab chiqarish oson	O'rtacha xarajat, murakkab ishlab chiqarish	Yuqori xarajat, murakkab ishlab chiqarish (lekin vaqt o'tishi bilan kamayishi mumkin)

Bardoshlilik an'anaviy materiallarda o'rtacha, kompozitlarda yuqori, metamateriallarda esa hali to'liq o'rganib bo'linmagan. Elektr o'tkazuvchanlik an'anaviy materiallarda yuqori (masalan, mis – $58,5 \times 10^6$ S/m), kompozit materiallarda o'rtacha, metamateriallarda esa maxsus ehtiyojlarga moslashtirildi. Dielektrik doimiy an'anaviy materiallarda 5-12, kompozitlarda 4-5, metamateriallarda esa 10-20 oralig'ida bo'lishi mumkin [12-14].

Amaliy qism

Bugungi kunda mobil tarmoqlar eng keng qo'llaniladigan ma'lumotlar tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Simsiz tarmoqlarda antenna qurilmalarining parametrlari, shubhasiz, butun tizimning sifati va aniqligini belgilaydi. Antenna- bu elektromagnit to'lqinlarni nurlatish yoki qabul qilish uchun mo'ljallangan qurilmadir. Antennalar radioto'lqinlarning fazoda tarqalishini ta'minlash va hu orqali turli telekommunikatsiy tizimlarining ishlashi davomida simsiz alqa kanallarini tashkil etish uchun zararlidir. Ular ta'minlovchi liniya bilan atrof-muhit o'rtasidagi bog'lanishni ta'minlaydi.

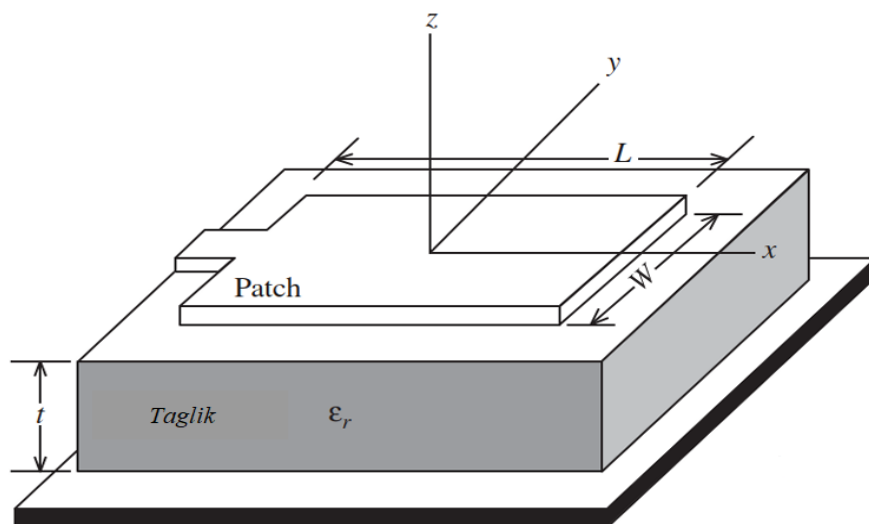
Nurlanuvchi tizim – bu elektromagnit to'lqinlarni qo'zg'atuvchi toklar oqadigan fazoning sohasi. Antenna qaytariluvchanigi tamoyiliga ko'ra, qabul qiluvchi antennalar uchun ham xuddi shu nom saqlanib qolishi mumkin.

Simsiz aloqa tarmoqlarida radioaloqani tashkil etish uchun radioto'lqinlarning turli chastota diapazonlari, shuningdek turli xil antenna qurilmalari ishlatiladi. Masalan, dipol, vibrator, bosma va boshqa turdagi antenna tizimlari. Zamonaviy simsiz tarmoqlarda turli konfiguratsiyalardagi bosma antennalar, xususan mikrotasmali yamoqli antennalar keng qo'llaniladi, chunki ular yuqori chastotalarda ishlaydi va o'zining ixchamligi bilan ajralib turadi.

Mobil aloqaning deyarli barcha avlodlari Patch antennalardan foydalanadi va tadqiqotning asosiy maqsadi ushbu aloqa tarmoqlarining signallarini tahlil qila oladigan antenna yaratishdan iborat. Bunday antennalar mexanik mustahkamlikka ega bo'lib, kerakli shaklni olish qobiliyatiga ega, nurlanish diagrammasining kichik ko'ndalang qutblanish bog'liqligiga ega va ularni ishlab chiqarish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Mikrotasmali antenna bosma antenna turlaridan biri bo'lib, u bosma sxemalar uchun

qo'llaniladigan usullarga o'xshash usullar bilan tayyorlanadi. Bosma antennalarga misol qilib bosma dipol, konus tirqishli antennalar va 1-rasmda ko'rsatilgan bow-tie antenna to'rini keltirish mumkin. Mikrotasmali antenna (MSA) yupqa taglik ustiga bosilgan metal patchdan iborat bo'lib, taglikning pastki qismida yer tekisligi mavjud, bu 1-rasmda tasvirlangan[1].



1-rasm. Qirra orqali ta'minlanadigan mikrotasmali yamoqli antennani tahlil qilish uchun geometriya

Mikrotasmali antenna yerga ulangan taglik ustida joylashgan yassi metal o'tkazgichdan iborat. Bu holda, yamoqli antenna (1-rasm), odatda, bosma plata ko'rinishida tayyorlanadi va L uzunlikka, W kenglikka ega bo'lib, dielektrik taglikning yuqori qismida joylashadi. Taglikning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ_r ga teng

Mikrotasmali uzatish liniyasi va yer qoplama yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan metallardan (odatda misdan) yasaladi. taglikning h qalinligi ishchi to'lqin uzunligi λ dan ancha kichik bo'ladi. Mikrotasmali uzatish liniyasi va yer elektr tokini yaxshi o'tkazadigan metal (odatda mis). Taglik h qalinlik ishchi to'lqin uzunligi λ dan ancha kichik.

$$\lambda = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

Mikrotasmali antenna va yerning metal qalinligi muhim ahamiyatga ega emas. Muayyan vaqt nuqtasida patch antenna va yer orasidagi elektr tarkibiy qismining taqsimlanishi $E(t)$ dagi o'zgarish antenna atrofidagi fazoda elektromagnit maydonning chiqarilishiga (yoki qabul qilinishiga) sabab bo'ladi. Bunday antennaning markaziy ishlash chastotasi f_0 ni quyidagi taqribiy tenglama yordamida aniqlash mumkin[2].

$$f_0 = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

L qiymatini va substrat ϵ_r dielektrik singdiruvchanligini o'zgartirib, ish chastotasi va nurlanish sharoitlarini o'zgartirish mumkin bo'ladi. (2) tenglamadan kelib chiqadiki, mikrotasmali antenna uzunligi L taxminan dielektrik taglik muhitida tarqalayotgan elektromagnit to'lqin uzunligining yarmiga teng bo'lishi kerak(3).

$$L = \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Mikrotasmali antenaning kengligi W tenglama (4) dan aniqlanadi va kirish qarshiligi hamda o'tkazish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatadi.

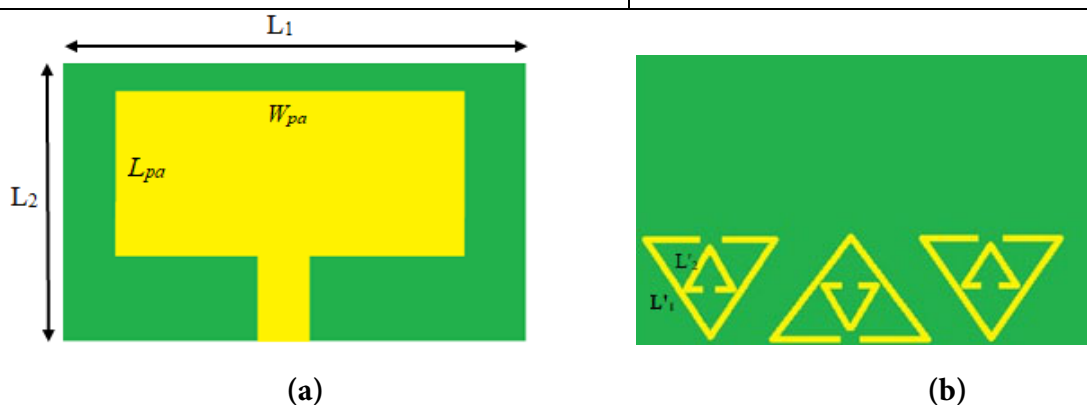
$$W = \frac{c}{2f_0} \cdot \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (4)$$

Kvadrat antenna uchun kirish impedansi 300 ohm atrofida bo'lishi mumkin. Kenglikni oshirish orqali kirishimpedansini kamaytirish va o'tkazish polosasini kengaytirish mumkin. Biroq, kirish impedansini 50 ohmgacha kamaytirish uchun ko'pincha yetarlicha katta antenna kengligi talab etiladi. Ma'lumki, mikrotasmali antennalarning asosiy kamchiligiularning tor o'tkazish polosasi hisoblanadi. Klassik mikrotasmali antennalarning maksimal o'tkazish polosasi markaziy ishchastotasining taxminan 8% ni tashkil etadi. Buni yaxshilash uchun bir qator usullar qo'llaniladi.

Metastruktura asosidagi patch antenaning turli variantlari 2-4-rasmlarda keltirilgan. Bunda metastruktura patch antenasining orqa tomoniga joylashtirilgan bo'lib, har bir metastruktura uchburchaksimon ochiq konturlardan iborat. Uchta metastrukturadan iborat antenna 2-rasmda tasvirlangan. Antenaning old ko'rinishi 2(a)-rasmda ifodalangan bo'lib patch antenna parametrlarini hisoblashning ananaviy usulidan foydalanilgan. Antenaning orqa tomonidan ko'rinishi 2(b)-rasmda keltirilgan bo'lib unda uchburchak shakldagi metastrukturalar joylashgan. Oltita metastrukturadan iborat bo'lgan patch antenna 3-rasm va 3-jadvalda keltirilgan.

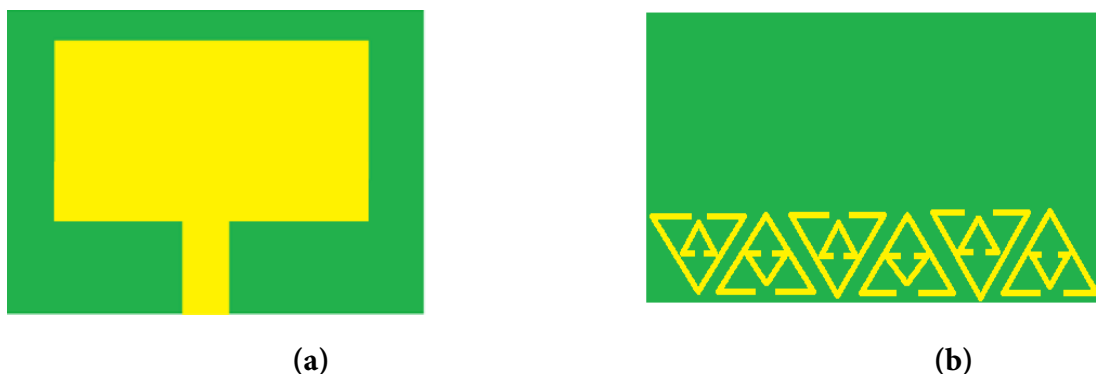
3-jadval. Oltita metastrukturadan iborat bo'lgan patch antenna.

Parametrlar	Qiymatlar
L1	13.8
L2	10.4
W_{pa}	8.1
L_{pa}	6.3
E_r	9.8
L'1	3
L'2	1



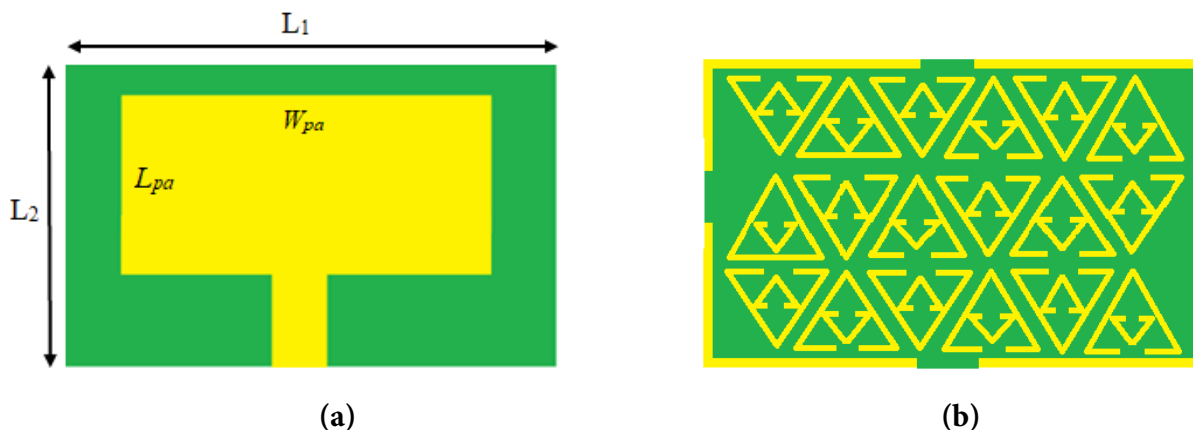
2-rasm. Uchta metastrukturadan iborat bo'lgan patch antenning (a) old va (b) orqa tomonidan ko'rinishi (1- antenna).

Quyidagi jadvalda 1-antennaning o'lchamlari keltirilgan bo'lib, ushbu standart barcha antennalar uchun bir xil hisoblanadi. Jadvalda L1 va L2 lar dielektrikning o'lchamlari hisoblanadi. W_{pa} va L_{pa} esa patch antenning o'lchamlari va mos ravishda L'1 va L'2 antenning orqa tomonida joylashgan metastrukturaning o'lchamlari hisoblanadi.

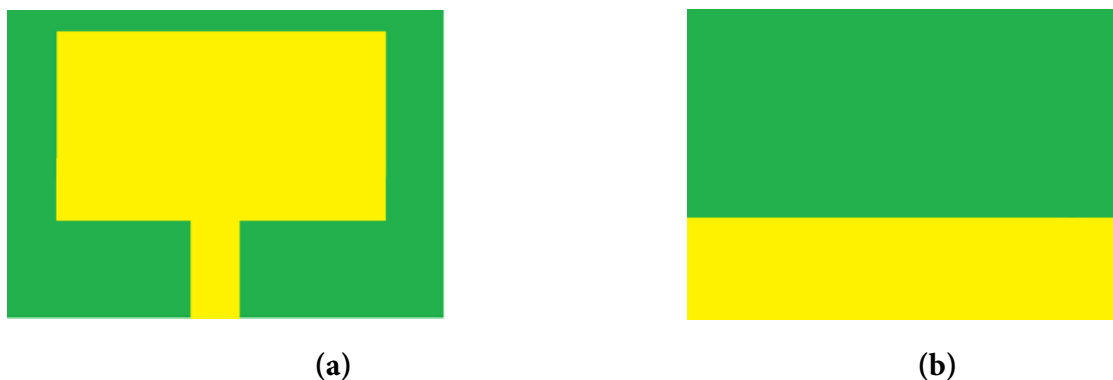


3-rasm. Oltita metastrukturadan iborat bo‘lgan patch antennaning (a) old va (b) orqa tomonidan ko‘rinishi (2- antenna).

Metastrukturalar sonining antenna ishlash samaradorligiga ta‘sirini o‘rganish maqsadida ular 3 qator qilib 6 tadan joylashtirilgan va ushbu metastrukturalar o‘rtasida aloqani tashkil etish uchun chetki qismi o‘ralgan (4(b)-rasm). Ushbu dizaynlar elektromagnit to‘lqinlarning yo‘nalishini boshqarish va signal samaradorligini oshirish uchun metastruktura texnologiyasidan foydalanilgan antennalarni ifodalaydi.

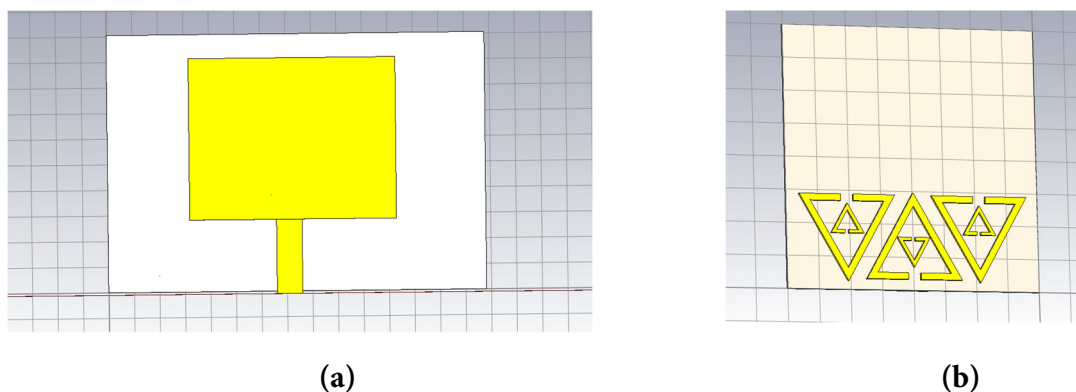


4-rasm. O‘n sakkizta metastrukturadan iborat bo‘lgan antennaning (a) old va (b) orqa tomonidan (antenna 3)

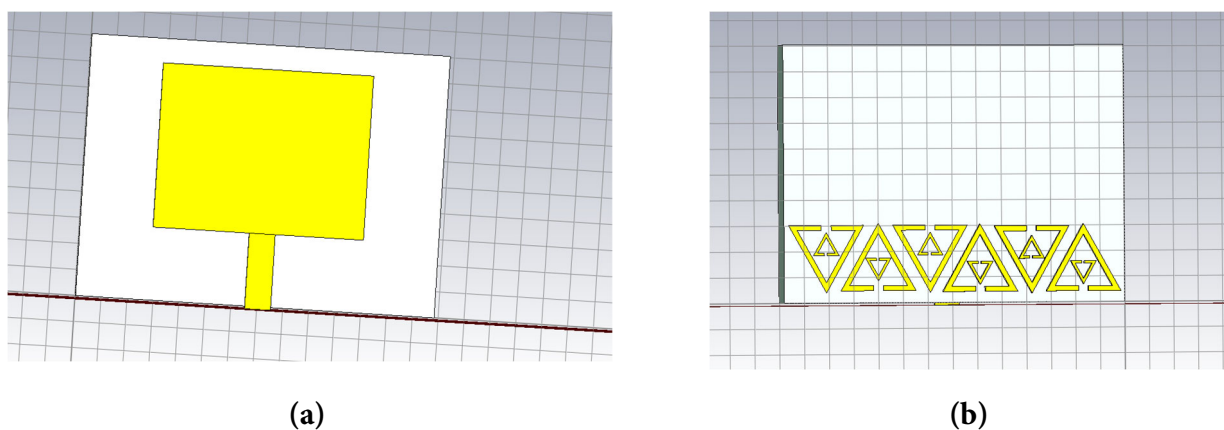


5-rasm. Oddiy patch antennaning (a) old va (b) orqa tomonidan ko‘rinishi (antenna 4)

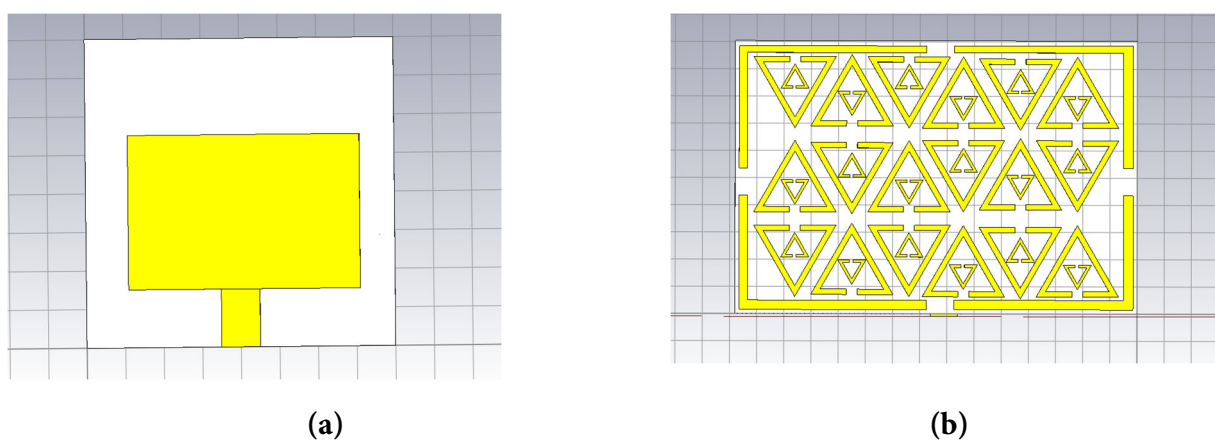
Antenna qurilmasi loyihalashtirilganidan so'ng uning ishlash samaradorligini baholash uchun CST Studio Suite muhitida antennaning immitatsion modeli ishlab chiqilgan(5-7-rasmlar).



6-rasm. Uchta metastrukturadan iborat bo'lgan antenna immitatsion modelining (a)old va (b) orqadan ko'rinishi.



7-rasm. Oltita metastrukturadan iborat bo'lgan antenna immitatsion modelining (a)old va (b) orqa ko'rinishi.

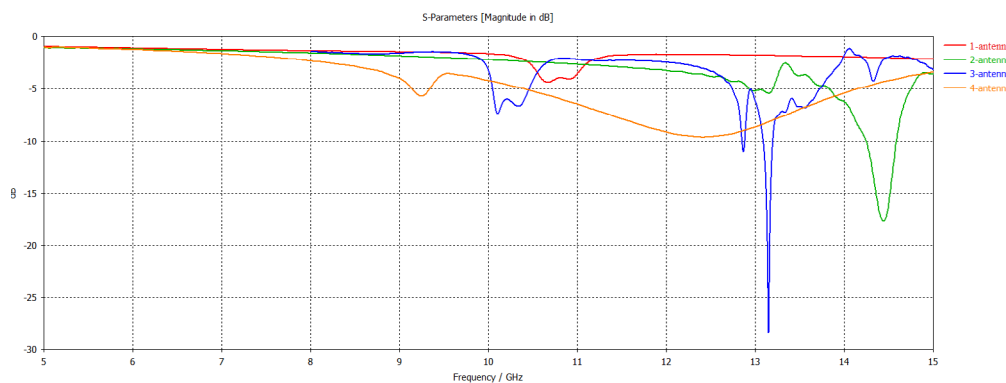


8-rasm. O'n sakkizta metastrukturadan iborat bo'lgan antenna immitatsion modelining (a)old va (b) orqa ko'rinishi.

Immitatsion modellashtirish jarayonida patch antenna va metastrukturalar o'lchamlari yuqoridagi jadvalga mos ravishda olingan. Modelni simulyatsiya qilish davomida antenning samaradorligini tahlil qilish va o'rganish asosiy maqsad sifatida olingan. Bunda antenning S11 parametri, yo'nalish diagrammasi va to'liqning turg'un turish koeffitsienti bo'yicha natijalar olingan.

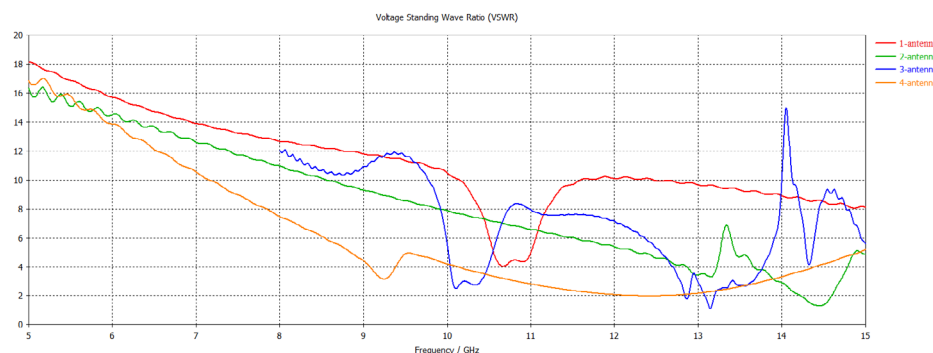
Olingan natijalar

Simulyatsiya davomida S parametr bo'yicha olingan natijalar 8-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, bu yerda 1-3-antennalar metastrukturali va 4-antenna 8 GHz chastotada ishlashga mo'ljallangan oddiy patch antenna. S11 parametr bu antenning signalni akslantirish koeffitsienti bo'lib ushbu parameter qanchalik past bo'lsa, antenning ishlash samaradorligi shuncha yuqori bo'lishini anglatadi. Olingan natijalar asosida shuni ta'kidlash mumkinki, metastrukturalar asosida antenning samarali ishlash chastota diapazonini kengaytirish imkoni mavjud bo'ladi (9-rasm).



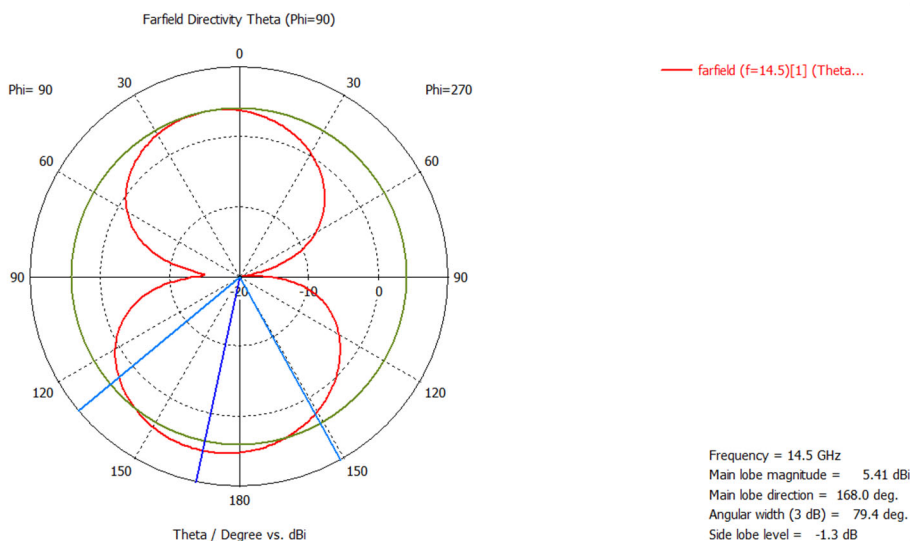
9-rasm. Antennalarning S parameter natijalari

Grafikda to'rtta antenning S11 refleksiya koeffitsienti chastotaga bog'liq holda dB birliklarida tasvirlangan. Antenna 3 (ko'k) 13.1 GHzda $S_{11} = -28.3$ dB bo'lib, yaxshi moslanish ko'rsatadi. Antenna 2 (yashil) esa 14.5 GHzda $S_{11} = -17.7$ dB ga ega bo'lib, ushbu chastotada samarali ishlaydi. Antenna 1 (qizil) va antenna 4 (sariq) esa butun chastota diapazonida yuqori refleksiya ko'rsatib, yaxshi moslanmagani ko'rinib turibdi. Xulosa qilib aytganda, Antenna 2 va Antenna 3 ma'lum chastotalarda yaxshi ishlaydi, Antenna 1 va antenna 4 esa optimallashtirish yoki qayta loyihalashni talab qiladi.

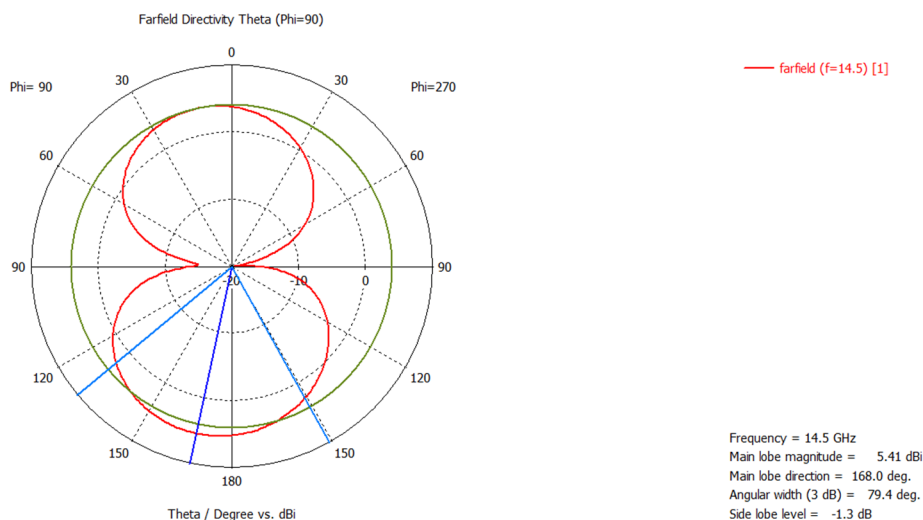


10-rasm. Antennalar uchun Voltage standing Wave Ratio (VSWR) natijalari.

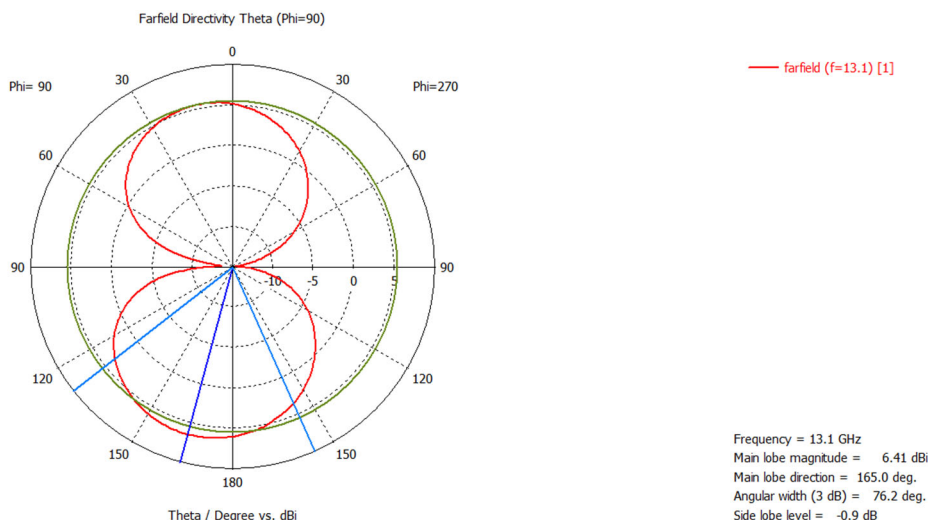
Ushbu grafikda esa antennalarning VSWR qiymatlari chastotaga bog'liq holda ko'rsatilgan. Antenna 1 (qizil) butun diapazonda yuqori VSWR qiymatiga ega bo'lib, yaxshi moslashmaganligini bildiradi. Antenna 2 (yashil) 10-15 GHz oralig'ida yaxshiroq natija ko'rsatadi, lekin ba'zi chastotalarda VSWR qiymati yuqori. Antenna 3 (ko'k) 13.1 GHzda eng yaxshi moslashuvni ko'rsatadi, ammo yuqori chastotalarda sezilarli o'zgarishlar kuzatiladi. Antenna 4 (to'q sariq) past chastotalarda eng barqaror bo'lib, 5-10 GHz oralig'ida yaxshi natija ko'rsatadi.



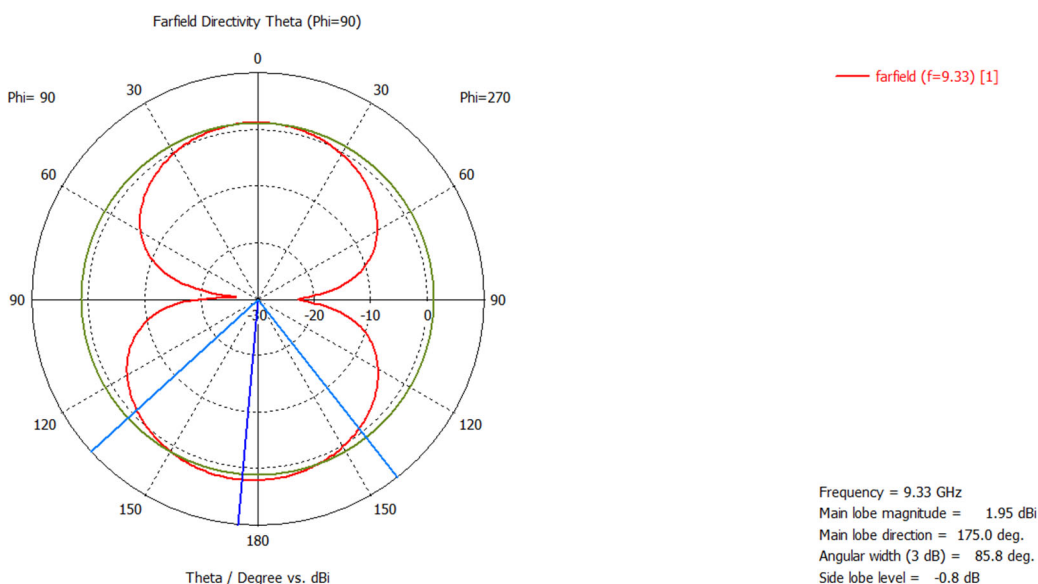
Antenna 1



Antenna 2



Antenna 3



Antenna 4

11-rasm. Antennalarning 9.17GHz da yo‘nalish diagrammasi parametrlari

Yuqoridagi to‘rtta grafikning tahliliga ko‘ra, 10.6 GHz chastotada asosiy lob 2 darajaga yo‘naltirilgan bo‘lib, 172 dBi balandlikka va 87 daraja burchak kengligiga ega. 15.4 GHz chastotada asosiy lob 37 darajaga yo‘naltirilgan va 7.62 dBi balandlikda bo‘lib, kengligi 206.3 darajani tashkil etadi. 13.1 GHz chastotada asosiy lob 160 darajaga yo‘naltirilgan, 7.68 dBi balandlikda va 86.7 daraja kenglikka ega, yon lob darajasi esa -1.4 dB. 9.33 GHz chastotada asosiy lob 175 darajaga yo‘naltirilgan bo‘lib, uning balandligi 1.95 dBi va burchak kengligi 85.8 daraja, yon darajasi esa -0.8 dB ni tashkil qiladi.

Xulosa

Barcha turdagi materiallar o'z afzallik va kamchiliklarga ega hisoblanadi. An'anaviy materiallarda asosiy kamchiliklar bardoshlilik bo'lsa, kompozit va meta materiallarda bu jihat yuqori ko'rsatkichlarni belgilab turadi. Ishlab chiqarish va narxiga keladigan bo'lsak an'anaviy materiallar kompozit va metamateriallarga qaraganda ancha arzon hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotda antenna qurilmalarida ishlatiladigan materiallarning qiyosiy tahlili olib borildi. Tadqiqot natijalari har bir materialning o'ziga xos afzallik va kamchiliklariga ega ekanligini ko'rsatdi. An'anaviy materiallar, jumladan mis, alyuminiy va oltin yuqori elektr va issiqlik o'tkazuvchanligi bilan ajralib turadi, biroq narxining qimmatligi va bardoshlilikining cheklanganligi ularning qo'llanilish imkoniyatlarini cheklaydi. Kompozit materiallar yengilligi va yuqori mustahkamligi bilan ajralib turib, yuqori haroratli muhitlarda samarali ishlaydi, ammo ularning ishlab chiqarish jarayoni murakkab va qimmat hisoblanadi. Metamateriallar esa elektromagnit boshqaruv va signal uzatishda innovatsion imkoniyatlarga ega bo'lib, yuqori ilmiy-texnik salohiyatga ega, lekin hozircha ularning ishlab chiqarish xarajatlari yuqori va ommaviy qo'llanilishi cheklangan.

Tadqiqot davomida patch antennalar va turli metamateriallar asosida ularning ishlash samaradorligi tahlil qilindi. Grafik natijalarga ko'ra, signal uzatish samaradorligi bo'yicha eng yaxshi natijalarni aniq moslangan antenna dizaynlari ko'rsatdi. Metamateriallardan foydalanish signal uzatish sifatini oshirishda istiqbolli yo'nalish hisoblanadi, ammo hozirgi kunda an'anaviy va kompozit materiallar ko'proq amaliy qo'llanilmoqda. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, antenna texnologiyalarining rivojlanishida metamateriallarni qo'llash ularning ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradi.



Adabiyotlar

1. Auwalu Aminu Abubakar, Zainab Yunusa. Comparative analysis of Microstrip Patch Antenna on different substrate material using slit technique for x-band application. Second International Symposium on Applied Sciences and Engineering (ISASE 2021), May 2021
2. K.A. Ansal, Anju S. Kumar, Simy M. Baby, Comparative analysis of CPW fed antenna with different substrate material with varying thickness, 2021, Pages 257-264.
3. Yakub B. Olufadi, Ibrahim Maina, Olaoluwa Ayodeji Adegboye, Ayodeji Irete Fasiku. Comparative Analysis of the Effect of Different Substrates Materials on Microstrip Patch Antenna. 2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM), 12-14 July 2021
4. Waleed Sethi, Saad Hassan Kiani, Mehre Munir, Pattern Diversity Based Four-Element Dual-band MIMO Patch Antenna for 5G mmWave Communication Networks. May 2024]Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves 45(5-6):1-17 .
5. Balanis, C.A. Antenna Theory: Analysis and Design. – John Wiley and Sons, 2016
6. Pozar, D.M. Microwave Engineering – John Wiley and Sons, 2011.
7. Rahmat-Samii, Y., Chen, W. handbook of antenna technologies. 2021
8. Garg, R. Bhartia, P. Bahl, I. Ittipiboon, A. Microstrip Antenna Design handbook. – Artech house, 2001.
9. Collin, R. E. Foundations for Microwave Engineering. McGraw-hill, 2001.
10. Kumar, G., Ray, K. P Broadband Microstrip Antennas. Artech house, 2003.
11. Ramesh, M., Yip, J.S. Design Formula for Microstrip patch Antennas.-IEEE Transactions on Antennas and propogtion, 1996.
12. Stutzman, W.L., G.A. Antenna Theory and design. John Wiley and Sons, 2012.
13. Zhang, Y., Zhang J. Metamaterial-based Antenna: Design and Applications. Springer, 2018.
14. Akyildiz, I.F., Jornet, J.M. Terahertz band communication and Applicayions. Springer, 2016.



Mualliflar

Turgunov Bekzod

Rahmatillayeva Shahrizoda

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası,
“University of management and future technologies” universiteti,
Toshkent, 100208, O‘zbekiston;
bekzodmirzoturgunov@gmail.com,
shahrizodaraxmatillayeva@gmail.com

Mas‘ul: bekzodmirzoturgunov@gmail.com

MAHALLIYLIK XUSUSIYATLARIGA EGA BOLGAN UY RO‘ZG‘OR BUYUMLARINI TANIB Olishga IXTISOSLASHGAN NEYRON TARMOQ MODELINI ISHLAB CHIQUISH

Annotatsiya: Ushbu maqolada ko‘zi oqiz insonlarga o‘z xonadonlarida kundalik maishiy buyumlarni tanib olishda yordam beruvchi qurilmada qo‘llash maqsad qilingan neyron tarmoq modelini ishlab chiqish jarayonida olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Maqolada lokal xususiyatlarga ega bo‘lgan buyumlarni aniqlashga ixtisoslashgan neyron tarmoq modelini ishlab chiqish jarayoni bayon etilgan. Bunga erishish uchun oldindan o‘qitilgan modellar qayta o‘qitilib, maxsus vazifaga moslashtirilgan model hosil qilingan. Tanlab olingan bir nechta oldindan o‘qitilgan obyektни tanib olish modellarini qayta o‘qitish amalga oshirilib, ular odatda obyektни aniqlash vazifalarida qo‘llaniladigan baholash mezonlari asosida baxolangan va ko‘rsatkichlari o‘zaro solishtirilgan. Ushbu solishtirish natijalari asosida tegishli xulosalar chiqarilgan.

Kalit so‘zlar: obyektlarni tanib olish, Yolov5n, Yolov5s, SSD-MobileNet, Faster R-CNN, F1-score.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Ma'lumki, bugungi kunda insoniyat hayotida sun'iy intellekt imkoniyatlari keng qo'llanilmoqda. Sun'iy intellekt imkoniyatlari nafaqat sog'lom insonlar turmush tarzida, balki jismoniy imkoniyati cheklangan insonlarning turmush tarzida ham ularga qo'shimcha qulayliklar va mustaqillik yaratish uchun faol qo'llanilmoqda. Hususan, ko'zi ojiz insonlarni kundalik hayotida ularning mustaqil turmush tarziga ega bo'lishlarida sun'iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanish qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra respublikamizda ko'rish tizimida nuqsoni mavjud insonlarning soni 70 mingga yaqin. Ularning kundalik turmush tarzida ma'lum bir faoliyat bilan mustaqil shug'ullana olishlarini ta'minlash, ularning ijtimoiylashuv darajasini yanada ortishiga, ularning jamiyatning umumiy qatlamiga integratsiyalanish darajasini ortishiga xizmat qiladi. Shuningdek ko'zi ojiz insonlarning kundalik turmush tarzini odatda o'zi istiqomat qiladigan xonadonlarida o'tkazishini e'tiborga olgan xolda ta'kidlash mumkinki, ularning ushbu xududlarda o'zlarini erkin va qulay, boshqa bir insonga bog'liq bo'lmagan xolda xis qilish imkoniyatlarini yaratish, ularning turmush tarzini yengillashtiradi. Yuqorida takidlangani kabi bu maqsadda ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan va borilmoqda. Bunday tadqiqotlar natijalari qo'llanilgan qurilma va gadjetlar ishlab chiqilmoqda va amaliyotda qo'llanilmoqda. E'tibor berilishi lozim bo'lgan jihati shundaki, bunday qurilmalarning deyarli barchasi texnologik rivojlangan xorijiy davlatlar kompaniyalari tomonidan ishlab chiqariladi. Bugungi kunda ko'rish tizimida nuqsoni mavjud insonlarning kundalik hayotini yengillashtiradigan qurilmalar, jumladan sun'iy intellektga asoslangan texnologiyalar asosida ishlovchi gadjetlar AQSh ning Microsoft va Google kompaniyalari tomonidan (ko'zi ojizlar uchun OrCam, Aira, Seeing AI loyihalari), Isroilning OrCam Technologies kompaniyasi tomonidan (dunyodagi eng mashhur ko'zi ojizlarga mo'ljallangan vizual yordamchi qurilmalardan birini – OrCam MyEye qurilmasini) va Yaponiyaning Panasonic, Sony, Fujitsu kabi kompaniyalari tomonidan va boshqa texnologik rivojlanish darajasi yuqori bo'lgan davlatlardagi kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilmoqda.

Bu tendensiyaning salbiy jihati shundaki, bunday xorijiy kompaniyalar tomonidan ishlab chiqilgan sun'iy intellektga asoslangan yordamchi qurilmalar odatda ishlab chiqariluvchi hududdagi talablardan, sharoitga bog'liq ravishda ishlab chiqiladi. Xususan, bunday ko'zi ojiz insonlarga kundalik turmush tarzida yordamchi bo'luvchi qurilmalarda qo'llaniluvchi obyektlarni tanib olish vazifasini bajaruvchi neyron tarmoq modellari yaratilishi jarayonida katta ma'lumotlar to'plami asosida o'qitiladi. Aynan ushbu ma'lumotlar to'plamini shakllantirish asosan mahalliy foydalanishdagi obyektlar va ular haqidagi ma'lumotlarni jamlash orqali amalga oshirilishi mumkin. Bunday ma'lumotlar to'plami asosida o'qitilgan neyron tarmoq modellari aynan shunday obyektlarga nisbatan yuqori tanib olish natijasini namoyon qiladi. Lekin boshqa hududlarga qo'llanilganda, xususan mamlakatimiz hududida istiqomat qiluvchi foydalanuvchilar tomonidan foydalanilganda

obyektlarni tanib olish darajasi kamayish ehtimoli katta. Demak bunday obyektlarni tanib olish neyron tarmoq modellari asosida ishlovchi ko'zi o'z insonlarga ko'makchi qurilmalarning ham qo'llanilish samaradorligi kamayadi. Shuning uchun ham aynan respublikamiz xududida istiqomat qiluvchi ko'zi o'z insonlarga kundalik turmush tarzida yordamchi bo'luvchi sun'iy intellektga asoslangan qurilmani ishlab chiqishda mahalliylik xususiyatiga ega obyekt va buyumlarni tanib olishga ixtisoslashgan neyron tarmoq modelini ishlab chiqish dolzarb masaladir.

Adabiyotlar tahlili

Yuqorida takidlangani kabi, bugungi kunda jismoniy imkoniyati cheklangan shaxslar uchun sun'iy intellektga asoslangan qurilmalar ishlab chiqish maqsadida ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan va olib borilmoqda. Quyidagi (1) ilmiy tadqiqot ishida imkoniyati cheklangan shaxslarning istiqomat qiluvchi xonadonida qo'llaniluvchi aqilli xonadon tizimini yanada foydalanuvchi uchun moslashtirish va qulaylashtirish maqsadida mashinali o'qitish tizimidan foydalanish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Foydalangan adabiyotlar qo'yxatidagi navbatdagi (2) ishda esa "Aqlli xonadon" tizimida imkoniyati cheklangan istiqomatchilar uchun qo'shimcha qulayliklar tashkil qilish uchun neyron tarmoqlarning "RNN- rekurrent neyron tarmoqlar" arxitekturasidan foydalanish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek (3) da ko'zi o'z insonlar erkin harakatlanish qobiliyatini oshirish maqsadida qo'llaniluvchi qurilma loyihasi taklif qilingan. Mazkur taklif qilingan qurilmada ko'zi o'z odamlar uchun harakatlanish jarayonida to'siqlar mavjudligini sensorlar yordamida (masalan ultratovushli sensor) aniqlanib, agar foydalanuvchidan to'siqgacha masofa belgilangan qiymatgacha kamaysa kamera ushbu to'siq sifatida ko'rilyotgan obektni tasvirga oladi va uni Yolo v5 algoritmi bo'yicha sinfini aniqlaydi. Aniqlanish natijasiga asoslanib foydalanuvchiga bu obyektни aylanib o'tish bo'yicha tovushli ko'rsatma beradi. Ro'yxatda keltirilgan navbatdagi (4) tadqiqot ishida ko'rish tizimida nuqsoni mavjud odamlar uchun mustaqil xarakatlanishi qobiliyatini oshirish maqsadida qo'llash mumkin bo'lgan chuqur neyron tarmoqlar asosidagi obyektlarni yuqori aniqlikda aniqlash metodlari va modullari ko'rib chiqilgan. Navbatdagi (5) tadqiqot ishida esa ko'zi o'z odamlar uchun CNN arxitekturali neyron tarmoq asosida ishlovchi qurilma loyihasi taklif qilingan bo'lib, bu qurilma foydalanuvchiga ko'chada mustaqil xarakatlanish imkonini beradi. Yuqorida ko'rib chiqilgan ilmiy tadqiqot ishlarining ko'zi o'z insonlarni turmush tarzini yengillashtirishda turli texnologiyalar imkoniyatlaridan foydalanish ko'rib chiqilgan. Ammo yuqorida takidlangani kabi bu tadqiqotlar tadqiqotchilarning istiqomat qilish hududi xususiyatlaridan kelib chiqib olib borilgan va mos natijalar olingan.

Tadqiqot metodologiyasi

Yuqorida takidlab o'tilgani kabi ko'zi o'z insonlarning kundalik turmush tarzida yordamchi bo'luvchi qurilmalarni samaradorligini oshirish maqsadida ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib



borilgan va borilmoqda. Shunday bo'lsada mamlakatimizda istiqomat qiluvchi ko'zi ojiz insonlar uchun shu kabi qurilmalarni ishlab chiqishda hududimizga xos kundalik turmush tarzida foydalaniladigan buyumlarni tanib olishga ixtisoslashgan obyektlarni tanib oluvchi neyron tarmoq modelini ishlab chiqish lozim. Albatta buning uchun mahalliylik xususiyatiga ega bo'lgan buyum va obyektlarning tasvirlari va ular haqidagi ma'lumotlardan tashkil topgan ma'lumotlar to'plamini yaratish lozim. Shuningdek ushbu ma'lumotlar asosida o'qitilgan neyron tarmoq modelini yaratish lozim. Bu kabi maqsadlarda qo'llanish uchun mo'ljallangan oldindan o'qitilgan modellar mavjud va ular umumiy holda obyektlarni tanib olish uchun ishlaydi. Bunday modellardan to'g'ridan-to'g'ri foydalanish bizning mahalliy turmush tarzimizda ko'p foydalaniluvchi buyumlarni tanib olish darajasini past bo'lishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun bunday oldindan o'qitilgan obyektlarni tanib olish modellarini biz tomonimizdan yaratilgan, mahalliylik xususiyatiga ega buyumlarning tasvirlari va ular haqidagi ma'lumotlardan tashkil topgan ma'lumotlar to'plami asosida qayta o'qitish lozim.

Shuningdek biz tomonimizdan yaratilgan ma'lumotlar to'plami asosida qayta oqitish natijasida olingan model qo'llanilish maqsadi va qurilmasiga bog'liq ravishda quyidagi talablarga javob berishi lozim:

Modelning kerakli obyektlarni tanib olish diapazoni katta bo'lishi lozim. Bu mazkur model asosida ishlovchi qurilmani keng spektrdagi buyum va obektlarni tanib olish imkonini beradi.

Neyron tarmoq modeli hisoblash resursi cheklangan qurilmalarda ham samarali ishlay olishi lozim. Modelini hisoblash resursi kichik bo'lgan qurilmalarda ham ishlay olishi lozim. Natijada ishlab chiqilishi maqsad qilingan qurilmaning texnik resurslariga talab kamayadi. Hisoblash resursining kichik bo'lishi qurilmaning geometrik o'lchamlarini va elektr energiya sarfini kamayishiga sabab bo'ladi. Bu o'z navbatida qurilmaning bir zaryadlanish bilan ishlash muddatini ortiradi va ishlab chiqilishi lozim bo'lgan qurilma narxini pasayishiga xizmat qiladi.

Shuningdek yaratilishi lozim bo'lgan model obektlarni tanib olish aniqligi va ishonchliligi yuqori bo'lishi lozim. Ya'ni qurilma model yordamida kerakli obektni tanib olishga kirishar ekan xatolik minimal darajada bo'lishi lozim. Sababi modelning qo'llanilishida yuz berishi mumkin bo'lgan xatolik ishlab chiqilishi maqsad qilingan qurilmadan ko'zi ojiz insonlar foydalanganda salbiy oqibatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Modelning obyekt va buyumlarni tanib olish aniqligi va ishonchliligini baxolash uchun turli baxolash metrikasidan foydalaniladi. Ya'ni bu metrika modelning ja'mi mavjud obektlardan qancha qismini to'g'ri aniqlay olish qobiliyatini anglatadi. Bu metrikaning optimal qiymati modelning qo'llanilish soxasiga bog'liq bo'ladi. Masalan ushbu tadqiqot ishida qo'llanilishi maqsad qilingan model uchun aniqlik yuqori bo'lish lozim. Ya'ni, model biror obektni qidirishda xato qilib boshqa obektni qidirilayotgan obyekt deb qabul qilishi (ya'ni FP – noto'g'ri ijobiy natijaning ortib ketishi natijasida) foydalanivchi uchun xavfli bo'lishi mumkin. Undan ko'ra model bu obektni tanimagani maqul. Ya'ni, model qidirilayotgan obyekt sifatida qabul qilgan holatlarning katta qismi to'g'ri ijobiy qaror (TP- to'g'ri ijobiy qaror) bo'lishi lozim. Modelning bu

xususiyati quyidagi metrika orqali baxolanadi:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Ya'ni, FP – noto'g'ri ijobiy qaror qabul qilishlar soni qanchalik 0 ga yaqin bo'lsa Precision metrikasining qiymati shuncha 1 ga yaqin bo'ladi va bu obyekt deb qabul qilingan qarorlarning qancha qismi to'g'ri bo'lganligini anglatadi. Albatta "Precision" metrikasining qiymati yuqori bo'lishi yaxshi va bu xato qaror qilinishlar ulushini kamaytiradi. Ammo bu ko'plab obyektlarni tanimasdan o'tkazib yuborilish ehtimolligini ortiradi. Shu sababli modelning jami obyektlardan qancha qismini to'g'ri taniy olganligini baxolash uchun navbatdagi metrika qo'llaniladi.

Modelni samaradorligini baxolashda qo'llaniladigan navbatdagi metrika bu "Recall" metrikasidir. Bu metrika modelning inferensi vaqtida, ya'ni, amaliyotda qo'llanilishi vaqtida jami nechta mavjud obyektlardan nechtasini to'g'ri taniy olishini ko'rsatadi. Shunisi borki modelning Precision metrikasi qiymatini qanchalik oshirishga harakat qilsak bor obyektlarni ham xato tanib olishni amalga oshirib qo'ymaslik uchun jami tanib olishlar soni kamayib ketadi, yani aniqlanmay qolishlar (FN – noto'g'ri salbiy qaror) sonini ortishiga sabab bo'ladi. Demak "Recall" metrikasi qiymati kamayishiga sabab bo'ladi.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Modelning yuqoridagi ikki baxolash metrikasi boyicha balanslangan xususiyatini ifodalash uchun F1-Score baxolash metrikasidan foydalaniladi. Bu metrika qiymatining ideal holatdagi qiymati 1 ga teng.

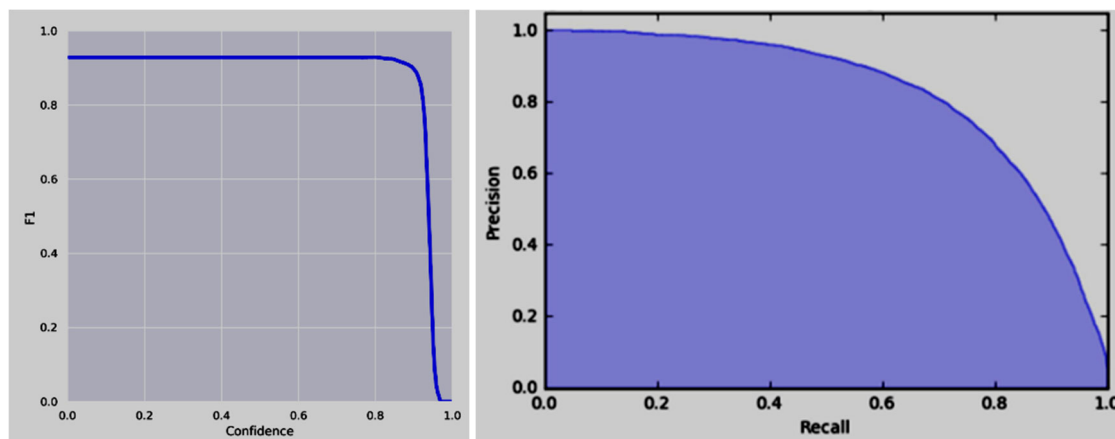
$$F1 - score = 2 \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Ushbu tadqiqot ishida qo'llanilini maqsad qilingan model uchun F1-score ning qiymati 1 ga yaqin bo'lishi lozim. Shunda ushbu model asosida ishlovchi qurilma ham obyekttni tanimay o'tkazib yuborish holatlari, ham obyekttni xato tanish holatlari soni kamayadi.

Bundan tashqari obyektlarni tanib olishda qo'llaniladigan modellarni ishonchliligini baxolashda turli karakteristikalaridan ham foydalaniladi. Masalan F1-Confidence Curve xarakteristikasi. Bu xarakteristika grafigi F1-Score ning qiymatini tanib olish ishonchliligining qiymatiga qanday bog'liqligini ko'rsatadi. Ya'ni, obyektlarni yuqori ishonchlilik bilan tanib olish holatlarida F1-score ning qiymati qanday bo'lishini ko'rsatadi.

Shuningdek, bunday modellarni baxolashda RC-Curve (PR – egri chizig'i) xarakteristikasi ham qo'llaniladi. Bu xarakteristika grafigi Precision ning qiymatini Recall ning qiymatiga qanday bog'liqligini ko'rsatadi. Odatda Recall ning qiymatini ortishida (1 ga yaqinlashishida) Precisionning

qiymati kamayib ketadi [2].



a)

b)

1-rasm. F1-Confidence Curve (a) and PR-Curve (b) xarakteristikalari.

Bu har ikki xarakteristikada ham egri chiziq ostidagi maydon (AUC – Area under the curve) yuzasining qanchalik katta bo‘lishi modelning samaradorligini, ya‘ni, ko‘p sondagi obyektlarni tanib olish jarayonida xato qaror qabul qilish darajasini past bo‘lishini anglatadi.

Mavjud dastlabki o‘qitilgan modelni qayta o‘qitish natijasida olinadigan model uy jihozlarni tanib olishga ixtisoslashgan, hisoblash resursi cheklangan qurilmalarda ishlash tezkorligi yuqori va tanib olish ishonchligi yuqori bo‘lishi lozim. Demak, ushbu tadqiqot ishida yuqorida sanab o‘tilgan metrikalar bo‘yicha ijobiy ko‘rsatkichlarga ega obyektlarni tanib olish modelini yaratish uchun avvalo mahalliylik xususiyatiga ega bo‘lgan ma‘lumotlar to‘plami yaratiladi, so‘ngra qo‘llaniluvchi qurilmaning hisoblash resurslarini yuqori bo‘lishi talab qilinmaydigan obyektlarni tanib olishda qo‘llaniladigan dastlabki o‘qitilgan model tanlab olinadi va bu modelni yaratilgan ma‘lumotlar to‘plami asosida qayta o‘qitiladi. So‘ngra qayta o‘qitilgan modelni yuqorida ko‘rib chiqqan baxolash metrikalar asosida baxolanadi va olingan tadqiqot natijalari asosida mos xulosalar chiqariladi.

Tahlil va natijalar muhokamasi. Demak, avvalo ushbu tadqiqot ishida qo‘llanilish qurilmasi va maqsadiga mos obyektlarni tanib olish modelini tanlab olaylik. Buning uchun bugungi ushbu maqsadda qo‘llash uchun yaratilgan modellarni solishtirma tahlilini amallga oshirish va qo‘yilgan maqsadga mos eng maqbul oldindan o‘qitilgan modelni tanlab olamiz.

Quyida bugungi kunda ob‘ektlarni tanib olish uchun real vaqt rejimida ishlashga mo‘ljallangan mavjud oldindan o‘qitilgan modellar va ularning xususiyatlari keltirilgan [3-5]:

YOLOv5s yoki YOLOv5n versiyalari. YOLO modelining bu versiyalari uning boshqa versiyalariga nisbatan aniqligi va cheklangan resursli qurilmalarda real vaqt rejimida tezkor ishlay olishi kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi.

SSD-MobileNet bu SSD (Single Shot Detektor) obyektlarni tanib olish algoritmining MobileNet

neyron tarmog'i bilan konvergentsiyasi natijasida hosil bo'lgan dastlabki o'qitilgan modeldir. Hususan SSD-MobileNet asosiy muammo bo'lgan kichik hisoblash resursiga ega bo'lgan mobil qurilmalarda ishlash uchun optimal yechimlardan biridir.

Efficient Det-Lite - EfficientDet modellari oilasining vakili bo'lib Efficient Det-Lite modeli mobil va cheklangan hisoblash resursiga ega qurilmalarda samarali ishlaydi.

Faster R-CNN – bu model R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) modelining evolyutsiyasi bo'lib, bu modelda ishlov berish tezligi juda yuqori. Ammo tasvirlarga bunday yuqori tezlikda ishlov berish kuchli hisoblash resurslarini talab qiladi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan obyektlarni tanib olishda qo'llaniluvchi modellarni ishlash samaradorligini belgilovchi va qo'llanish qurilmasidagi hisoblash resurlariga bo'lgan talablarga asoslanib solishtirganda quyidagi tahlil natijalari hosil bo'ladi (1-jadval).



1-jadval. Obyektlarni tanib olish modellari xususiyatlari

Model	Hisoblash resursi cheklangan qurilmalarda ishlash imkoniyati	Ishlash aniqligi	Tasvirlarga ishlov berish tezligi	Qo'llanilishi
YOLOv5n (Nano)	Yuqori darajada	Яхши	Juda yuqori	Real vaqt rejimida kichik hisoblash resursiga ega qurilmalarda
YOLOv5s (Small)	Yuqori darajada	Juda Яхши	Juda yuqori	Real vaqt rejimida kam kichik hisoblash resursiga ega qurilmalarda
SSD-MobileNet	Yuqori darajada	Ўртача	Juda yuqori	Mobil qurilmalarda
EfficientDet-Lite	O'rta darajada	Яхши	O'rtaча	O'rtaча hisoblash resursiga ega qurilmalarda
Faster R-CNN	Samaradorlik past	Юқори	Past	Yuqori hisoblash resursiga ega qurilmalarda

Demak, yuqoridagi tahlillar natijasiga ko'ra ta'kidlash mumkinki, obyektlarni tanib olish uchun real vaqt rejimida ishlashga mo'ljallangan modellar ichida YOLOv5s va YOLOv5n modellari nafaqat YOLOv5s modellar oilasi ichida, balki boshqa shu maqsadda qo'llaniluvchi modellarga nisbatan real vaqt rejimida hisoblash resurslari cheklangan qurilmalarda qo'llash uchun eng optimal variantlar hisoblanadi. Chunki cheklangan resursli qurilmalarda ishlash darajasi, ishlash tezligi, aniqligi kabi kriteriyalar bo'yicha bu modellarni eng optimal yechim ekanliklarini ko'rish mumkin.

Yuqorida amalga oshirilgan solishtirma tahlil natijasida tanlab olingan YOLOv5s va YOLOv5n dastlabki o'qitilgan modellarini mahalliylik xususiyatiga ega buyumlar va ular haqidagi ma'lumotlar asosida yaratib olingan ma'lumotlar to'plami asosida qayta o'qitiladi.

Buning uchun 20 xil uy-roz'g'or buyumlarini o'z ichiga olgan 2000 ta rasmda iborat ma'lumotlar to'plami yaratilib olingan. Demak, bu ma'lumotlar to'plamida 20 ta sinf hosil bo'ladi. Kerakli ma'lumotlar to'plamini hosil qilishda obyektlar tasvirlangan rasmlarning o'lchami YOLO

uchun qulay bo'lgan 640x640 o'lchamda yaratib olingan. Shuningdek barcha rasmlar sinflar kesimida o'qitish (train) uchun 70%, validatsiya uchun 20% va testlash uchun mos ravishda 10% qilib ajratildi.

Ushbu ma'lumotlar to'plami asosida Yolov5s va Yolov5n versiyadagi dastlabki o'qitilgan modellarni qayta o'qitiladi. Bu o'qitish jarayoni Google Colab muhitida amalga oshiriladi.

Yolov5s va Yolov5n dastlabki o'qitilgan modellarini qayta o'qitishda giperparametrlarni tanlashda tanib olishdagi aniqlik darajasi va model ishlash tezkorligini balanslangan qiymatini ta'minlaydigan optimal qiymat sifatida batch=16, epochs =100 qilib belgilandi.

Demak ushbu ma'lumotlar to'plami asosida Yolov5s va Yolov5n dastlabki o'qitilgan modellari qayta o'qitildi. Har ikki dastlabki o'qitilgan modelni qayta o'qitish natijasida olingan modellar baxolash metrikalari bo'yicha baxolandi. Endi olingan baxolash ko'rsatkichlarni solishtirish va kerakli xulosalar qilish lozim.

Tahlil va natijalar muhokamasi

Qayta o'qitish natijasida olingan har ikki modelning baxolash ko'rsatkichlarini 2-jadvalda keltirilgan. Jadvalda qayta o'qitish natijasida olgan har ikki modelimizning sinflar bo'yicha umumiy olingan baxolash metrikalari qiymatlari aks ettirilgan.

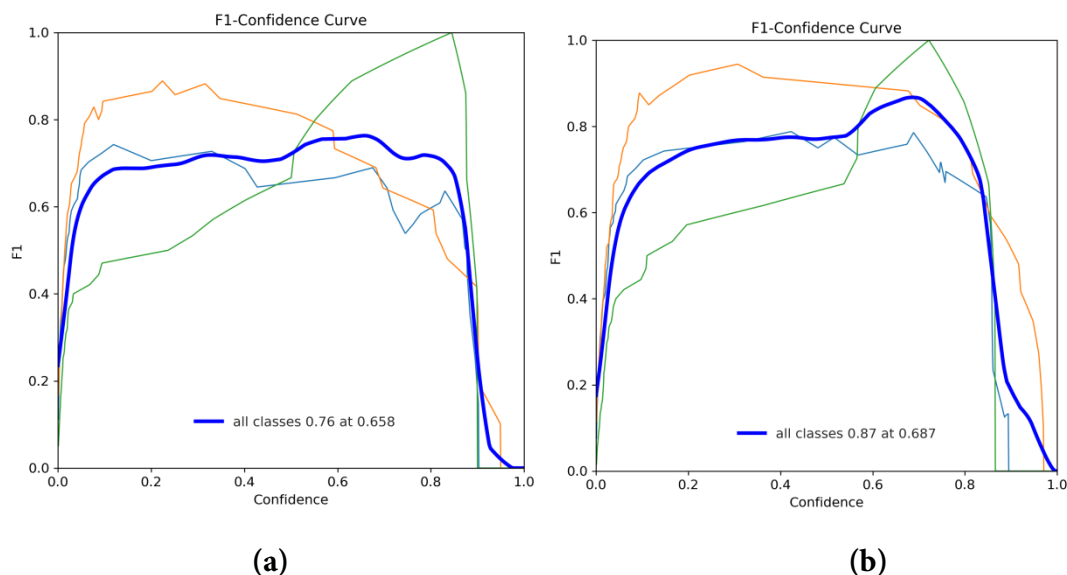
2-jadval. Qayta o'qitilgan modellarning turli baxolash metrikalari bo'yicha ko'rsatkichlari

Model	Model qatlamlari soni	Model parametrlari	P (Precision)	R (Recall)	mAP@0.5	mAP@0.5-0.95	F1-score
Yolov5n ni qayta o'qitish natijasida yaratilgan model	157	1 763 224	0.816	0.756	0.883	0.667	0.7849
Yolov5n ni qayta o'qitish natijasida yaratilgan model	157	7 018 216	0.848	0.91	0.893	0.697	0.877

Yuqoridagi 2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga asosan ta'kidlash mumkinki, Yolov5s ni qayta o'qitish natijasida olingan model obyektlarni tanib olish aniqligini tavsiflovchi asosiy metrikalar bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarga ega. Ya'ni, obyektlarni tanib olishlar sonining qancha qismi to'g'ri amalga oshirilganligini tavsiflovchi Precision, modelning mavjud obyektlardan qancha qismini

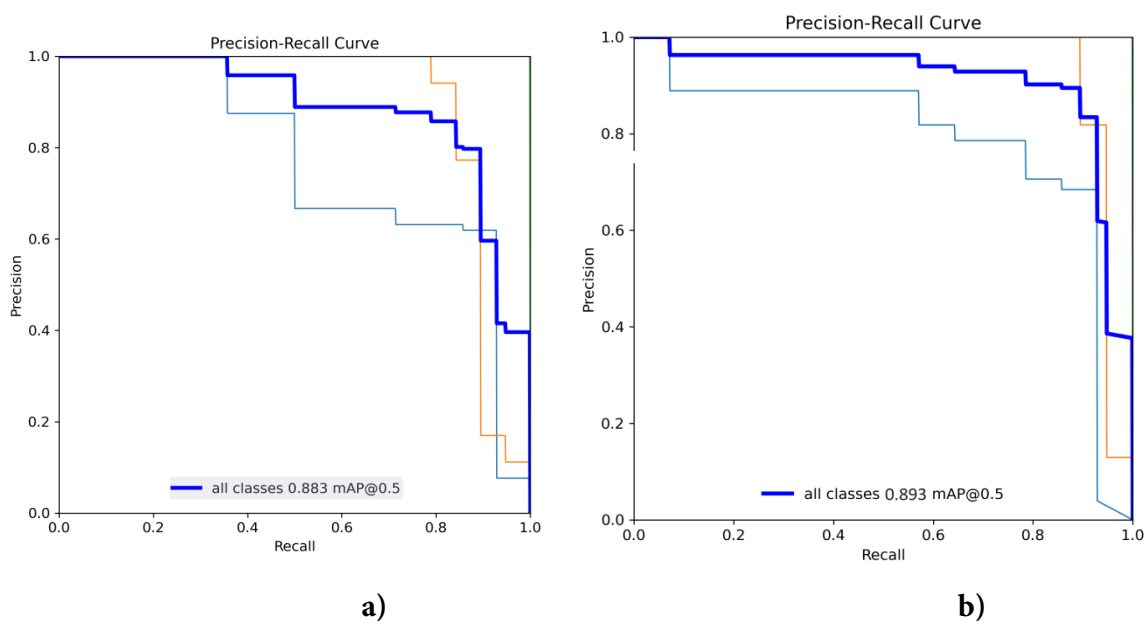
aniqlay olish qobiliyatini tavsiflovchi Recall, Precision va Recall ning muvozanidagi qiymatini tavsiflovchi F1-score metrikalarining qiymatlari olingan ushbu model uchun yuqori qiymatga ega.

Shuningdek bu qayta o'qitish natijasida olgan modellarimizni ishonchliligini baxolash imkoniyatini beruvchi F1-Confidence Curve va PR-Curve xarakteristikalari quyidagi ko'rinishga ega (2-rasm).



2-rasm. Modelning yuqori ishonchlilik bilan aniqlash ko'rsatkichlarida F1-score ning qiymati qanday bo'lishini aks ettiruvchi F1-Confidence Curve egri chiziq xarakteristikasi.

Yolov5n ni qayta o'qitish natijasida olingan model uchun –(a), Yolov5s ni qayta o'qitish natijasida olingan model uchun –(b).



3-rasm. Modelning Recallning yuqori qiymatlarida Precision qiymati qanday bo'lishini aks ettiruvchi PR-Curve egri chiziq xarakteristikasi. Yolov5n ni qayta o'qitish natijasida olingan model

uchun –(a), Yolov5s ni qayta o‘qitish natijasida olingan model uchun – (b).

Endi yuqorida taqdim etilgan ma’lumotlar asosida qayta o‘qitish natijasida olingan ikki modellarimizni o‘zaro solishtirma tahlilini amalga oshirish mumkin. 3-jadvalda keltirilgan ma’lumotlarga ko‘ra ta’kidlash mumkinki Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimiz Yolov5n dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimizga nisbatan deyarli barcha metrikalar bo‘yicha yuqori ko‘rsatkichlarga ega. Precision, Recall, mAP@0.5-0.95 va F1-score kabi metrikalar qiymatlari buni tasdiqlaydi. Modelning obyektlarni tanib olish aniqligi ham Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimiz uchun yuqori ko‘rsatkichlarga ega.

Shuningdek modellarni ishonchli ishlashini tavsiflovchi F1-Confidence Curve va PR-Curve xarakteristikalarini ham Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimizning ishlash ishonchligi va aniqligi yuqori ekanligini tasdiqlaydi (3-rasm). Chunki bu xarakteristikalaridagi egri chiziqlar ostidagi maydon yuzasi (Area under the Curve) qanchalik katta bo‘lsa bu egri chiziq tavsivlayotgan modeling ishonchligi yuqori ekanligini anglatadi.

Xulosa

Xulosa qilish mumkinki, hisoblash resursi cheklangan yagona platali mikrokompyuter qurilmalarida Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini maxsus ishlab chiqilgan mahalliylik xususiyatiga ega bo‘lgan ma’lumotlar to‘plami asosida qayta o‘qitish natijasida olingan modelni qo‘llash mumkin. Chunki:

➤ Recall, Precision, F1-score kabi baxolash metrikalari qiymatlariga (2-jadval) asoslanib ta’kidlash mumkinki, Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimiz bunday maqsad uchun samarali yechim bo‘la oladi.

➤ Bunday maqsadda qo‘llaniluvchi model hisoblash resursi cheklangan qurilmalarda ham ishlay olishi lozim. Bu modeldan ixchamlik va ishlash tezligini yuqori bo‘lishini talab qiladi. Yuqoridagi 2-jadvaldagi keltirilgan modellarning ishlash tezligini tavsiflovchi metrikalar bo‘lgan **Pre-process** va **Inference** qiymatlariga asoslanib ta’kidlash mumkinki, Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimiz bunday maqsad uchun samarali yechim bo‘la oladi.

➤ Shuningdek yuqorida 2-rasmda tasvirlangan F1-Confidence Curve va 3-rasmda tasvirlangan PR-Curve xarakteristikalarini grafiklari ham Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modelimiz nisbatan samaradorligi yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Demak bu tahlillar asosida xulosa qilish mumkinki xonadon buyumlarini tanib olish vazifasini bajaruvchi qurilmani ishlab chiqishda ushbu ishda maxsus ma’lumotlar to‘plami asosida Yolov5s dastlabki o‘qitilgan modelini qayta o‘qitish natijasida olingan modeldan foydalanish samarani bo‘ladi.



Chunki bu model barcha baxolash metrikalari ko‘rastkichlari bo‘yicha ijobiy ko‘rsatkichlarga ega. Bu modelni qurilmada qo‘llash natijasida mahalliy sharoyitda foydalaniluvchi uy-ro‘zg‘or buyumlarini tez va yuqori aniqlikda aniqlash mumkin bo‘ladi.

Adabiyotlar

1. Smart Homes for Disabled People: A Review Study. Masoud M. Hassan, Cairo University, Asaad Khaleel. November 2022. *Science Journal of University of Zakho* 10(4):213-221.
2. Progress Mali. A Smart Home Appliance Control System for Physically Disabled People. March 2019. Conference: 2019 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS).
3. A Deep Learning Based Model to Assist Blind People in Their Navigation. Nitin Kumar, Anuj Jain. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice* 21:095-114. January 2022
4. Swathi, K., Vamsi, B., Rao, N.T. (2021). A Deep Learning-Based Object Detection System for Blind People. In: Saha, S.K., Pang, P.S., Bhattacharyya, D. (eds) *Smart Technologies in Data Science and Communication. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 210. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1773-7_18
5. A CNN-Based Wearable Assistive System for Visually Impaired People Walking Outdoors. I-Hsuan Hsieh, Hsiao-Chu Cheng, Hao-Hsiang Ke, Hsiang-Chieh Chen and Wen-June Wang *Journal of Applied Sciences*, Volume 11, Issue 21. *Appl. Sci.* 2021, 11(21), 10026; <https://doi.org/10.3390/app112110026>.
6. Optimal solutions for determining the distance to an object in an autonomous mobile device for people with disabilities. U.R.Xamdorov, B.A.Turgunov. "Digital transformation and artificial intelligence: problems, innovations and trends" 1st international scientific - practical conference, 11-sentyabr 2024, Tashkent, –B. 70-74.
7. Assisting Blind People Using Object Detection with Vocal Feedback. Heba Najm, Khirallah Elferjani, Alhaam Alariyibi. 2022 IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA), pp. 48-52/ <https://doi.org/10.1109/MI-STA54861.2022.9837737>.
8. Guidance system for Visually Impaired Persons using Deep Learning and Optical flow. Shwetang Dubey, Alok Ranjan Sahoo, Pavan Chakraborty. 2023 27th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). DOI:10.1109/ICSEC59635.2023.10329703. September 2023.



Автор

Ташметов Комолиддин

Ташкентский государственный транспортный университет, Кафедра информационных системы и технологии на транспорте, Ташкент, 100167 Узбекистан;

tashmetov1993@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И KAN В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Аннотация: В данной работе проведен сравнительный анализ моделей глубокого обучения (MLP, RNN, LSTM, GRU) и Колмогорово-Арнольдской сети (KAN) для прогнозирования транспортных потоков. Основное внимание уделено оценке точности предсказаний с использованием метрик MSE, MAE и R^2 . Для проверки обобщающей способности моделей использовались как тестовые, так и уникальные данные. По результатам экспериментов модель KAN показала лучшие показатели точности при прогнозировании транспортных потоков по сравнению с традиционными нейросетевыми архитектурами. Представлены визуализации архитектуры моделей, графики функции потерь и сравнительные таблицы результатов. Исследование подтверждает перспективность использования KAN в задачах транспортного моделирования, так как она демонстрирует высокую точность при меньших вычислительных затратах.

Ключевые слова: транспортные потоки; модели прогнозирования; алгоритмы прогнозирования; методы глубокого обучения; MLP; RNN; LSTM; GRU; KAN; ARIMA; SVM; SVR.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Введение

Рост количества транспортных средств в городах стал источником значительных проблем, таких как увеличение числа дорожно-транспортных происшествий, ухудшение экологической ситуации и снижение общей экономической продуктивности. В связи с этим особенно важно развитие интеллектуальных систем, способных управлять транспортными потоками с использованием искусственного интеллекта (ИИ). Такие системы могут не только оптимизировать движение на дорогах, но и минимизировать негативные последствия, вызванные дорожными заторами [1].

Транспортные заторы оказывают многогранное отрицательное влияние на городскую среду и жизнь людей. В экономическом аспекте они ведут к значительным потерям рабочего времени, росту расходов на топливо и ускоренному износу транспортных средств. Эти факторы снижают общую эффективность экономики, что особенно ощутимо в условиях современных мегаполисов, где даже небольшие задержки могут привести к крупным убыткам. Например, увеличение времени поездки напрямую связано с потерей производительности труда, а также с дополнительными издержками, связанными с эксплуатацией транспортных средств. В конечном итоге это отражается на экономической стабильности и развитии города.

Не менее важным аспектом является влияние заторов на окружающую среду. Длительные простои транспортных средств на дороге способствуют увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу, что ухудшает качество воздуха и усиливает изменения климата. Загрязнение воздуха в городах не только снижает комфорт проживания, но и создает серьезные угрозы для здоровья жителей. Это особенно актуально в условиях нарастающей урбанизации и роста населения в крупных городах [2].

Кроме того, транспортные заторы напрямую связаны с ухудшением качества жизни. Длительное ожидание в пробках вызывает стресс и неудовлетворенность, что может приводить к негативным последствиям как для психического, так и для физического здоровья водителей и пассажиров. Постоянные задержки на дороге снижают уровень удовлетворенности жизнью, что, в свою очередь, может повлиять на общее состояние общества. Отсюда возникает необходимость поиска эффективных решений, которые могли бы не только снизить число заторов, но и улучшить общее качество городской жизни.

В условиях растущей урбанизации прогнозирование транспортных потоков становится одним из ключевых инструментов управления городской средой. Прогнозирование позволяет не только предвидеть возможные заторы, но и оптимизировать использование дорожной инфраструктуры. Это способствует улучшению дорожной безопасности, снижению уровня загрязнения окружающей среды и повышению эффективности использования транспортных ресурсов. Кроме того, эффективное прогнозирование помогает городским властям и

планировщикам более рационально распределять ресурсы и разрабатывать долгосрочные стратегии развития транспортных систем.

Особое значение приобретает использование ИИ в прогнозировании транспортных потоков. Современные алгоритмы машинного обучения и глубокого обучения позволяют создавать модели, которые с высокой точностью предсказывают движение транспортных средств на дорогах. Эти модели могут учитывать широкий спектр факторов, включая погодные условия, время суток, состояние дорог и даже поведение водителей. Использование таких технологий позволяет значительно повысить точность прогнозов и, как следствие, эффективность управления транспортными потоками.

С развитием технологий и ростом объемов данных, собираемых с помощью различных датчиков и систем мониторинга, потенциал применения ИИ в этой области будет только возрастать. Это открывает новые возможности для создания более устойчивых и эффективных транспортных систем, которые смогут справляться с растущими нагрузками и минимизировать негативные последствия урбанизации.

Материалы и методы

Прогнозирование транспортных потоков является важным инструментом для обеспечения устойчивого развития городов и повышения качества жизни. Оно позволяет не только оптимизировать дорожное движение, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить безопасность на дорогах и улучшить общее состояние экономики (рис.1). В условиях нарастающей урбанизации и увеличения числа транспортных средств на дорогах, значение таких технологий будет только возрастать, делая их неотъемлемой частью современного городского управления [1].

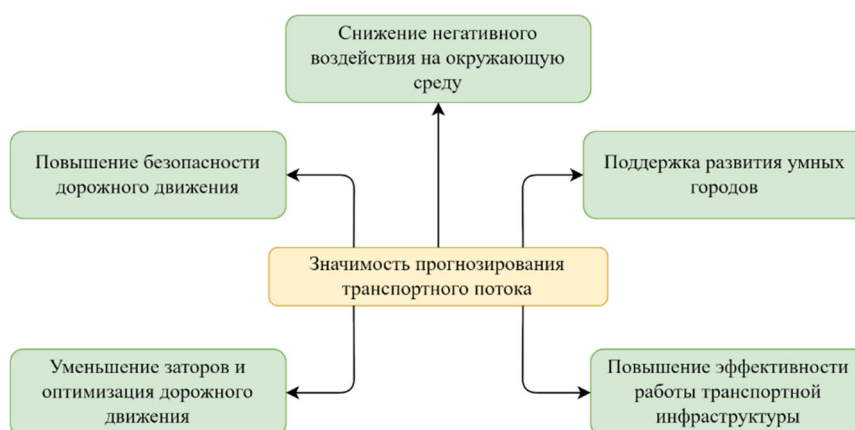


Рис.1. Значимость прогнозирования транспортного потока.

Анализ различных источников [2–4] показывает, что методы прогнозирования транспортных потоков непрерывно совершенствуются, что приводит к значительному

повышению точности и эффективности создаваемых моделей [2]. За последние десятилетия в этой области широко использовались статистические методы, методы машинного обучения и глубокого обучения. Эти подходы позволили существенно улучшить прогнозирование, сделав его более надежным и адаптивным к изменяющимся условиям.

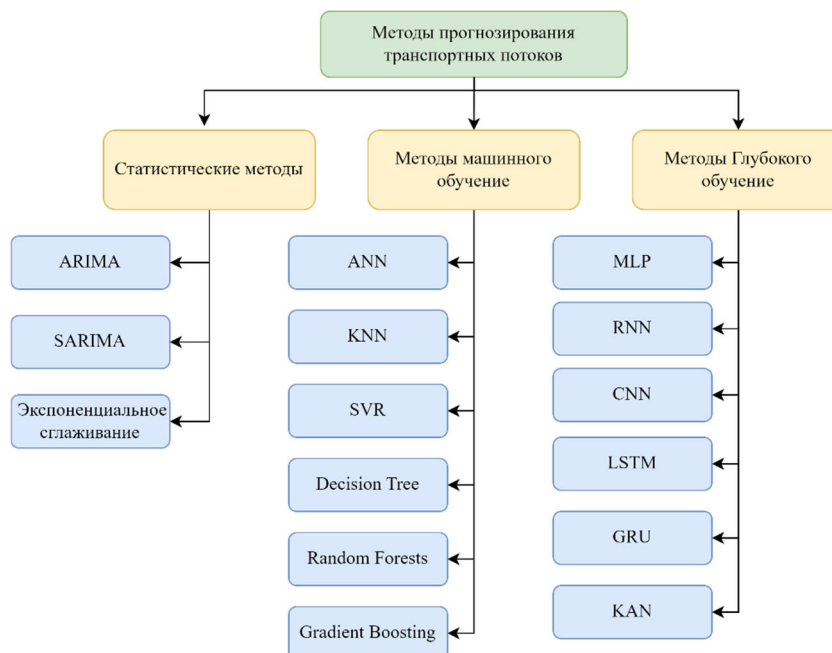


Рис. 2. Наиболее часто используемые методы прогнозирования.

На рисунке 2 представлены наиболее используемые методы, включая самые популярные на данный момент. Эти методы включают как классические статистические подходы, так и современные алгоритмы машинного и глубокого обучения.

Прогнозирование транспортных потоков требует использования различных методов, которые могут варьироваться в зависимости от сложности задачи и доступных данных [5]. Статистические методы предоставляют надежные и интерпретируемые решения для задач, где данные имеют предсказуемые паттерны. Методы машинного обучения обеспечивают гибкость и способность моделировать сложные зависимости в данных, а методы глубокого обучения открывают новые возможности для анализа больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей [6]. В совокупности эти методы позволяют решать широкий спектр задач, связанных с прогнозированием транспортных потоков, обеспечивая основу для более эффективного управления транспортной инфраструктурой.

К статистическим методам относятся традиционные подходы, которые основываются на анализе временных рядов и математическом моделировании [7,8]. Одним из наиболее известных статистических методов является ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), который сочетает в себе элементы авторегрессии, интеграции и скользящего среднего. Этот метод широко используется для прогнозирования временных рядов, особенно



в случаях, когда данные являются стационарными или могут быть приведены к стационарному виду.

Еще одним популярным статистическим методом является модель экспоненциального сглаживания (Exponential Smoothing) [9], которая учитывает как тренды, так и сезонные колебания данных. Такие методы, позволяют эффективно прогнозировать временные ряды с ярко выраженными сезонными компонентами. Как было уже сказано, статистические методы часто применяются в случаях, когда данные обладают предсказуемыми паттернами и когда требуется высокая интерпретируемость модели.

Методы машинного обучения охватывают более широкий спектр алгоритмов, которые обучаются на основе данных и могут выявлять более сложные закономерности в транспортных потоках. Один из ключевых методов машинного обучения — метод опорных векторов SVM (Support Vector Machines), который используется для задач классификации и регрессии. В контексте прогнозирования транспортных потоков, метод SVR (Support Vector Regression) позволяет моделировать нелинейные зависимости между переменными, что может быть полезным для прогнозирования краткосрочных изменений в транспортных потоках [10].

Другим важным методом является регрессия с деревьями решений DT-R (Decision Tree Regression), которая строит модель на основе иерархии правил принятия решений [11]. Этот метод является основой для более сложных ансамблевых методов, таких как случайные леса RF (Random Forests) и градиентный бустинг GB (Gradient Boosting), которые объединяют множество деревьев решений для повышения точности прогнозов [1].

Методы машинного обучения обладают высокой гибкостью и могут адаптироваться к различным типам данных и задач. Они особенно полезны в случаях, когда данные имеют сложные и нелинейные взаимосвязи, которые трудно уловить с помощью традиционных статистических методов.

Методы глубокого обучения представляют собой сложные и мощные модели, способные анализировать большие объемы данных и выявлять глубокие закономерности [12]. Одним из наиболее распространенных методов глубокого обучения является рекуррентные нейронные сети RNN (Recurrent Neural Networks), и их разновидности, такие как LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit). Эти модели особенно эффективны для работы с временными рядами, так как они учитывают последовательную природу данных и могут запоминать информацию о предыдущих состояниях сети [13–16].

Другим важным методом глубокого обучения является сверточные нейронные сети CNN (Convolutional Neural Networks), которые изначально были разработаны для обработки изображений, но также могут быть адаптированы для анализа временных рядов. В контексте

прогнозирования транспортных потоков CNN могут использоваться для выделения пространственно-временных закономерностей в данных, что делает их полезными для задач, связанных с прогнозированием интенсивности движения в различных регионах [13].

Одной из новых и перспективных архитектур глубокого обучения являются сети Колмогорова-Арнольда KAN (Kolmogorov-Arnold Networks), которые основаны на теореме представления Колмогорова-Арнольда. Эти сети отличаются от традиционных моделей глубокого обучения тем, что используют сплайновые функции в качестве активаций, что позволяет им быть более интерпретируемыми и эффективными [17–19].

Наша статья представляет собой перспективное исследование, посвященное применению сетей Колмогорова-Арнольда (KAN) для прогнозирования транспортных потоков. Мы ставим перед собой задачу оценить практичность применения KAN в реальных сценариях транспортного моделирования, анализируя их эффективность с точки зрения количества обучаемых параметров.

Для достижения этой цели мы провели оценку производительности KAN, используя реальные данные транспортного трафика. В ходе исследования мы также сравнили результаты, полученные с использованием KAN, с результатами прогнозирования, полученными с помощью более традиционных нейронных сетей, таких как многослойные перцептроны MLP, рекуррентные нейронные сети (RNN), а также их продвинутых вариантов LSTM и GRU. Эти архитектуры широко признаны и активно используются для задач прогнозирования временных рядов, включая прогнозирование транспортных потоков.

Методология исследования

3.1 Постановка задачи

Пусть значения временного ряда $Y(t)$ доступны в дискретные моменты времени $t = 1, 2, \dots, T$. Обозначим временной ряд как $Y(t) = Y(1), Y(2), \dots, Y(T)$. В момент времени T необходимо определить значения процесса $Y(t)$ в последующие моменты времени $T + 1, \dots, T + L$. Здесь T — называется моментом прогноза, а величина L — временем упреждения.

Для вычисления значений временного ряда в будущие моменты времени требуется определить функциональную зависимость, которая отражает связь между прошлыми и будущими значениями этого ряда. Эта зависимость называется моделью прогнозирования.

$$Y(T + i) = F(Y(T), Y(T - 1), Y(T - 2), \dots), i = 1, 2, \dots, L, \quad (1)$$

где F — функция, которая определяет связь между прошлыми значениями временного ряда и прогнозируемыми значениями. Модель прогнозирования должна быть построена



таким образом, чтобы среднее абсолютное отклонение истинного значения от прогнозируемого стремилось к минимальному для заданного времени упреждения L .

$$MAD = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L |Y(T+i) - \hat{Y}(T+i)|, \quad (2)$$

где $Y(T+i)$ – истинная значение, $\hat{Y}(T+i)$ – прогнозные значения временного ряда.

Кроме получения будущих значений временного ряда, необходимо определить доверительный интервал (3) возможных отклонений этих значений. Это позволит оценить диапазон, в пределах которого могут находиться реальные значения процесса. Конструкция доверительного интервала поможет в анализе надежности и точности прогнозов.

$$[\hat{Y}(T+i) - z \cdot \sigma, \hat{Y}(T+i) + z \cdot \sigma], \quad (3)$$

где z – значение критического уровня для выбранного уровня доверия. Например, для уровня доверия 95% значение z примерно равно 1.96 (в случае нормального распределения). σ – стандартная ошибка прогноза, которая измеряет вариабельность прогнозного значения.

3.2 Исходные данные

Для достижения поставленной выше исследовательской цели необходимо сформировать набор данных. Данные были собраны с перекрёстков, расположенных на улице Богишамол и на участке малой кольцевой дороги в Ташкенте, Узбекистан. Для этого использовались специальные программы и статистические методы. Сбор данных осуществлялся в период с 1 января по июнь 2023 года. Структура этих данных представлена в таблице 1, которая содержит информацию о дате, времени, направлении транспортного потока и количестве транспортных средств в каждый час.

Таблица. 1. Структура собранных данных.

№	DateTime	Vehicles	day	week	month	year
0	01.01.2023 0:00	140.0	1	7	1	2023
1	01.01.2023 1:00	140.0	1	7	1	2023
2	01.01.2023 2:00	100.0	1	7	1	2023
3	01.01.2023 3:00	60.0	1	7	1	2023

Анализ собранных данных показал, что пиковые часы транспортных потоков, как правило, приходятся на раннее утро с 8:00 до 11:00 и вечер с 16:00 до 19:00. Эти временные интервалы характерны для наибольшей загруженности дорог в рабочие дни. График средней

интенсивности и медианы движения транспорта по дням недели на этом участке дороги представлен на рисунке 3.

На основе этой информации мы разрабатываем модели прогнозирования транспортных потоков, используя вышеупомянутые методы. В процессе разработки моделей будет проведен сравнительный анализ различных подходов с целью выбора наиболее эффективного. Для этого планируется корректировка параметров моделей, таких как количество слоев, количество нейронов в слое, функции активации и другие гиперпараметры, чтобы достичь наилучших результатов.

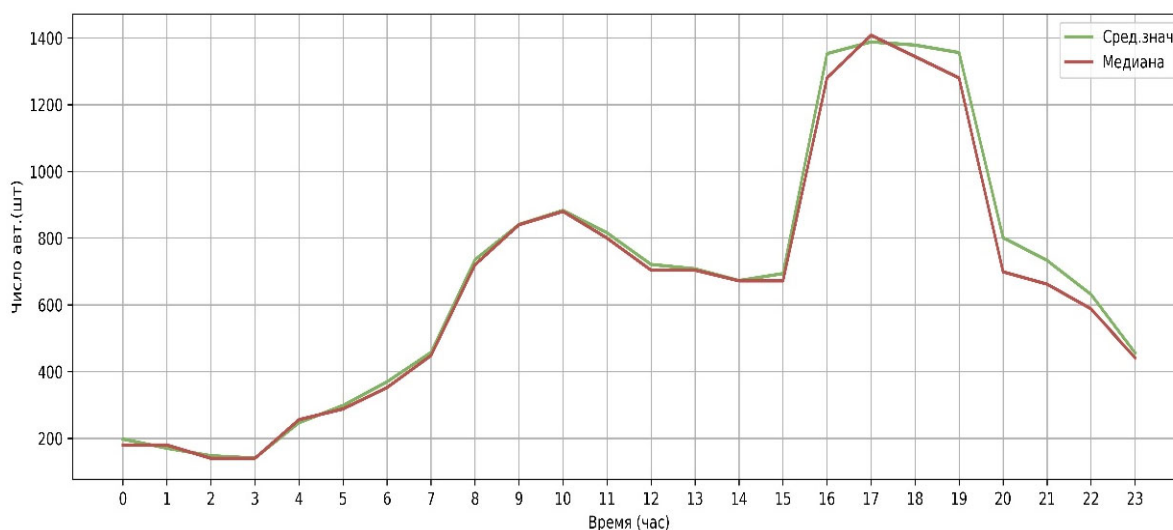


Рис. 3. Усредненные значения и медиана интенсивности транспорта.

3.3 Выбор модели прогнозирования

В данной работе нам предстоит создать модели прогнозирования транспортных потоков, используя методы MLP, RNN, LSTM, GRU и KAN. Прежде, чем перейти к реализации этих моделей, ниже приведём краткую информацию о каждом из указанных методов.

Многослойные перцептроны (MLP) являются одной из базовых и наиболее распространенных архитектур нейронных сетей в области глубокого обучения. Они широко используются для решения различных задач, таких как классификация, регрессия и прогнозирование временных рядов.

MLP представляет собой искусственную нейронную сеть, состоящую из нескольких слоев нейронов, организованных в иерархию. В базовом виде MLP включает три типа слоев (рис. 4).

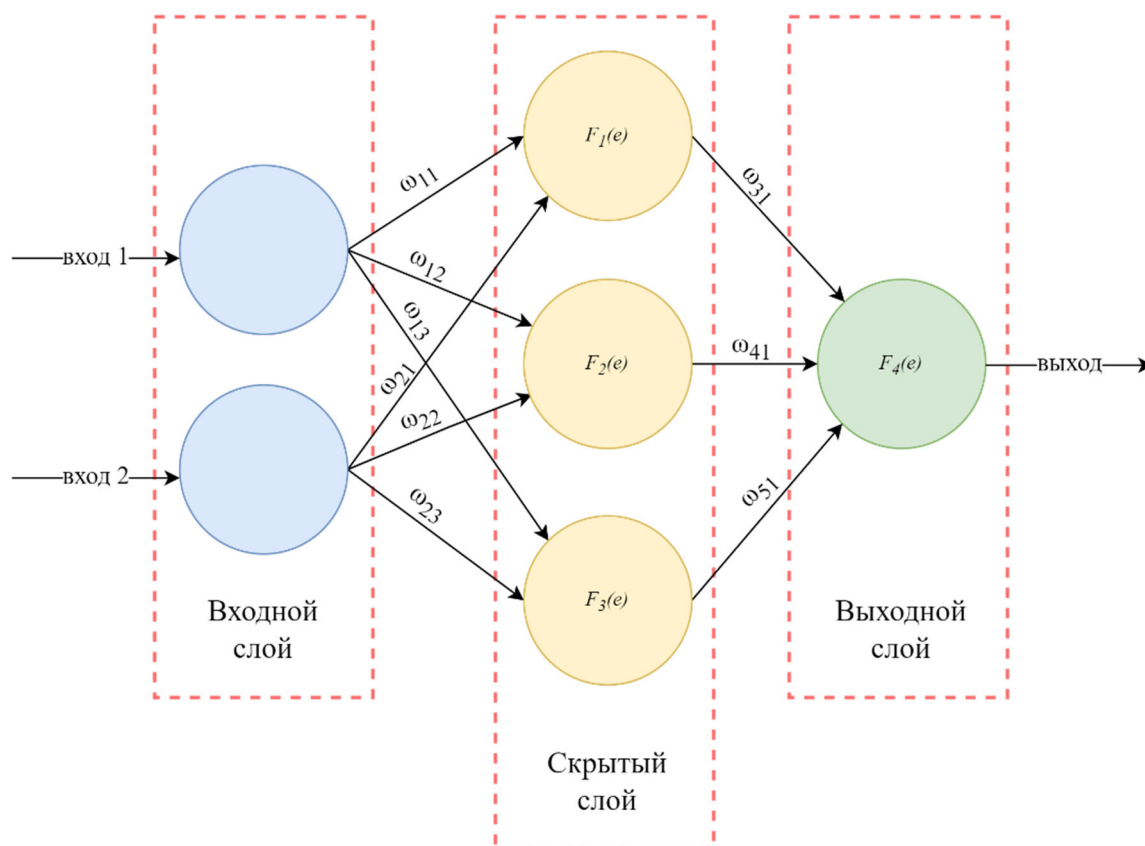


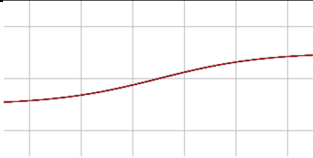
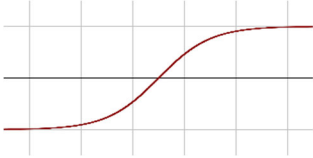
Рис. 4. Архитектура MLP.

Каждый нейрон в MLP выполняет простое математическое преобразование (4): он умножает входные данные на соответствующие веса, суммирует результаты, добавляет смещение и применяет функцию (таблица 2) активации для получения выходного сигнала [20].

$$y_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ji} \cdot x_i + b_i, (4)$$

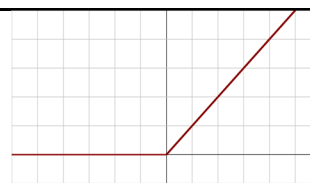
где y_j линейная комбинация входов x_i с весами ω_{ji} и смещением b_i .

Таблица. 2. Примеры наиболее используемых функций активации.

№	Название	Уравнение	Графика
1	Sigmoid (сигмоида)	$f(x) = \frac{1}{1 + e^x}$	
2	Tanh (гиперболический тангенс)	$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$	

3 ReLU

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ x & \text{if } x > 0 \end{cases}$$



Основная цель обучения MLP заключается в минимизации ошибки между предсказанными значениями сети и реальными значениями, используя метод обратного распространения ошибки. Процесс обучения включает в себя следующие шаги представленные на рисунке 5.

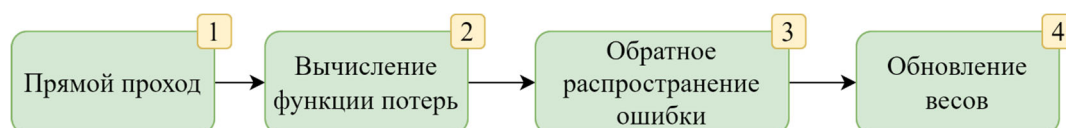


Рис.5. Процесс обучение MLP

Рекуррентные нейронные сети (RNN) — это класс нейронных сетей, предназначенных для обработки последовательных данных. В отличие от традиционных нейронных сетей, RNN имеют "память", которая учитывает предыдущие входные данные при обработке текущего входного сигнала. Это делает их особенно полезными для задач, где последовательность или временные зависимости играют ключевую роль, такие как прогнозирование временных рядов, обработка текста и распознавание речи [2].

В RNN нейроны связаны не только с нейронами следующего слоя, но и с самим собой на предыдущих временных шагах (рис. 6) [21]. Это позволяет сети сохранять информацию о предыдущих шагах и использовать её для принятия решений на следующих шагах.

Основные формулы рекуррентной нейронной сети (RNN) можно описать следующим элементом из обновляющего модуля состояние (5) и выходного модуля (6) [2, 22].

$$h_t = f(W_h \cdot x_t + U_h \cdot h_{t-1} + b_h), \quad (5)$$

где h_t - скрытое состояние в момент времени t , x_t - входные данные в момент времени t , h_{t-1} - скрытое состояние в предыдущий момент времени $t - 1$, U_h и W_h - весовые матрицы для входных данных и предыдущего скрытого состояния соответственно, b_h - вектор смещений (bias), f функция активации (например, tanh или ReLU).

$$y_t = f(W_y \cdot h_t + b_y), \quad (6)$$

где y_t - выходное значение в момент времени t , h_t - скрытое состояние в момент времени t , W_y - весовая матрица для скрытого состояния, b_y - вектор смещений (bias), f функция активации (например, softmax или сигмоида).

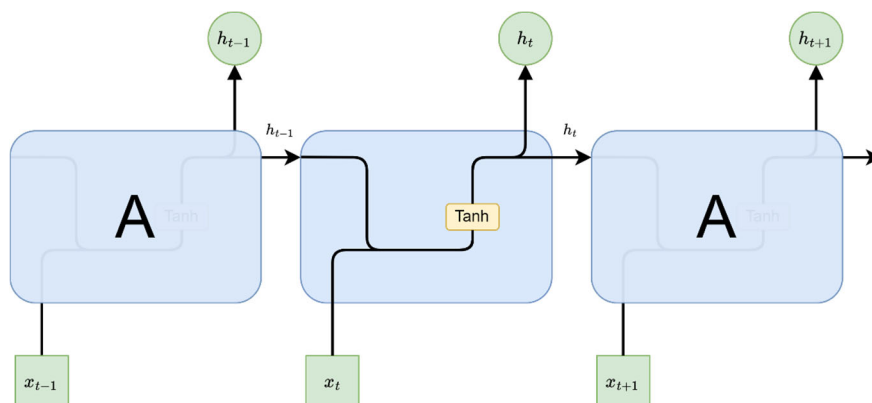


Рис.6. Архитектура RNN

Эти формулы описывают, как RNN обновляет скрытое состояние и вычисляет выходное значение на каждом шаге времени.

LSTM — это тип рекуррентной нейронной сети (RNN), разработанный для решения проблемы исчезающих и взрывающихся градиентов, которая часто возникает в стандартных RNN при обучении на длинных временных последовательностях. LSTM эффективно справляется с задачами, где требуется учитывать долгосрочные зависимости, благодаря своей уникальной архитектуре, включающей ячейки памяти.

LSTM использует три ключевых элемента управления — входной, выходной и забывающий элементы (или "гейты"), которые управляют потоком информации внутри сети. Эти элементы позволяют сети сохранять или забывать информацию в процессе обучения, обеспечивая эффективное управление краткосрочными и долгосрочными зависимостями (рис.7).

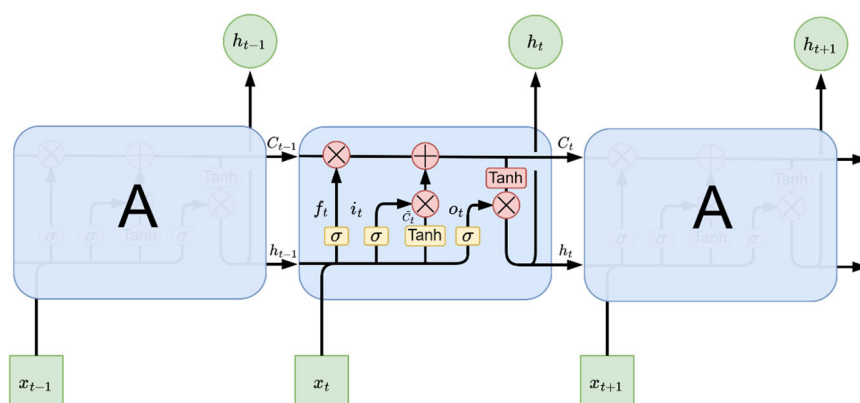


Рис.7. Архитектура LSTM.

Основные уравнения LSTM состоят из забывающего модуля (7), входного модуля (8), обновляющего модуля (9) и выходного модуля (10) [15].

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (7)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i), \quad (8)$$

$$\begin{aligned}\tilde{C}_t &= \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C) \\ C_t &= f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \tilde{C}_t,\end{aligned}\quad (9)$$

$$\begin{aligned}o_t &= \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \\ h_t &= o_t \cdot \tanh(C_t),\end{aligned}\quad (10)$$

где f_t — забывающий гейт, i_t — входной гейт, \tilde{C}_t — кандидат в новое значение состояния ячейки, C_t — обновленное состояние ячейки, o_t — выходной гейт, h_t — обновленное скрытое состояние, W_f, W_i, W_C, W_o — весовые матрицы для соответствующих гейтов, b_f, b_i, b_C, b_o — смещения, σ — сигмоидная функция активации, \tanh — гиперболическая функция активации.

GRU является упрощенной версией RNN, которая включает в себя механизмы управления потоком информации с помощью двух гейтов: обновляющего и сбрасывающего (рис.8). Обновляющий гейт отвечает за определение того, сколько информации из предыдущего состояния будет передано в следующее, а сбрасывающий гейт контролирует, какая часть предыдущего состояния будет "забыта". Такая архитектура помогает решать проблемы исчезающего градиента и позволяет сети более эффективно запоминать долгосрочные зависимости по сравнению с традиционными RNN. GRU требует меньше вычислительных ресурсов по сравнению с LSTM, но сохраняет сопоставимые результаты в задачах обработки временных рядов.

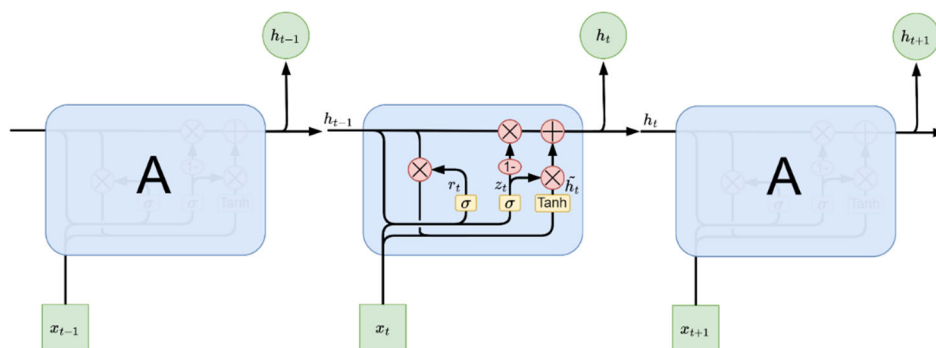


Рис.8. Архитектура GRU.

Основные уравнения для сети GRU включают четыре ключевых компонента: обновляющий гейт (11), сбрасывающий гейт (12), обновление состояния (13) и выходное состояние (14). Эти компоненты взаимодействуют для управления информацией, сохраняемой от предыдущих шагов и используемой для прогнозирования на текущем шаге.



$$z_t = \sigma(W_z \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_z), \quad (11)$$

$$r_t = \sigma(W_r \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_r), \quad (12)$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W_h \cdot [r_t \cdot h_{t-1}, x_t] + b_h), \quad (13)$$

$$h_t = (1 - z_t) \cdot h_{t-1} + z_t \cdot \tilde{h}_t, \quad (14)$$

где z_t — обновляющий гейт, определяющий, сколько информации из предыдущего состояния передать в следующее, r_t — сбрасывающий гейт, управляющий "забыванием" предыдущего состояния \tilde{h}_t — кандидат в новое значение скрытого состояния, h_t — финальное скрытое состояние на текущий момент времени, W_z, W_r, W_h — весовые матрицы, b_z, b_r, b_h — смещения, σ — сигмоидная функция активации, \tanh — гиперболический тангенс.

KAN — это подход, который использует теорему Колмогорова-Арнольда для построения нейронной сети. Эта теорема утверждает, что любая непрерывная функция может быть представлена в виде суперпозиции нескольких одномерных функций. В контексте нейронных сетей KAN состоит из множества одномерных функций, которые используются для приближения сложных многомерных зависимостей, таких как временные ряды.

Формулы для KAN можно представить на основе теоремы Колмогорова-Арнольда, которая позволяет разложить многомерную функцию на одномерные функции. В общем виде для представления функции от нескольких переменных $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ используется следующая схема.

Пусть у нас есть функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. По теореме Колмогорова, она может быть представлена как комбинация одномерных функций следующего вида (15) [17].

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^{2n+1} \Phi_i \left(\sum_{j=1}^n \psi_{i,j}(x_j) \right), \quad (15)$$

где Φ_i — это непрерывные одномерные функции, которые являются обучаемыми в процессе обучения модели, $\psi_{i,j}$ — это также обучаемые одномерные функции от переменных x_j , x_1, x_2, \dots, x_n — это входные данные модели.

KAN имеет уникальную структуру, отличающуюся от традиционных архитектур, таких как MLP, RNN, LSTM и GRU.

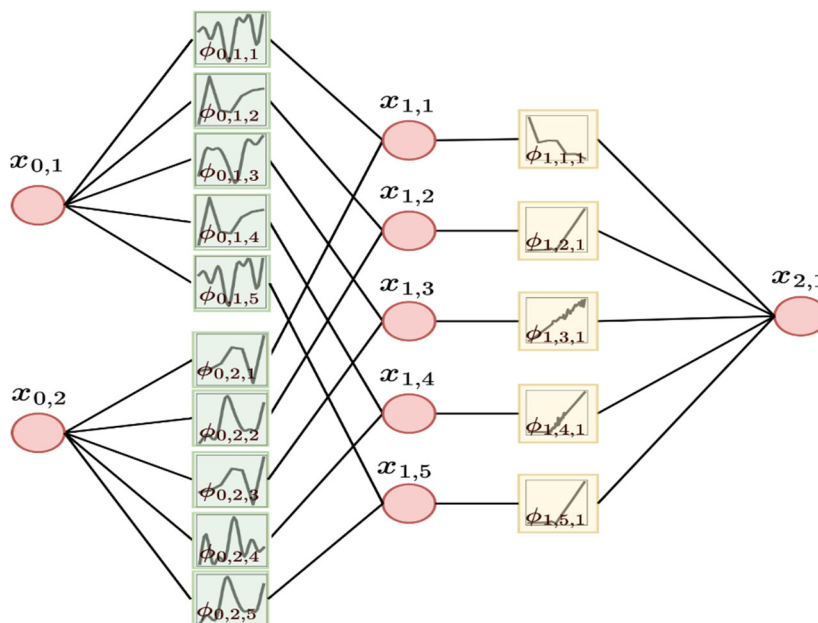


Рис. 9. Архитектура KAN.

Как было сказано выше, в KAN функции активации могут быть представлены в виде полиномов или сплайнов, которые могут изменяться в процессе обучения. Это позволяет модели адаптироваться более гибко и эффективно к особенностям данных и задачам. Обучаемые функции активации в KAN предоставляют дополнительную степень свободы, которая помогает лучше захватывать сложные зависимости и структуры в данных.

Кроме того, в KAN операции суммирования и обработки данных имеют иной характер. В отличие от MLP, где суммирование входных сигналов с весами является фиксированным, в KAN используются более сложные формы взаимодействия, учитывающие обучаемые функции активации. Это позволяет модели производить более сложные и адаптивные преобразования данных. Архитектура KAN строится на основе теоремы представления Колмогорова-Арнольда, которая позволяет создавать модели, способные эффективно представлять и обрабатывать многомерные функции.

Таким образом, ключевое отличие между MLP и KAN заключается в том, что в MLP функции активации фиксированы и не изменяются в процессе обучения, в то время как в KAN функции активации являются обучаемыми, что позволяет модели гибче и точнее адаптироваться к данным и задачам. Это делает KAN потенциально более мощным инструментом для решения сложных задач, требующих глубокого анализа данных.

4. Анализ и обсуждение результатов

В этом разделе мы рассмотрим процесс разработки моделей прогнозирования транспортных потоков с использованием вышеупомянутых архитектур. Для обучения модели мы используем программный пакет Anaconda и язык программирования Python версии 3.11.5.

При создании моделей применяются библиотеки: NumPy v1.26.3, pandas v2.0.3, matplotlib v3.7.2, scikit-learn v1.3.0, TensorFlow v2.9.1 и pytorch v2.2.2.

Процесс создания моделей машинного обучения включает в себя последовательность обязательных шагов, представленных на рисунке 10.

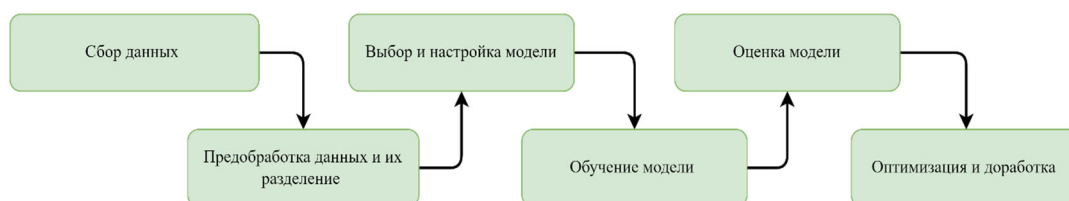


Рис.10. Этапы разработки модели МО.

Прежде чем приступить к разработке модели на основе архитектуры MLP, необходимо подробно рассмотреть основные этапы этого процесса. В первую очередь следует провести предварительную обработку данных, так как качество входных данных напрямую влияет на точность предсказаний модели.

На этапе предобработки данных были устранены пропуски и неопределённые значения, чтобы минимизировать влияние шума на процесс обучения. Далее выборка была разделена на обучающую и тестовую подвыборки в соотношении 80:20, что является стандартным подходом для обеспечения сбалансированной оценки качества модели. Такой способ разбиения позволяет эффективно обучить нейросетевую архитектуру и объективно оценить её способность к обобщению на новых данных.

На этапе выбора и настройки модели была выбрана архитектура MLP, а её конфигурация определена эмпирическим путём, включая оптимальное количество слоев и число нейронов в каждом из них. В результате был сформирован наиболее подходящий вариант структуры, представленный на Рисунке 11, обеспечивающий баланс между вычислительной сложностью модели и её способностью к обобщению.

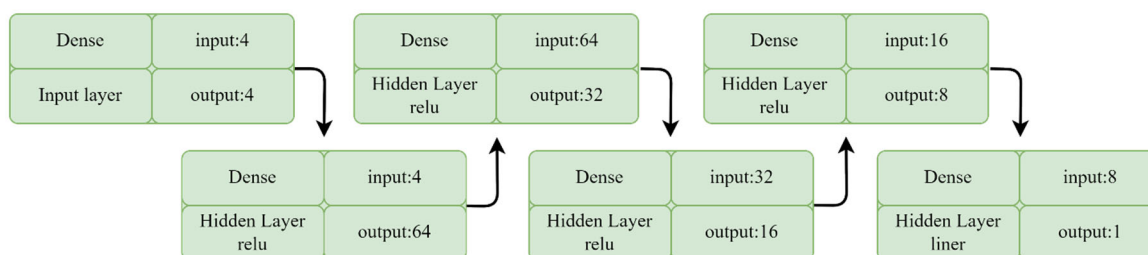


Рис. 11. Архитектура модели MLP

В процессе обучения модели важную роль играет настройка её параметров, к которым относятся:

- Оптимизатор (optimizer) – алгоритм, управляющий процессом обновления весов нейросети;
- Функция потерь (loss) – критерий, по которому оценивается ошибка модели и корректируются её параметры;
- Метрики (metrics) – показатели, используемые для оценки качества предсказаний модели;
- Размер пакета (batch_size) – число образцов, обрабатываемых за один шаг обновления весов;
- Количество эпох (epochs) – число полных проходов по обучающей выборке;
- Доля валидационной выборки (validation_split) – часть данных, выделяемая для контроля качества модели на этапе обучения.

После настройки вышеуказанных параметров начинается процесс обучения модели, длительность которого зависит от её структуры и выбранных гиперпараметров.

По завершении обучения следующим этапом является оценка модели, для которой используются метрики, такие как MAE (средняя абсолютная ошибка), MSE (среднеквадратичная ошибка) и R^2 (коэффициент детерминации), позволяющие количественно измерить точность прогнозирования и качество модели.

После завершения этапа оценки результаты модели представляются в графическом виде, а вычисленные метрики оформляются в табличной форме, что позволяет наглядно проанализировать её точность и эффективность.

Мы представим полученные результаты как в графическом, так и в табличном виде, сопровождая их кратким описанием и анализом.

На Рисунке 12 представлен график функции потерь MLP-модели, из которого видно, что на начальных этапах обучения значение функции потерь стремительно уменьшается, что свидетельствует об эффективной адаптации нейронной сети к обучающим данным. Однако с увеличением количества эпох скорость функции потерь замедляется, и кривая постепенно стабилизируется, приближаясь к определённому значению. Анализ динамики изменений функции потерь на обучающей и валидационной выборках показывает, что их кривые снижаются без резких отклонений, что указывает на отсутствие переобучения (overfitting). Это подтверждает, что модель успешно выявляет и обобщает закономерности, присутствующие в данных, что свидетельствует о её хорошем обобщающем (generalization) свойстве.

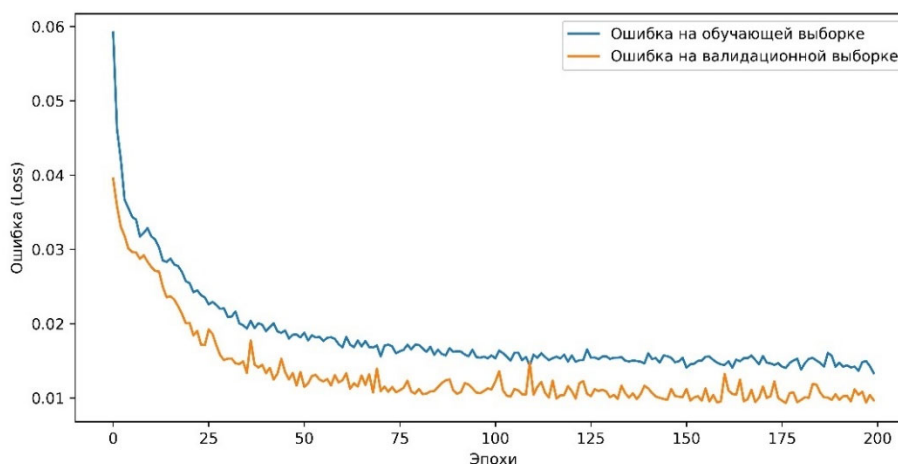


Рис.12. График функции потерь.

Анализируя метрики прогнозирования, можно отметить, что на тестовых данных модель показала следующие результаты: $MAE = 0.068$, $MSE = 0.0085$ и $R^2 = 0.82$. Малые значения MAE и MSE свидетельствуют о высокой точности модели, в то время как R^2 , напротив, чем выше, тем лучше модель обобщает зависимости в данных. Эти результаты показывают, что модель прогнозирует с точностью 82%.

Для повышения точности необходимо оптимизировать архитектуру модели и её гиперпараметры. Этот процесс обычно осуществляется эмпирическим (экспериментальным) путём. В ходе исследования были протестированы различные конфигурации, и в некоторых случаях удалось достичь точности 86% и 89%. Однако такие модели не показывали достаточного уровня обобщения.

Оценка обобщающей способности модели проводилась с использованием уникального набора данных, который не входил в обучающую и тестовую выборки. Этот набор данных использовался для проверки модели в условиях, приближенных к реальным, и соответствующие результаты приведены на рисунке 13.

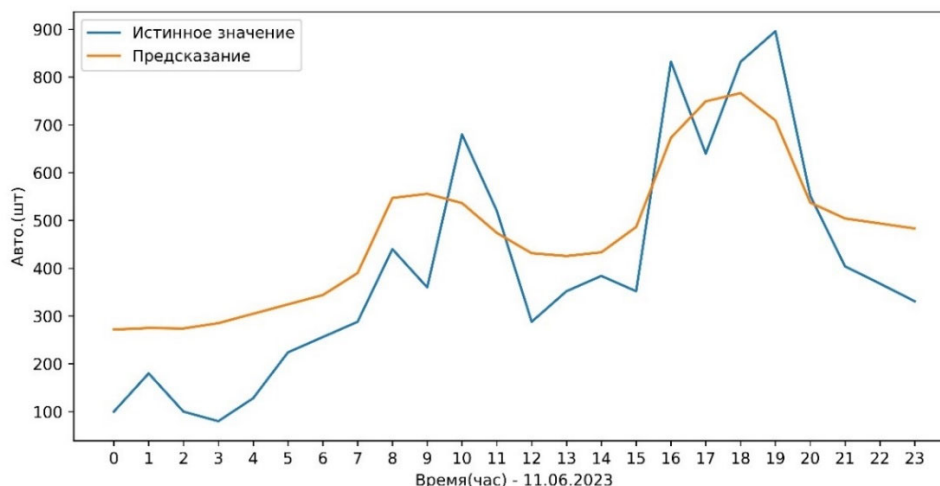


Рис. 13. Результаты MLP-модели на уникальных данных.

Наша модель показала точность всего 67% при проверке на уникальном наборе данных. Это может быть связано с несколькими факторами: во-первых, объем собранных данных мог оказаться недостаточным, а во-вторых, уникально выбранный набор данных мог существенно отличаться от обучающей и тестовой выборок, из-за чего модель не смогла корректно его обработать. Например, если модель обучалась на данных о трафике в дневное время, а уникальный набор содержал ночные данные, это могло привести к ухудшению результатов. Данный эксперимент подтверждает важность регулярного дообучения модели на новых данных, чтобы повысить её способность к обобщению и улучшить качество прогнозирования.

Наш следующий исследуемый метод — это модель RNN, архитектура которой была представлена ранее. В отличие от MLP, данная модель учитывает значения временного ряда на предыдущих шагах, что позволяет ей более точно прогнозировать последовательные данные. Для корректной работы модели входные данные были преобразованы в необходимый формат, после чего мы настроили её архитектуру и параметры. В данной RNN-модели предусмотрены входной и выходной слои, а также два скрытых слоя, что отражено на рисунке 14.

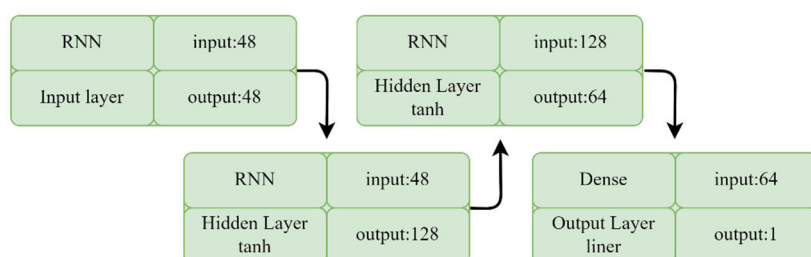


Рис. 14. Архитектура RNN-модели.

Настройки модели подбираются эмпирическим путем и практически не отличаются от вышеупомянутых параметров MLP. Что касается полученных результатов, график функции потерь представлен на рисунке 15. Из него видно, что разница между обучающей и валидационной выборками незначительна, и обе кривые постепенно снижаются. Это свидетельствует об отсутствии переобучения в данной модели.

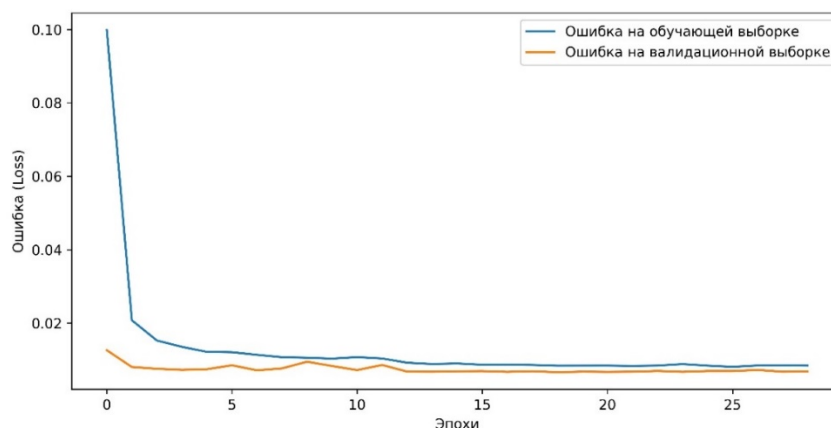


Рис. 15. График функции потерь модели RNN

Основные результаты показывают, что модель достигла следующих показателей: $MSE = 0.0066$, $MAE = 0.0580$ и $R^2 = 0.88$. При проверке на уникальных данных точность модели составила 74%, а графическое представление результатов приведено на рисунке 16.

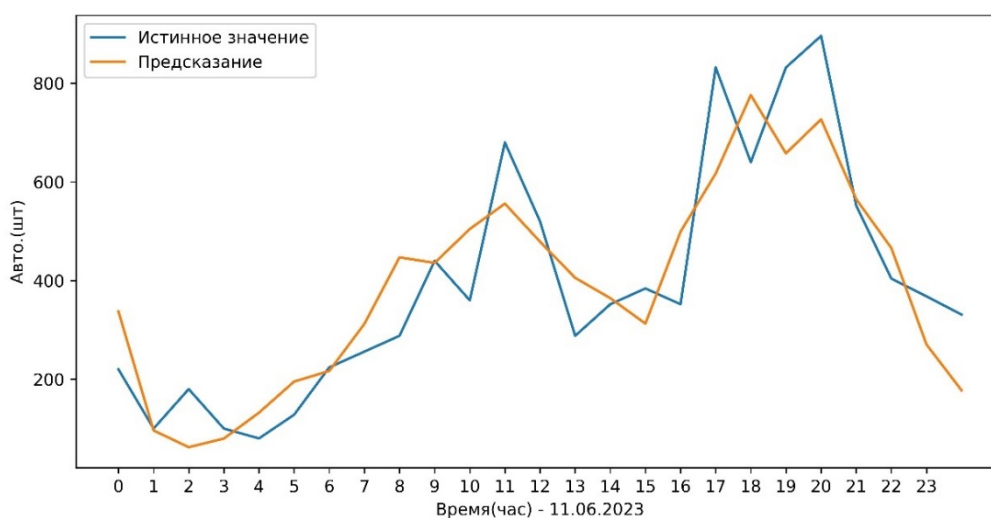


Рис. 16. Результаты RNN-модели на уникальных данных.

Переходя к следующим моделям, можно отметить, что ими являются LSTM и GRU. Эти модели основаны на архитектуре RNN, и в нашем случае все необходимые данные уже подготовлены. Наша задача заключалась в разработке соответствующей архитектуры для этих моделей и настройке их параметров. Что касается архитектуры модели LSTM, то она показала хорошие результаты при использовании представленных ниже слоев и количества нейронов (Рис. 17).

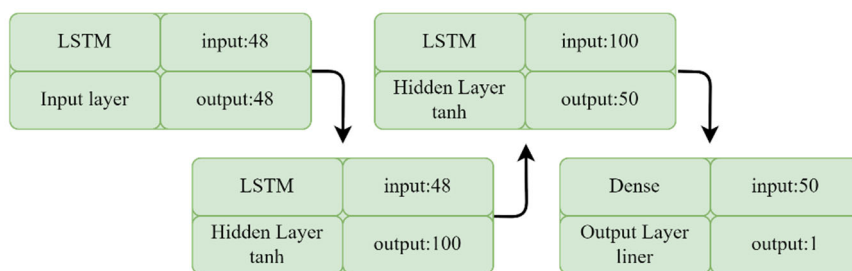


Рис. 17. Архитектура модели LSTM.

Параметры модели были выбраны аналогично параметрам модели MLP и определены эмпирическим путем. Функция потерь модели имеет следующий вид (Рис. 18). На данном графике видно, что значения ошибки на обучающей и валидационной выборках равномерно уменьшаются и практически совпадают, что свидетельствует об отсутствии переобучения.

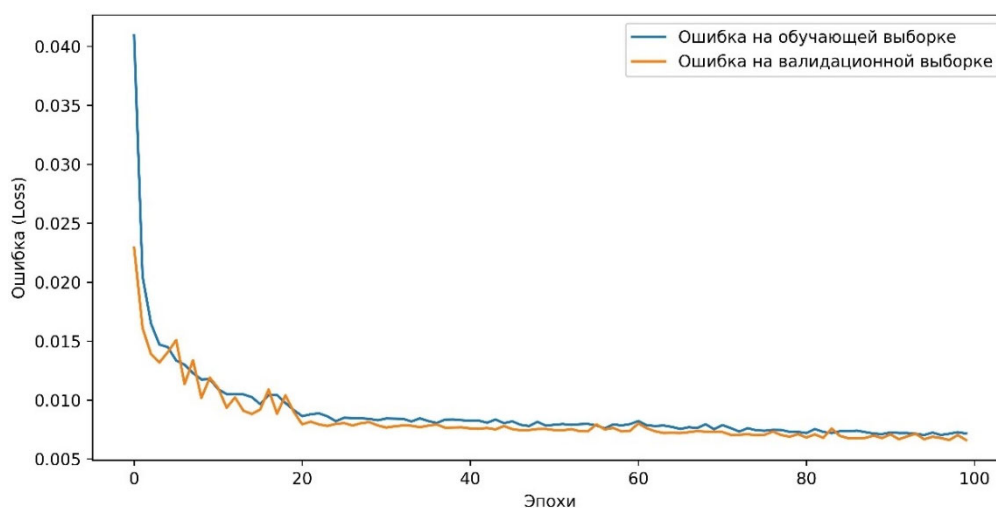


Рис. 18. График функции потерь модели LSTM.

Результаты модели на валидационной выборке показали следующие значения: MAE = 0.0574, MSE = 0.0066 и $R^2 = 0.88$. При проверке на уникальных данных точность модели составила 82%, что является значительно лучшим показателем по сравнению с MLP и RNN (Рис. 19).

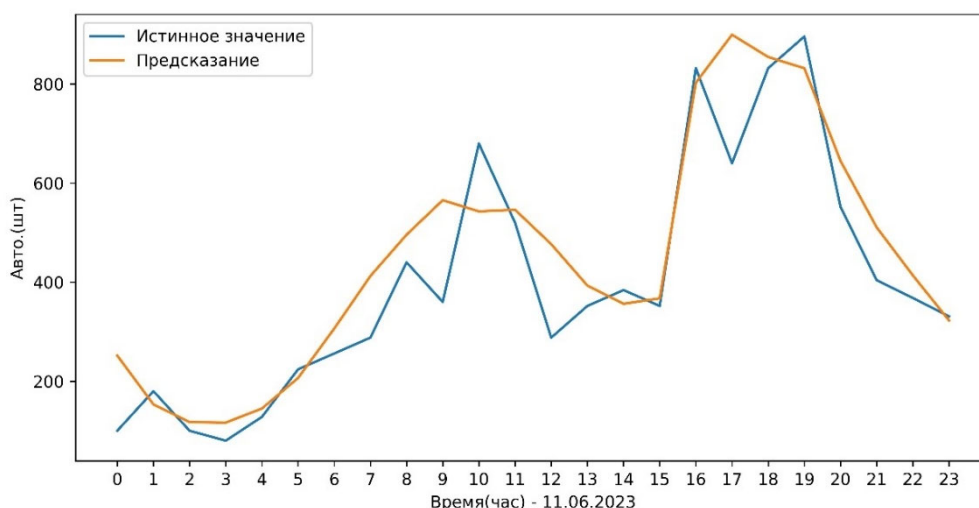


Рис.19. Результаты LSTM-модели на уникальных данных.

Если говорить о модели GRU, то она практически не отличается от модели LSTM, поэтому приведем только показатели точности. На тестовой выборке модель показала $MAE = 0.0511$, $MSE = 0.0055$ и $R^2 = 0.90$. На уникальных данных точность этой модели составила 82%.

Нашей последней разработкой является модель KAN, которая имеет архитектуру, состоящую из четырёх входных, девяти скрытых и одного выходного слоя (Рис. 20). Результаты её работы на тестовой выборке демонстрируют высокую точность прогнозирования: $MAE = 0.0562$, $MSE=0.0058$, $R^2 = 0.88$, что свидетельствует о хорошем соответствии модели реальным данным.

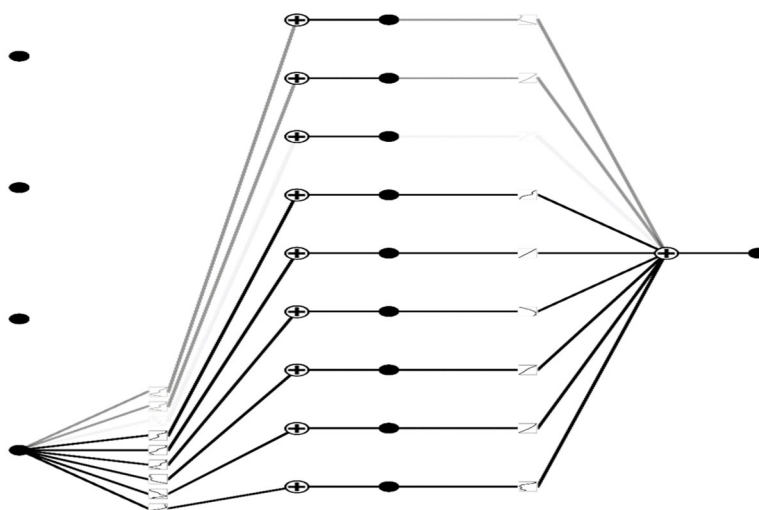


Рис. 20. Структурная схема модели KAN.

При проверке модели на уникальных данных она показала точность 85–88%, что немного превосходит предыдущие модели. Это подтверждает, что KAN обладает высокой предсказательной способностью. График функции потерь модели и результаты прогнозирования на уникальных данных представлены на рисунках 21 и 22.

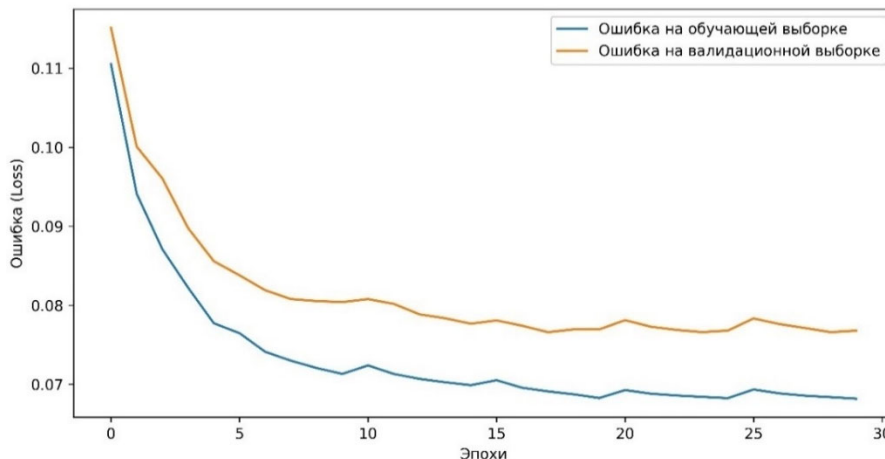


Рис. 21. График функции потерь модели KAN.

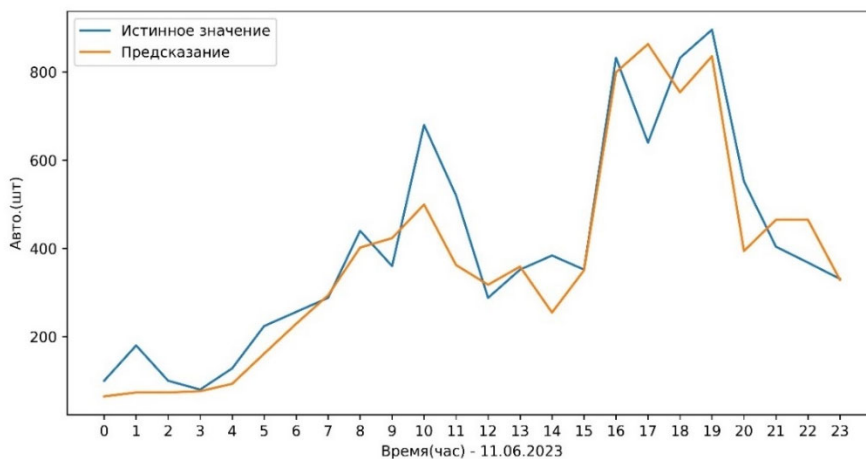


Рис. 22. Результаты предсказания модели KAN на уникальных данных.

Сравнительные результаты наших приведенных моделей на валидационной выборке можно более подробно представить в таблице 3.

Таблица. 3. Сравнительные результаты моделей на тестовой выборке.

Название модели	Метрики			Время обучения (сек)
	MSE	MAE	R ²	
MLP	0.0085	0.068	0.84	46.42
RNN	0.0066	0.0580	0.87	452.23
LSTM	0.0066	0.0574	0.87	404.38
GRU	0.0055	0.0511	0.89	522.69
KAN	0.0058	0.0562	0.88	14.614

Результаты сравнения моделей на уникальных выборках представлены в таблице 4, где рассматривались только метрики.



Таблица. 4. Сравнительные результаты моделей на уникальной выборке.

Название модели	Метрики		
	MSE	MAE	R ²
MLP	0.0041	0.0597	0.67
RNN	0.0062	0.0618	0.74
LSTM	0.0031	0.0428	0.82
GRU	0.0035	0.0450	0.81
KAN	0.0019	0.0331	0.85

Заключение

Результаты сравнения показали, что KAN обладают высоким потенциалом для применения в задачах прогнозирования транспортных потоков. В частности, благодаря уникальной архитектуре, основанной на теореме Колмогорова-Арнольда, KAN демонстрируют сравнимую или даже превосходящую производительность по сравнению с LSTM и GRU, при этом требуя меньшее количество обучаемых параметров. Это делает их более экономичными с точки зрения вычислительных ресурсов, что особенно важно для применения в реальных условиях, где обработка больших объемов данных является критической задачей.

Тем не менее, несмотря на обещающие результаты, наше исследование показывает, что KAN находятся на ранней стадии развития. Мы отмечаем, что на данном этапе справедливо рассматривать KAN как потенциальную альтернативу многоуровневым перцептронам (MLP) и даже таким продвинутым архитектурам, как LSTM и GRU. Однако для полной оценки их возможностей и разработки более сложных решений, способных конкурировать с передовыми моделями, необходимы дальнейшие исследования.

В заключение, наше исследование подчеркивает потенциал KAN в задачах прогнозирования транспортных потоков и призывает к дальнейшему изучению этого подхода. В будущем более комплексные исследования могут привести к созданию усовершенствованных методов, которые будут эффективно использовать возможности KAN в различных сценариях прогнозирования транспортных потоков, а также в более широких приложениях.

Литература

1. Rasilmukhamedov M., Tashmetov T., Tashmetov K. Forecasting Traffic Flow Using Machine Learning Algorithms: 1 // Engineering Proceedings. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2024. Vol. 70, № 1. P. 14.
2. Shiri F.M. et al. A Comprehensive Overview and Comparative Analysis on Deep Learning Models: CNN, RNN, LSTM, GRU // JAI. 2024. Vol. 6, № 1. P. 301–360.
3. Mathew A., Amudha P., Sivakumari S. Deep Learning Techniques: An Overview // Advanced Machine Learning Technologies and Applications / ed. Hassanién A.E., Bhatnagar R., Darwish A. Singapore: Springer, 2021. P. 599–608.
4. Janiesch C., Zschech P., Heinrich K. Machine learning and deep learning // Electron Markets. 2021. Vol. 31, № 3. P. 685–695.
5. Ma F., Deng S., Mei S. A short-term highway traffic flow forecasting model based on CNN-LSTM with an attention mechanism // J. Phys.: Conf. Ser. IOP Publishing, 2023. Vol. 2491, № 1. P. 012008.
6. Tashmetov K., Rasilmukhamedov M., Tashmetov T. Forecasting transport flows using big data and machine learning technology // E3S Web of Conf. EDP Sciences, 2024. Vol. 531. P. 02012.
7. Giraka O., Selvaraj V.K. Short-term prediction of intersection turning volume using seasonal ARIMA model // Transportation Letters. Taylor & Francis, 2020. Vol. 12, № 7. P. 483–490.
8. Deretić N. et al. SARIMA Modelling Approach for Forecasting of Traffic Accidents: 8 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 14, № 8. P. 4403.
9. Sulandari W. et al. Exponential Smoothing on Modeling and Forecasting Multiple Seasonal Time Series: An Overview // Fluct. Noise Lett. World Scientific Publishing Co., 2021. Vol. 20, № 04. P. 2130003.
10. Medina-Salgado B. et al. Urban traffic flow prediction techniques: A review // Sustainable Computing: Informatics and Systems. 2022. Vol. 35. P. 100739.
11. Rasilmuxamedov M. M, Tashmetov K. Sh , Tashmetov T. Sh. QAROR DARAXTI YORDAMIDA AVTOMASHINA OQIMINI BASHORAT QILISH: UO ‘K 656.078, 656.001 // Innovatsion texnologiyalar, 2024, 2, 46-53
12. Ma C., Liu T. Survey of short-term traffic flow prediction based on LSTM // Int. J. Mod. Phys. C. World Scientific Publishing Co., 2025. Vol. 36, № 02. P. 2450177.
13. Asif S., Kartheeban K. CNN-RNN Algorithm-based Traffic Congestion Prediction System using Tri-Stage Attention // SWCC. 2023. Vol. 13, № 2. P. 89–98.
14. Biju R. et al. Grid LSTM based Attention Modelling for Traffic Flow Prediction // 2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring). Singapore, Singapore: IEEE, 2024. P. 1–7.
15. Katambire V.N. et al. Forecasting the Traffic Flow by Using ARIMA and LSTM Models: Case of Muhima Junction: 4 // Forecasting. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 5, № 4. P. 616–628.
16. Chan Y.-H., Lui A.K.-F., Ng S.-C. Short Term Traffic Flow Prediction with Neighbor Selecting Gated Recurrent Unit // 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Melbourne, Australia: IEEE, 2021. P. 857–862.
17. Liu Z. et al. KAN: Kolmogorov-Arnold Networks: arXiv:2404.19756. arXiv, 2024.
18. Qiu Q. et al. ReLU-KAN: New Kolmogorov-Arnold Networks that Only Need Matrix Addition, Dot Multiplication, and ReLU: arXiv:2406.02075. arXiv, 2024.
19. Vaca-Rubio C.J. et al. Kolmogorov-Arnold Networks (KANs) for Time Series Analysis: arXiv:2405.08790. arXiv, 2024.



20. Jiber M. et al. Traffic flow prediction using neural network // 2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV). Fez: IEEE, 2018. P. 1–4.
21. LSTM – сети долгой краткосрочной памяти [Electronic resource] // Хабр. 2017. URL: <https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/331310/> (accessed: 13.03.2025).
22. Sun Z. et al. A Traffic Flow Forecasting Model Using Graph Convolutional Recurrent Neural Networks with Incomplete Data // 2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). Bilbao, Spain: IEEE, 2023. P. 4669–4675.



Автор

Вахобов Отабек

“University of management and
future technologies”

qqwertyus458@gmail.com

ЛЯМБДА- АРХИТЕКТУРА – ОБРАБОТКА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Аннотация: Данные значительно изменились за последние годы по типу, объему и скорости. Существует несколько фреймворков для обработки приложений с большими данными. Проект фокусируется на лямбда-архитектуре, предложенной Нотан Марцем, и ее применении для обработки данных в реальном времени. Архитектура представляет собой решение, объединяющее преимущества методов пакетной и потоковой обработки. Данные могут быть исторически обработаны с высокой точностью и задействованными алгоритмами без потери краткосрочной информации, оповещений и идей. Архитектура Lambda способна обслуживать широкий спектр вариантов использования и рабочих нагрузок, выдерживая аппаратные и человеческие ошибки. Многоуровневая архитектура улучшает слабую связь и гибкость в системе. Это огромное преимущество, которое позволяет понимать компромиссы и применение различных инструментов и технологий на всех уровнях.

Ключевые слова: Лямбда-архитектура (LA), пакетная обработка, высоконагруженные системы, потоковая обработка, обработка данных в реальном времени.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Введение

С колоссальным темпом роста объемов данных появились инновации как в хранении, так и в обработке больших данных. По словам Доу Лэйни, большие данные можно рассматривать как увеличение трех V, то есть объема, разнообразия и скорости. Благодаря таким источникам, как датчики IoT, ленты Twitter, журналы приложений и изменения состояния баз данных, произошел приток потоков данных для хранения и обработки. Эти потоки представляют собой поток непрерывных и неограниченных данных, которые требуют обработки данных в режиме, близком к реальному времени. Область анализа данных стремительно развивается, чтобы извлекать ценные идеи из больших объемов необработанных данных. Для вычисления информации в системе данных необходимы фреймворки и механизмы обработки. Традиционная реляционная база данных, похоже, демонстрирует ограничения при работе с колоссальными объемами неструктурированных данных. Необходимо отделить вычисления от хранения. Фреймворки обработки можно разделить на три фреймворка: пакетная обработка, потоковая обработка данных и гибридные фреймворки обработки данных. Традиционная пакетная обработка данных дает хорошие результаты, но с высокой задержкой. Hadoop — масштабируемая и отказоустойчивая фреймворк, которая включает Map Reduce для вычислительной обработки. [1][2] Задания Map Reduce запускаются пакетами, чтобы выдавать точные и высокодоступные результаты. Недостатком Map Reduce является его высокая задержка, что не делает его хорошим выбором для обработки данных в реальном времени. Чтобы достичь результатов в реальном времени с низкой задержкой, хорошим решением будет использование Apache Kafka в сочетании с Apache Spark. Эта потоковая модель творит чудеса в плане высокой доступности и низкой задержки, но может пострадать с точки зрения точности. В большинстве сценариев варианты использования требуют как быстрых результатов, так и глубокой обработки данных.[3] Этот проект ориентирован на архитектуру Lambda, которая объединяет пакетную и потоковую обработку. Многие технологические компании, такие как Twitter, LinkedIn, Netflix и Amazon, используют эту архитектуру для решения множества бизнес-задач. Архитектура LA направлена на удовлетворение потребностей надежной системы, которая является масштабируемой и отказоустойчивой к сбоям оборудования и человеческим ошибкам. С другой стороны, LA создает накладные расходы для поддержания большого количества подвижных частей в архитектуре и дублирующихся фреймворков кода.[4] Проект структурирован в различные разделы. Архитектура Lambda возникает как решение, которое состоит из трех различных слоев. LA представляет собой объединение многочисленных инструментов и технологий. LA подходит для многих вариантов использования и имеет приложения в различных областях.

Материалы и методы

Традиционная пакетная обработка претерпела изменения в 2004 году, когда Google представил Hadoop MapReduce для обработки больших данных [1]. MapReduce — это масштабируемая и эффективная модель, которая обрабатывает большие объемы данных пакетами. Идея, лежащая в основе фреймворка MapReduce, заключается в том, что собранные данные хранятся в течение определенного периода времени перед обработкой. Время выполнения пакетного задания MapReduce зависит от вычислительной мощности системы и общего размера обрабатываемых данных. Вот почему крупномасштабная обработка выполняется в отрасли ежечасно, ежедневно или еженедельно в зависимости от варианта использования. MapReduce широко используется для анализа данных с его подходом к пакетной обработке данных, но, как правило, не оправдывает ожиданий, когда требуются немедленные результаты. В последнее время возникла необходимость в быстрой обработке и анализе данных. Необходимо быстро получать информацию после того, как событие произошло, поскольку ее ценность со временем уменьшается. Онлайн-торговля, социальные сети, фондовые рынки и системы обнаружения вторжений в значительной степени полагаются на мгновенный анализ в течение миллисекунд или секунд. Согласно [5], обработка данных в реальном времени объединяет сбор данных, обработку данных и исследование данных очень быстрым и оперативным образом. Однако MapReduce никогда не был создан для этой цели, что привело к инновациям в системах потоковой обработки. В отличие от пакетной обработки, данные, подаваемые в систему потоковой обработки, являются неограниченными и находятся в движении. Это могут быть данные временных рядов или данные, полученные из веб-активности пользователя, журналов приложений или датчиков IoT, и должны быть переданы по конвейеру в механизм потоковой обработки, такой как Apache Spark [9] или Apache Storm [11]. Эти механизмы обладают возможностью вычислять анализ, который может быть дополнительно отображен в виде результатов в реальном времени на панели мониторинга.

Полученные результаты

Предлагаемая архитектура представлена на рис. 1. Входящие данные дублируются и передаются на пакетный и скоростной уровень для вычислений.

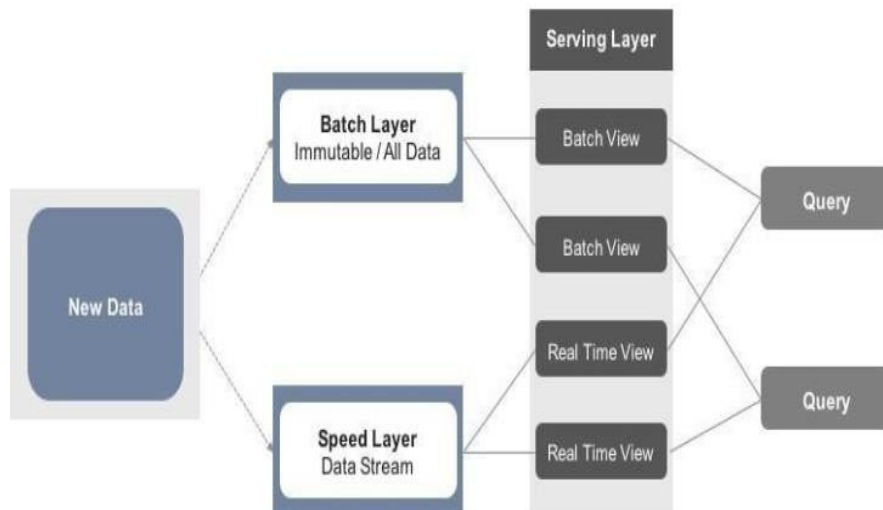


Рис. 1. Лямбда-архитектура [2]

[3] подробно обсуждает три слоя в LA. Подмножество свойств, необходимых для крупномасштабных распределенных архитектур больших данных, удовлетворяется каждым слоем в LA. Высоконадежная, отказоустойчивая и малозамедлительная архитектура разрабатывается с использованием нескольких фреймворков больших данных и технологий, которые масштабируются совместно по слоям.

А) Пакетный слой.

Суть LA — это основной набор данных. Основной набор данных постоянно получает новые данные в режиме добавления. Такой подход крайне желателен для поддержания неизменности данных. В книге [3] Марц подчеркивает важность неизменяемых наборов данных. Общая цель — подготовиться к ошибкам человека или системы и разрешить повторную обработку. Поскольку значения переопределяются в изменяемой модели данных, принцип неизменяемости предотвращает потерю данных. Во-вторых, неизменяемая модель данных поддерживает упрощение из-за отсутствия индексации данных. Основной набор данных в пакетном слое постоянно растет и является подробным источником данных в архитектуре. Основной набор данных допускает функцию случайного чтения исторических данных. Пакетный слой предпочитает алгоритмы повторного вычисления инкрементальным алгоритмам. Проблема с инкрементальными алгоритмами заключается в неспособности решать проблемы, возникающие из-за человеческих ошибок. Повторно-вычислительная природа пакетного слоя создает простые пакетные представления, поскольку сложность устраняется во время предварительных вычислений. Кроме того, ответственность пакетного

слоя заключается в исторической обработке данных с высокой точностью. Алгоритмы машинного обучения требуют времени для обучения модели и предоставления лучших результатов с течением времени. Такие, естественно, исчерпывающие и трудоемкие задачи обрабатываются внутри пакетного слоя. В фреймворке Hadoop основной набор данных сохраняется в файловой системе Hadoop (HDFS) [6]. HDFS является распределенной и отказоустойчивой и следует подходу «только добавление» для удовлетворения потребностей пакетного слоя LA. Пакетная обработка выполняется с использованием заданий MapReduce, которые запускаются с постоянными интервалами и вычисляют пакетные представления по всем данным, распределенным в HDFS. Проблема пакетного слоя заключается в высокой задержке. Пакетные задания должны выполняться по всему основному набору данных и требуют много времени. Например, могут быть некоторые задания MapReduce, которые запускаются каждые два часа. Эти задания могут обрабатывать данные, которые могут быть относительно старыми, поскольку они не могут справиться с потоком потоковых данных. Это серьезное ограничение для обработки данных в реальном времени. Чтобы преодолеть это ограничение, очень важен слой скорости.

Б) Слой скорости

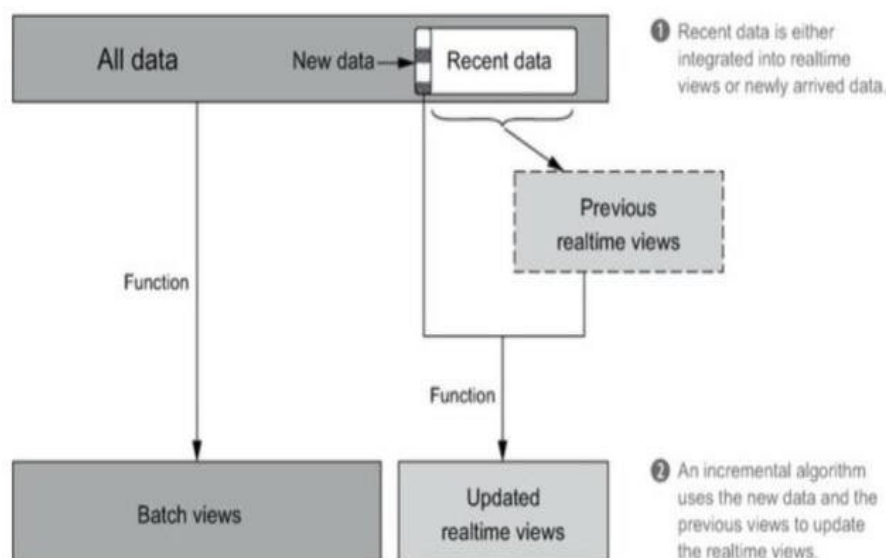
[3] и [5] утверждают, что обработка данных в реальном времени реализуется благодаря наличию слоя скорости. Потоки данных обрабатываются в реальном времени без учета полноты или исправлений. Слой скорости обеспечивает получение актуальных результатов запросов и компенсирует высокую задержку пакетного слоя. Цель этого слоя — заполнить пробел, вызванный длительным пакетным слоем. Чтобы создать представления в реальном времени самых последних данных, этот слой жертвует пропускной способностью и существенно уменьшает задержку. Представления в реальном времени генерируются сразу после получения данных, но не такие полные или точные, как пакетный слой. Идея этой конструкции заключается в том, что точные результаты пакетного слоя переопределяют представления в реальном времени, как только они поступают. Разделение ролей в разных слоях объясняет красоту LA. Как упоминалось ранее, пакетный слой участвует в ресурсоемкой операции, выполняя весь основной набор данных. Поэтому слой скорости должен включать другой подход для удовлетворения требований низкой задержки. В отличие от подхода повторного вычисления пакетного слоя, скоростной слой принимает инкрементальное вычисление. Инкрементальное вычисление более сложное, но данные, обрабатываемые в скоростном слое, значительно меньше, а представления являются временными. Методология случайного чтения/случайной записи используется для повторного использования и

обновления предыдущих представлений. На рис. 2 представлена демонстрация инкрементальной вычислительной стратегии.

Рис. 2. Стратегия инкрементальных вычислений [3].

С) Слой обслуживания

Обслуживающий слой отвечает за хранение выходных данных из пакета и уровня скорости. [3] В качестве результатов из уровня пакета получается расположение плоских



записей с предварительно вычисленными представлениями. Эти предварительно вычисленные представления пакета индексируются в этом слое для более быстрого извлечения. Этот слой обеспечивает случайные чтения и обновления пакета благодаря статическим перспективам пакета. Согласно [3], всякий раз, когда запрашивается LA, обслуживающий слой объединяет представления пакета и реального времени и выводит результат. Объединенные представления могут отображаться на панели мониторинга или использоваться для создания отчетов. Таким образом, LA объединяет результаты из интенсивного по данным, но точного уровня пакета и уровня быстрой скорости в соответствии с требуемым вариантом использования.

Согласно [7], Apache Kafka — это распределенная очередь pub-sub/messaging, используемая для построения потоковых конвейеров данных в реальном времени. Тема используется для хранения потока записей внутри Kafka. Издатель помещает сообщения в темы, а потребитель подписывается на тему. Поскольку Kafka — это очередь с несколькими потребителями, сообщения можно перематывать и воспроизводить заново в случае сбоя. Существует настраиваемый период хранения для сохранения всех опубликованных записей независимо от их потребления. Данные, полученные из активности веб-сайта пользователя, журналов приложений, датчиков IoT, могут быть загружены в Apache Kafka. [10] показывает, как Apache Kafka отвечает за дублирование данных и отправку каждой копии на пакетный и

скоростной уровни соответственно.

[2] определяет Apache Hadoop как распределенную программную платформу для управления большими данными в кластерах. Идея Hadoop заключалась в том, чтобы вместо того, чтобы переносить данные к вычислениям, переносить вычисления к данным. Фреймворк Hadoop можно разделить на модели хранения и вычислений, известные как Hadoop Distributed File System и MapReduce соответственно.

Apache Storm является основой уровня скорости в LA, предложенного Натаном Марцем [3]. Вместо микропакетирования потоков Storm полагается на подход обработки потоков по одному за раз. Благодаря этому результаты имеют меньшую задержку по сравнению со Spark Streaming. [11] Storm зависит от концепции, называемой топологиями, которая эквивалентна заданиям MapReduce в Hadoop. Топология — это сеть из воронок и болтов. Воронка считается источником потока, тогда как болт выполняет некоторое действие над потоком.

Как обсуждалось в [14], MapR использует архитектуру Lambda для онлайн-оповещений, чтобы минимизировать простаивающие транспорты. Архитектура, используемая MapR, показана на рис. 4.

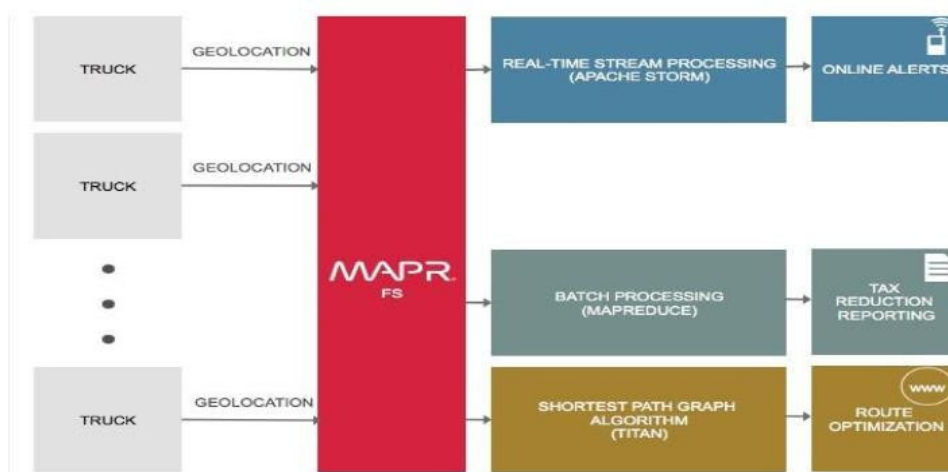


Рис. 3. Архитектура лямбда в MapR [14]

В компания по разработке программного обеспечения Talentica использует LA для управления рекламными кампаниями на мобильных устройствах. При управлении рекламными кампаниями на мобильных устройствах возникает проблема обработки из-за больших объемов и скоростей данных. Если просмотры в реальном времени не генерируются, кампания может не сработать и понести большие потери с точки зрения доходов и упущенных возможностей. Компания столкнулась с ситуацией, когда было сгенерировано более 500 ГБ данных и 200 тыс. сообщений в секунду. Компании требовался единый подход, включающий как пакетную, так и потоковую обработку, и поэтому была создана архитектура, показанная на рис. 4.



Ограничения традиционной лямбда-архитектуры

Первоначально, когда был предложен LA, пакетный уровень должен был быть комбинацией Hadoop File System и MapReduce, а потоковый уровень был реализован с использованием Apache Storm. Кроме того, обслуживающий уровень был комбинацией двух независимых баз данных, то есть ElephantDB и Cassandra. По сути, эта модель имела много проблем с реализацией и обслуживанием. [4] Разработчики должны были хорошо понимать две разные системы, и была крутая кривая обучения. Кроме того, создание единого решения было возможно, но привело к множеству проблем слияния, проблем отладки и операционной сложности. Входящие данные необходимо подавать как на пакетный, так и на скоростной уровень LA. Очень важно сохранить порядок событий входных данных для получения полных результатов. Процесс дублирования потоков данных и их передачи двум отдельным потребителям может быть проблематичным и создает операционные накладные расходы. LA не всегда оправдывает ожидания, и многие отрасли используют полную систему пакетной обработки или систему потоковой обработки для удовлетворения своего варианта использования.

Выводы

Из-за колоссальной эволюции больших данных возникла большая проблема с обработкой и анализом больших объемов данных. Традиционные системы, такие как реляционные базы данных и системы пакетной обработки, не в состоянии идти в ногу с тенденциями больших данных. Несмотря на то, что фреймворки Hadoop вселяют большие надежды и уменьшают сложность распределенных систем, они не удовлетворяют возможностям обработки в реальном времени. Основная цель проекта — продемонстрировать и синтезировать время, которое может быть использовано несколькими потребителями. Каждый потребитель поддерживает смещение для обозначения позиции в журнале фиксации. Таким образом, пакетный и скоростной уровни LA могут выступать в качестве потребителей опубликованных записей по темам достижений в области обработки данных в реальном времени с архитектурой Lambda. Архитектура представляет собой надежное сочетание методов пакетной и потоковой обработки. Каждый уровень в архитектуре имеет определенную роль и отделен от другого уровня. LA в целом является высоко-распределенной, масштабируемой, отказоустойчивой платформой с низкой задержкой. Все данные, поступающие в систему, отправляются как на пакетный, так и на скоростной уровень для дальнейшей обработки. Целью пакетного уровня является управление основным набором данных и предварительный расчет пакетных представлений. Недостаток пакетного уровня в виде высокой задержки компенсируется скоростным уровнем. Обслуживающий уровень аккумулирует пакетные и представления в реальном времени. Прелесть архитектуры

заключается в применении различных технологий на трех уровнях. Поскольку инструменты для работы с большими данными совершенствуются с каждым днем, LA предоставляет новые возможности и возможности. LA несет ответственность за преобразование входящих необработанных данных во что-то значимое. В отрасли существует огромный спрос на обработку данных в реальном времени, который удовлетворяется LA. Система представляет собой хороший баланс скорости и надежности. Хотя у LA есть много плюсов, есть и несколько наблюдаемых минусов. Существует много движущихся частей, что приводит к накладным расходам на кодирование из-за вовлечения комплексной обработки в разрозненных пакетных и скоростных слоях. В определенных сценариях невыгодно выполнять повторную обработку для каждого пакетного цикла. Кроме того, может быть сложно объединить представления на обслуживаемом уровне. Поэтому мы представили LA, использующую Apache Spark в качестве общей структуры как для пакетного, так и для скоростного уровня. Это значительно упрощает архитектуру и также является поддерживаемой. Кроме того, было проведено подробное сравнение двух архитектур в зависимости от проектного решения и компромиссов. Будущая работа будет заключаться в понимании различных технологий, которые могут быть использованы в качестве альтернативы предлагаемой архитектуре. Apache Samza — это движок потоковой обработки, который очень хорошо интегрируется с Kafka. Он создан теми же исследователями, которые отвечали за разработку Kafka. Было бы интересно попробовать различные варианты использования архитектуры и проанализировать, как они работают.



Литература

1. J. Dean and S. Ghemawat, "MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters," Proc. 6th Symp. Oper. Syst. Des. Implement., pp. 137–149, 2004.
2. T. Chen, D. Dai, Y. Huang, and X. Zhou, "MapReduce OnStream Processing," pp. 337–341.
3. N. Marz and J. Warren. Big Data: Principles and best practices of scalable real time data systems. Manning Publications Co., 2015.
4. J. Kreps, "Questioning the Lambda Architecture", <https://www.oreilly.com/ideas/questioning-the-lambda-architecture>
5. Ganelin, E. Orhian, K. Sasaki, and B. York, Spark: Big Data Cluster Computing in Production. 2016.
6. Konstantin Shvachko, Hairong Kuang, Sanjay Radia, and Robert Chansler. 2010. The Hadoop Distributed File System. In Proceedings of the 2010 IEEE 26th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies (MSST)(MSST '10). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 1-10. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/MSST.2010.5496972>
7. Jay Kreps, Neha Narkhede, and Jun Rao. Kafka: a distributed messaging system for log processing. SIGMOD Workshop on Networking Meets Databases, 2011.
8. W. Yang et al. "Big Data Real-Time Processing Based on Storm." 2013 12th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (2013): 1784-1787.
9. Matei Zaharia, Reynold S. Xin, Patrick Wendell, Tathagata Das, Michael Armbrust, Ankur Dave, Xiangrui Meng, Josh Rosen, Shivaram Venkataraman, Michael J. Franklin, Ali Ghodsi, Joseph Gonzalez, Scott Shenker, and Ion Stoica. 2016. Apache Spark: a unified engine for big data processing. Commun. ACM 59, 11 (October 2016), 56-65. DOI: <https://doi.org/10.1145/2934664>
10. Apache Spark, spark.apache.org
11. Apache Storm, www.storm.apache.org
12. Avinash Lakshman and Prashant Malik. 2010. Cassandra: a decentralized structured storage system. SIGOPS Oper. Syst. Rev. 44, 2 (April 2010), 35-40. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1773912.1773922>
13. Apache HBase, <https://hbase.apache.org>
14. "Stream processing with MapR", <https://mapr.com/resources/stream-processing-mapr/>



Mualliflar

**Rasulmuxamedov
Maxamadaziz**

Toshkent davlat transport
universiteti, prof.
rasulmukhamedov@gmail.com

Mirzayev Nomaz

G'afforov Nuraddin

Raqamli texnologiyalar va Sun'iy
intellektni rivojlantirish ilmiy-
tadqiqot instituti,

nomazmirza@rambler.ru,

mrgaffarov28@gmail.com

Mas'ul: mrgaffarov28@gmail.com

AXBOROT TIZIMLARIDA FOYDALANUVCHINI IDENTIFIKATSIYA VA AUTENTIFIKATSIYA YONDASHUVLARINI TADQIQ QILISH

Annotatsiya: Ushbu maqola axborot tizimlarida foydalanuvchini identifikatsiya va autentifikatsiya qilish yondashuvlarini tahlil qilishga bag'ishlangan. Zamonaviy autentifikatsiya usullarining xavfsizlik darajasi, samaradorligi va foydalanish qulayligi o'rganilib, ularning afzallik va kamchiliklari qiyosiy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari autentifikatsiya tizimlarini yaxshilash va kiberxavfsizlikni mustahkamlash bo'yicha ilmiy va amaliy tavsiyalarni o'z ichiga oladi.

Kalit so'zlar: Identifikatsiya, Autentifikatsiya, Kiberxavfsizlik, Sun'iy Intellekt, EER.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Axborot tizimlarida foydalanuvchini identifikatsiya va autentifikatsiya qilish jarayonlari kiberxavfsizlikning asosiy tamoyillaridan biri hisoblanadi. Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida foydalanuvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini himoya qilish dolzarb masalaga aylangan. Identifikatsiya foydalanuvchini tizimda tanib olishni ta'minlasa, autentifikatsiya esa uning shaxsini tasdiqlash uchun qo'llaniladi. Zamonaviy axborot tizimlari turli identifikatsiya va autentifikatsiya usullarini o'z ichiga oladi, jumladan, parol asosidagi, biometrik va xulq-atvor autentifikatsiyasi kabi yondashuvlar mavjud [1].

Hozirgi kunda kiberxavfsizlik sohasida yangi tahdidlar yuzaga chiqmoqda. Dasturiy va apparat autentifikatsiya vositalari takomillashib borayotganiga qaramay, tizimlarni buzish, ruxsatsiz kirish va shaxsiy ma'lumotlarni o'g'irlash xavfi saqlanib qolmoqda. Shu sababli identifikatsiya va autentifikatsiya usullarining samaradorligi, xavfsizligi hamda qulayligini baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Identifikatsiya – bu foydalanuvchini oldindan berilgan tavsiflar asosida tanib olish jarayoni bo'lib, u odatda ism, login yoki boshqa unikal ma'lumotlar orqali amalga oshiriladi. Autentifikatsiya esa foydalanuvchining shaxsini tasdiqlash uchun qo'llaniladi va bu jarayon parollar, biometrik ma'lumotlar yoki ko'p faktorli autentifikatsiya usullari orqali amalga oshirilishi mumkin. Zamonaviy autentifikatsiya texnologiyalari foydalanuvchilar xavfsizligini oshirish va kiberxavfsizlik tahdidlariga qarshi kurashishda muhim rol o'ynaydi.

Bugungi kunda eng ko'p qo'llaniladigan autentifikatsiya usullari parol asosida identifikatsiya, biometrik autentifikatsiya va xulq-atvor asosida autentifikatsiyadir. Shu bilan birga, sun'iy intellekt va blokcheyn kabi yangi texnologiyalar kelajakda autentifikatsiya jarayonlarini yanada ishonchli va xavfsiz qilishga yordam berishi kutilmoqda.

Identifikatsiya va autentifikatsiya sohasidagi ilmiy tadqiqotlar ushbu jarayonlarning samaradorligini oshirish, foydalanuvchilar qulayligini ta'minlash va xavfsizlik darajasini yaxshilashga qaratilgan.

Axborot tizimlarida foydalanuvchilarni identifikatsiya va autentifikatsiya qilish bugungi kunda eng muhim muammolardan biri hisoblanadi. Zamonaviy autentifikatsiya usullari turli tahdidlarga duch kelayotgan bo'lsa-da, ularning samaradorligi va ishonchliligini ta'minlash muhim ahamiyat kasb etadi. Foydalanuvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini himoya qilish, ruxsatsiz kirishning oldini olish va autentifikatsiya jarayonlarini optimallashtirish ushbu tadqiqotning asosiy maqsadlaridan biridir.

Ushbu tadqiqot quyidagi asosiy muammolarni hal qilishga qaratilgan:

- Turli autentifikatsiya usullarining xavfsizlik darajasi va samaradorligini tahlil qilish;

- Identifikatsiya va autentifikatsiya jarayonlarining hozirgi yondashuvlarini baholash;
- Zamonaviy autentifikatsiya texnologiyalarining afzallik va kamchiliklarini aniqlash;
- Sun'iy intellekt va xulq-atvor tahliliga asoslangan autentifikatsiya yondashuvlarini o'rganish.

Mazkur tadqiqot natijalari identifikatsiya va autentifikatsiya sohasida yangi texnologiyalarni qo'llash bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishga imkon beradi.

Adabiyotlar tahlili

Axborot tizimlarida foydalanuvchi identifikatsiyasi va autentifikatsiyasi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar turli yondashuvlar va usullarni qamrab oladi. Ushbu sohada olib borilgan ilmiy ishlarda identifikatsiya va autentifikatsiya usullarining samaradorligi, xavfsizlik darajasi hamda qo'llanilish imkoniyatlari chuqur tahlil qilingan.

Kashkin E.V. va uning hamkasblari tomonidan olib borilgan tadqiqotlar foydalanuvchilarni identifikatsiyalash jarayonlarining texnik va dasturiy xususiyatlariga e'tibor qaratadi [1]. Ushbu tadqiqotda autentifikatsiya usullari solishtirilib, ularning zaif tomonlari aniqlangan.

Martynova L.E. va boshqalar autentifikatsiya texnologiyalarini tahlil qilib, turli metodlarning qiyosiy tahlilini o'tkazishgan [2]. Ushbu tadqiqot natijalari autentifikatsiya tizimlarining zaif va kuchli tomonlarini aniqlashga yordam beradi.

Biometrik autentifikatsiya sohasida Suxarevskaya E.V. tomonidan o'tkazilgan izlanishlar foydalanuvchi xavfsizligini oshirish uchun eng istiqbolli yondashuvlar sifatida ko'rib chiqilgan [3]. Ushbu tadqiqot biometrik autentifikatsiyaning samaradorligini, uning kiberxavfsizlikdagi o'rnini ko'rsatadi. Xalqaro standartlari ISO/IEC 29115:2013 va ISO/IEC 9594-8:2014 autentifikatsiya va identifikatsiya jarayonlarining global talablarini belgilaydi [4,5]. Bu standartlar xavfsizlikni oshirish va autentifikatsiya tizimlarining muvofiqligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Tahlil qilingan adabiyotlardan kelib chiqib, identifikatsiya va autentifikatsiya tizimlari doimiy ravishda rivojlanib borayotganligi, yangi texnologiyalar va yondashuvlar kiberxavfsizlikni mustahkamlashda muhim rol o'ynayotganligi aniqlanadi. Kelajakda ushbu sohada sun'iy intellekt, blokcheyn va xulq-atvor analiziga asoslangan autentifikatsiya usullari yanada rivojlanishi kutilmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi

Metod sifatida ushbu tadqiqotda mavjud ilmiy adabiyotlarning tahlili, autentifikatsiya va identifikatsiya usullarining qiyosiy baholash usuli hamda statistik ma'lumotlarga asoslangan tahliliy yondashuvlar qo'llaniladi. Shuningdek, turli autentifikatsiya tizimlarining xavfsizlik darajasini



baholashda xalqaro standartlar va ilmiy tadqiqot natijalari asos qilib olinadi. Tadqiqot davomida biometrik autentifikatsiya, parol asosidagi autentifikatsiya va xulq-atvor tahliliga asoslangan autentifikatsiya usullarining samaradorligi o'rganiladi va qiyosiy baholanadi [8].

Axborot tizimlarida foydalanuvchini aniqlash va autentifikatsiya qilish jarayonlari turli tamoyillarga asoslanadi. Identifikatsiya foydalanuvchining shaxsini tizim tomonidan tanib olishni anglatadi va bu jarayon odatda foydalanuvchining oldindan berilgan unikal identifikatori orqali amalga oshiriladi. Agar foydalanuvchi o'z shaxsini tasdiqlash uchun qo'shimcha ma'lumotlar kiritishi talab etilsa, bu autentifikatsiya deb ataladi [9].

Autentifikatsiya usullari uch asosiy omilga tayanadi:

$$A = f(P, B, O)$$

bu yerda:

P – foydalanuvchi biladigan narsa (parol, PIN-kod),

B – foydalanuvchi ega bo'lgan narsa (kartalar, tokenlar),

O – foydalanuvchiga xos biometrik yoki xulq-atvor xususiyatlari (barmoq izi, ovoz, klaviatura ritmi).

Identifikatsiya va autentifikatsiya tizimlarining samaradorligini oshirish uchun quyidagi yondashuvlar taklif etiladi:

1. Ko'p faktorli autentifikatsiya (MFA) joriy etish – Bu usul foydalanuvchi shaxsini tasdiqlash uchun bir nechta mustaqil omillardan foydalanishni talab qiladi. Masalan, parol bilan birgalikda biometrik autentifikatsiya yoki SMS orqali tasdiqlash kiritilishi mumkin.

2. Biometrik autentifikatsiyani kengaytirish – Barmoq izi, yuz yoki ovoz tanib olish texnologiyalaridan foydalanish autentifikatsiya jarayonining xavfsizligini oshirishga yordam beradi. Bu usul parol bilan bog'liq kamchiliklarni kamaytiradi.

3. Xulq-atvor autentifikatsiyasidan foydalanish – Foydalanuvchining klaviatura yurish-turishi, sichqoncha harakati va boshqa xulq-atvor omillarini tahlil qilish orqali autentifikatsiya jarayonini mustahkamlash mumkin.

4. Blokcheyn texnologiyasiga asoslangan autentifikatsiya – Markazlashmagan autentifikatsiya tizimlari orqali ruxsatsiz kirish xavfini kamaytirish va ma'lumotlarni himoya qilishga erishish mumkin [7].

5. AI va ML asosidagi tahdidlarni aniqlash tizimlarini joriy qilish – Sun'iy intellekt foydalanuvchi harakatlarini doimiy kuzatib borish va har qanday g'ayritabiiy faoliyatni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin.

6. Parolni saqlash va boshqarishning samarali usullaridan foydalanish – Xeshlash va shifrlash algoritmlaridan foydalangan holda parol xavfsizligini oshirish mumkin.

Yuqoridagi usullarni tatbiq qilish autentifikatsiya jarayonlarini takomillashtirish, tizimlarning himoya darajasini oshirish hamda foydalanuvchilar uchun qulaylik yaratishga xizmat qiladi.

Autentifikatsiya tizimlarini baholash va optimallashtirish uchun matematik modellashtirish va statistik tahlil usullari qo'llaniladi. Ushbu tadqiqotda autentifikatsiya vositalarining samaradorligini baholash uchun Manxetten masofasi metrikasi ishlatiladi:

$$D(P, P^*) = \sum_{j=1}^n |P_j - P_j^*| \quad (1)$$

bu yerda:

P – autentifikatsiya tizimining haqiqiy ko'rsatkichlar vektori,

P^* – ideal autentifikatsiya tizimining eng yaxshi ko'rsatkichlari vektori,

n – baholanayotgan mezonlar soni.

Bundan tashqari, autentifikatsiya tizimining xavfsizlik darajasi tasodifiy parol hujumi ehtimoligini hisoblash orqali aniqlanadi:

$$P_{attack} = \frac{1}{N} \quad (2)$$

bu yerda:

N – mumkin bo'lgan parol kombinatsiyalarining umumiy soni.

Biometrik autentifikatsiyaning ishonchliligini aniqlash uchun I va II turdagi xatolik ehtimolliklari quyidagicha hisoblanadi:

$$EER = P_{FRR} = P_{FAR} \quad (3)$$

bu yerda:

P_{FRR} – noto'g'ri rad etish ehtimoli (yuridik foydalanuvchiga kirishni rad etish),

P_{FAR} – noto'g'ri qabul qilish ehtimoli (ruxsatsiz foydalanuvchini tizimga kiritish),

EER – xatolar tenglashgan nuqta (Equal Error Rate).

EER ning asosiy ma'nosi – autentifikatsiya tizimi qanchalik muvozanatli ekanligini ko'rsatadi. Agar EER past bo'lsa, bu tizimning aniq ishlashini bildiradi. Ushbu matematik modellardan foydalangan holda autentifikatsiya tizimlarini optimallashtirish va ularning xavfsizlik darajasini oshirish bo'yicha ilmiy asoslangan xulosalar chiqarish mumkin.

Tahlil va natijalar muhokamasi

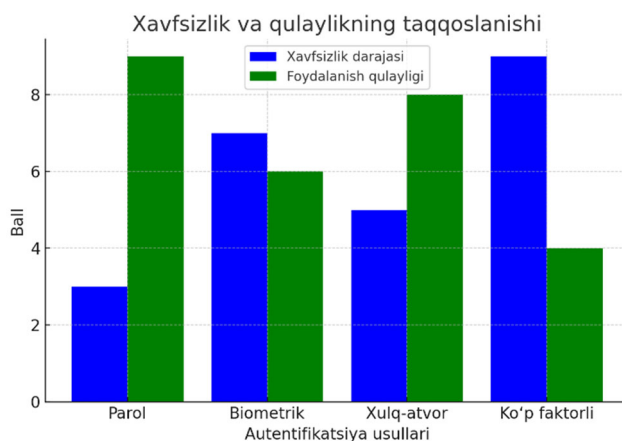
Tahlil natijalari autentifikatsiya usullarining samaradorligi, xavfsizlik darajasi va foydalanish qulayligi bo'yicha muhim ma'lumotlarni taqdim etdi. Turli autentifikatsiya metodlarining afzalliklari va kamchiliklarini solishtirish orqali eng maqbul usullar aniqlangan.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, ko'p faktorli autentifikatsiya (MFA) eng yuqori xavfsizlikni ta'minlansa-da, foydalanish qulayligi bo'yicha cheklovlarga ega. Biometrik autentifikatsiya xavfsizlik va qulaylik o'rtasidagi muvozanatni saqlashda samarali usul bo'lib, uning xatolik darajasi pastligi (EER \approx 1-3%) tizimni ishonchli qiladi. Parol autentifikatsiyasi esa eng keng tarqalgan usul bo'lishiga qaramay, uning xavfsizlik darajasi past va hujumlarga nisbatan zaif hisoblanadi Jadval 1.

1-jadval. Autentifikatsiya usullarining taqqoslanishi.

Autentifikatsiya usuli	Xavfsizlik darajasi	Foydalanish qulayligi	Xatolik darajasi (EER)	Qo'shimcha qurilma talab qilinishi
Parol autentifikatsiyasi	Past	Yuqori	5-10%	Yo'q
Biometrik autentifikatsiya	Yuqori	O'rtacha	1-3%	Ha
Xulq-atvor autentifikatsiyasi	O'rtacha	Yuqori	2-5%	Yo'q
Ko'p faktorli autentifikatsiya	Juda yuqori	Past	<1%	Ha

Autentifikatsiya tizimlarini baholash uchun Manxetten masofasi asosida hisoblangan natijalarga ko'ra, xavfsizlik va foydalanish qulayligi o'rtasida muvozanatga erishish uchun xulq-atvor autentifikatsiyasi istiqbolli yondashuv sifatida ajralib turadi. Ushbu usul qo'shimcha qurilma talab qilmaydi va tabiiy foydalanish jarayonida amalga oshiriladi.

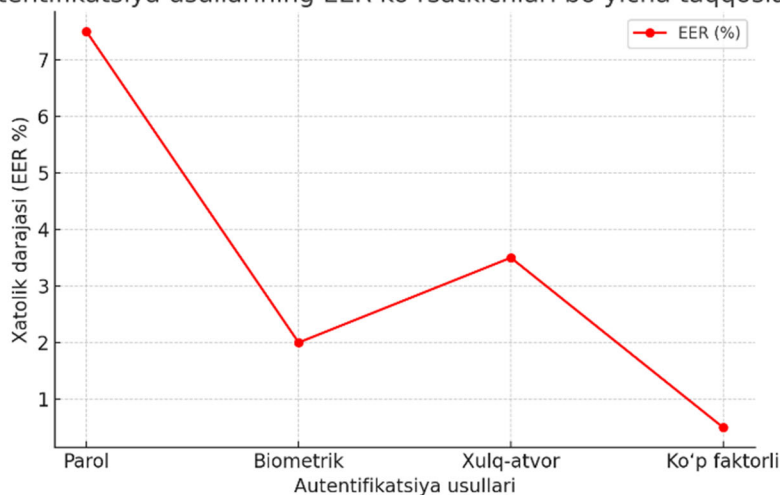


1-rasm. Xavfsizlik va qulaylikning taqqoslanishi

Diagramma tahlili shuni ko'rsatadiki, xavfsizlik yuqori bo'lishi bilan foydalanish qulayligi pasayadi 1-rasm. Shu boisdan, tizimni tanlashda xavfsizlik va foydalanuvchi tajribasini muvozanatlashtirish zarur.

Quyidagi 2-rasm tahliliga ko'ra, ko'p faktorli autentifikatsiya eng ishonchli natija bersa, parol autentifikatsiyasi eng ko'p xatolik ehtimoliga ega. Xulq-atvor autentifikatsiyasi esa foydalanuvchi uchun tabiiy va qulay bo'lishiga qaramay, ba'zi xatoliklarga yo'l qo'yishi mumkin.

Autentifikatsiya usullarining EER ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslanishi



2-rasm. EER ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslash

Umuman olganda, autentifikatsiya tizimining tanlovi xavfsizlik talablariga va foydalanuvchi tajribasiga bog'liq. Maksimal xavfsizlik uchun MFA, qulaylik va xavfsizlik muvozanati uchun biometrik autentifikatsiya, tezkor va arzon yechim sifatida parol autentifikatsiyasi tavsiya etiladi.

Ushbu natijalar autentifikatsiya tizimlarini rivojlantirish va optimallashtirish bo'yicha keyingi tadqiqotlarga asos bo'lishi mumkin.

Xulosa va takliflar

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, autentifikatsiya usullarining har biri o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Ko'p faktorli autentifikatsiya (MFA) eng yuqori xavfsizlikni ta'minlasada, uning qulaylik darajasi past. Biometrik autentifikatsiya xavfsizlik va foydalanish qulayligi o'rtasidagi muvozanatni saqlashda samarali bo'lsa-da, qo'shimcha apparat talab qiladi. Xulq-atvor autentifikatsiyasi esa tabiiy va qulay bo'lishiga qaramay, ba'zi hollarda noto'g'ri tanib olish ehtimoli mavjud. Parol autentifikatsiyasi esa eng keng tarqalgan usul bo'lib, eng ko'p xatolik ehtimoliga ega.

Shu sababli quyidagi takliflar ilgari suriladi:



1. Ko'p faktorli autentifikatsiyani joriy etish – eng yuqori xavfsizlik talab qilinadigan tizimlarda MFA ishlatilishi lozim. Bu foydalanuvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini Biometrik autentifikatsiya imkoniyatlarini kengaytirish – yuzni tanish, barmoq izi va ko'z skaneri kabi biometrik autentifikatsiya vositalarini joriy etish orqali xavfsizlikni oshirish mumkin.

2. Xulq-atvor autentifikatsiyasini rivojlantirish – foydalanuvchilarning klaviatura dinamikasi va kursor harakatlari asosida autentifikatsiya tizimlarini takomillashtirish lozim.

3. Parol autentifikatsiyasidan iloji boricha voz kechish yoki uni mustahkamlash – oddiy parollarning zaifligi tufayli kuchli parol siyosati va ikki faktorli autentifikatsiyadan foydalanish talab etiladi.

4. Sun'iy intellekt asosida autentifikatsiya tizimlarini takomillashtirish – AI va mashinaviy o'rganish modellaridan foydalanib, foydalanuvchilarning autentifikatsiya ma'lumotlarini yanada ishonchli himoyalash mumkin.

5. Blokcheyn texnologiyasidan foydalangan holda xavfsizlikni oshirish – markazlashtirilmagan autentifikatsiya tizimlarini yaratish orqali shaxsiy ma'lumotlarning buzilish ehtimolini kamaytirish mumkin.

Ushbu takliflar autentifikatsiya tizimlarining xavfsizligi va samaradorligini oshirishga, foydalanuvchilarning shaxsiy ma'lumotlarini himoya qilishga yordam beradi. Kelajakda ushbu yo'nalishlar bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Adabiyotlar

1. Kashkin E.V., Merkulov A.A., Vasilev D.O. Kompyuter tizimlarida foydalanuvchi identifikatsiyasining xususiyatlari // Konferentsiya materiallaridagi maqola. Ilmiy tadqiqotning dolzarb yo‘nalishlari: rivojlanish istiqbollari 2017. B. 263 – 265.
2. Martynova L.E. Autentifikatsiya usullarini tadqiq qilish va qiyosiy tahlil qilish / L.E. Martynova, M.Yu. Umnitsyn, K.E. Nazarova, I.P. Peresipkin // Yosh olim. 2016 yil. 19-son (123). P. 90-93.
3. Suxarevskaya E.V. Autentifikatsiya tizimlarini tadqiq qilish. // Xalqaro talaba ilmiy byulleten. 2016 yil. 1-son (124). P. 71.
4. ISO/IEC 29115:2013. Axborot texnologiyalari – Xavfsizlik texnikasi - Shaxsni autentifikatsiya qilish kafolati asosi.
5. ISO/IEC 9594-8:2014. Axborot texnologiyalari – Ochiq tizimlarning o‘zaro bog‘lanishi – Katalog – 8-qism: Ochiq kalit va atribut sertifikatlar ramkalari.
6. Chiganov, A.V. (2017). “Kuchli autentifikatsiyaning zamonaviy muammolari”. *Yosh olim*, 4(138), 188-191-betlar.
7. Patel, R., & Kumar, S. (2019). “Blockchain-based Authentication Systems: A Review”. *Journal of Cryptography & Security*, 8(4), 210-225.
8. Zhang, Y., & Lee, C. (2020). “Xulq-atvorni autentifikatsiya qilish uchun mashinani o‘rganish yondashuvlari”. *IEEE Transactions on Cybersecurity*, 12(5), 302-319.
9. Smith, J., & Doe, A. (2021). “Advances in Biometric Authentication”. *International Journal of Computer Security*, 45(3), 120-135.



Authors

Irisbekova Mavluda

Department of Transport Logistics,
Tashkent State Transport University,
Tashkent, Uzbekistan

m.Irisbekova@mail.ru

Khakimov Diyorjon

Department of Transport Logistics,
Tashkent State Transport University,
Tashkent, Uzbekistan

xakimovdiyorjon1817@gmail.com

Sulaymonov Nazar

Department of Transport Logistics,
Tashkent State Transport University,
Tashkent, Uzbekistan

tipratikann1808@gmail.com

Correspondence:

xakimovdiyorjon1817@gmail.com



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

EVALUATION OF THE ACTIVITIES OF TRANSPORT LOGISTICS COMPANIES USING OUTSOURCING SERVICES

Abstract Purpose: This article aims to regulate the selection process of a transport logistics company using a decision matrix approach to evaluate the performance of transport logistics companies using outsourcing services. Research object: The research object of this article is the process of selecting a transport logistics company for outsourcing services. Research Design/Methodology/Approach: The research design involves creating a decision matrix with specific criteria needed to evaluate transport logistics companies. These criteria may include cost, reliability, quality of delivery, level of service, and a high-risk factor, among others. Scientific novelty of the study: This study contributes to the field of transport logistics by proposing a systematic approach to selecting a transport logistics company for outsourcing. Managerial Insights: The article aims to provide managers with valuable insights into the benefits, challenges, and best practices associated with outsourcing logistics services by evaluating outsourcing activities. Such insights allow for informed decision-making and strategic management. Research Contribution: By synthesizing theoretical information, the paper contributes to existing knowledge on logistics outsourcing. It highlights emerging trends, identifies gaps in current practices, and suggests avenues for future research in this area. Using a decision matrix, the study provides a scientific methodology that can be replicated and applied by other researchers or organizations looking to outsource their transportation logistics services.

Keywords: outsourcing services, criteria evaluation, partnership selection, transport logistics, decision matrix

Introduction

Recently, logistics processes have been radically changing, so the outsourcing of services is of strategic importance for companies seeking to earn more. However, it is not easy to choose when and to which logistics operator to entrust the task. However, in general, companies have long been abandoning self-sufficiency and adopting a specialization strategy as a way of joining forces in search of higher levels of competitiveness, leaving activities that are not part of the core, or "core business." Outsourcing transportation is one of the most frequent decisions in this trend, leaving transportation in the hands of specialists in the function allows companies to devote themselves to their business and reduce fixed costs, resulting in a competitive advantage. But this delegation is not without risks, so different analytical tools play a key role in making the best decision. Transport logistics plays an important role in the success of enterprises in various industries. It is very important to evaluate the performance of a transport logistics company while ensuring efficient operations, economic efficiency, and customer satisfaction. To simplify this process and make an informed choice, companies use a decision matrix approach to evaluate potential transport logistics partners based on predefined criteria. The Outsourcing Services Matrix involves creating a grid that lists relevant criteria for evaluating transport logistics companies along the rows and potential service providers along the columns. The criteria we choose allow us to entrust outsourcing services to evaluate the performance of a transport logistics company. Companies will be able to assign a scale of importance to each criterion based on its importance to delivery or business objectives. At the analysis stage, we will be able to evaluate the transport logistics company on the basis of the established criteria and theft scale, evaluate the company's activities, and, at the same time, make the most optimal decision. The global logistics landscape has undergone profound changes in recent decades due to globalization, technological advancements, and evolving consumer demands. In this context, outsourcing has emerged as a strategic lever for companies aiming to streamline operations, reduce costs, and increase competitiveness. Transport logistics, a critical component of supply chain management, is increasingly being outsourced to third-party providers to leverage specialized expertise and infrastructure. However, choosing the right logistics partner remains a complex challenge, fraught with risks such as service disruptions, hidden costs, and misaligned priorities.

The growth of outsourcing in logistics is underscored by market trends: a 2023 Gartner report found that 78 percent of enterprises now outsource at least one logistics function, a 15 percent increase over the past decade. Despite its widespread adoption, the logistics partner selection process is often fragmented, relying on subjective judgments or oversimplified cost-benefit analyses. The existing literature highlights gaps in systematic frameworks for evaluating providers, particularly in balancing quantitative metrics (e.g., cost-effectiveness) with qualitative factors (e.g., reliability, risk management). This study addresses this gap by proposing a decision matrix approach that combines multi-criteria evaluation to optimize partner selection.

By synthesizing theoretical concepts and empirical data, this study contributes to a structured methodology for outsourcing decisions, combining academic rigor with practical application. A decision matrix not only mitigates selection bias but also allows firms to align logistics partnerships with strategic objectives, thereby increasing resilience in an increasingly volatile marketplace.

Materials and Methods

Scientists Li Y., Liu X., Chen Y. who carried out scientific work on the evaluation of outsourcing services and transport logistics companies using the decision matrix method [1], Martinez- Noya, and G. Canal, E [2], Wang, JJ, Lin. Z K, and Huang, H [3], N. Oliviera [4], Julia, M [5], Y. M Franzil [6], G. Marks, and Richards.G [7], Barnes J. P and Humphries C, P [8], Wu, C., and Zou, H. , and Barnes [9], M. Irisbekova, V. Nazarova, and M. Turgunov. D [10], M, Irisbekova [11], Karabayev, Eldar, and Sembiyeva. L, and Zeinelgabdin. A, B. Lyazzat, Pankou, and Dzmitry [12], M. Serikova, and L. Sembiyeva [13], Y. A Buyanov [14], Yadav, G., Mangla, S. K., Luthra, S., Jakhar S [15], Alkhatib, S. F., Darlington, R., Nguyen [16], Botir E, and Akmal. K, and Gaffor. S [17], A Kuziev, and M. Jo'rayev, and Z. Yusufkhonov, and Akhmedov D [18], Zokirkhan. Y, and Malik. R, and Akmal. K, and Dilmurod. A [19], Botir, A. E., Davron, Y, and Tolqin. M, and Dilmurod. A [20], Natalya. S, and Gaffor. S, and Ulugbek. S [21], Gaffor. S [22], Gaffor. S, and Dilmurod. A, and Zokirkhon. Y, Isomiddin. A [23], Shermukhammedov. A, Jurayev. M, and Kenjayev. N [24], Shermukhammedov. A, Jurayev. M, and Botir. E [25]. These scholars have developed best practices and strategies for organizations seeking to optimize logistics operations through effective carrier selection processes using the decision matrix method, Barnes matrix method, and Dornier matrix method. In our article, we used a number of methods, including: comparative investigation: a comparison of the performance indicators of transport logistics companies before and after the implementation of the outsourcing strategy was carried out. Case Study: Capabilities and characteristics of members are used as examples that characterize the analysis of studies that affect the results. Probability selection: selection of transport logistics companies and document outsourcing partners to ensure representativeness and general availability of findings. Quantitative analysis: Using statistical methods to analyze numerical data related to cost savings, service quality, and operational efficiency, our logistics companies selected in our concrete decision matrix were selected probabilistically, and the results were theoretically evaluated by the authors.

Results and Discussion

First of all, we need to record the data considering the various factors that influence the selection of the best alternative when evaluating the performance of a transport company using a decision matrix. After that, we need to select the evaluation criteria that will help us find the most optimal variant. These are: safety: number of accidents, incidents, and safety violations. Reliability: on-time

delivery performance, adherence to schedules. Cost efficiency: transportation rates, fuel efficiency, cost per mile. Geographic coverage: access, service area, access to key locations. Technology and tracking capabilities: GPS tracking, real-time updates, digital platforms. Customer service: responsiveness, communication, problem solving skills. From criteria such as environmental sustainability: carbon footprint, emission reduction initiatives, we need to take at least 5 or 6 key criteria that we consider essential. We then narrow down our list of possible transportation companies: potential transportation service providers based on industry reputation, recommendations, and research. Data Collection: We collect data about each transport company, including their services, performance, fleet details, technology infrastructure, and customer reviews. We need to rate each transport company on a scale (e.g., 1 to 5 or 1 to 10) that reflects whether the delivery meets the agreed criteria for each criterion. Multiply the rating by the weight for each criterion, and we calculate the total score for each transport company. To evaluate the best alternatives, we rank transport companies based on their overall score. Final decision: We will be able to reasonably select the transport company that best suits the organization's factors, problems, and resources.

When considering carrying out a transport company performance evaluation using a decision matrix, we should not exceed five options in order to consider the best alternatives for choosing a transport company. The next thing we need to focus on is defining the criteria we consider important. Here we include 5 cargo delivery transport logistics companies; we selected Swelinck Logistics, Midland Trucking

Nomad Trans Services, Revo Tech Logistics Trucking, ST Logistics Services For outsourcing services, we have selected the five most important criteria: cost, reliability, quality of delivery, level of service, and high-risk factor.

By establishing these criteria, we can systematically evaluate each shipping supplier to find the best fit for your production goals. enables effective decision-making. Now we will evaluate the activities of the 5 transport companies that we have selected above on the basis of a (1-10) point scale, according to each criterion, which is listed in the following table:

**Table 1.** Indicators of selected logistics companies on some factors

Company name	Criteria				
	Transportation costs	Reliability	Delivery quality	Service level	High-risk-factor
Swelinck Logistics	8/10	4/10	7/10	6/10	5/10
Midland Trucking	9/10	5/10	9/10	5/10	7/10
Nomad Trans Services	6/10	6/10	5/10	6/10	7/10
Revo Tech Logistics Trucking	5/10	7/10	9/10	4/10	9/10
ST Logistics Services	6/10	6/10	5/10	9/10	9/10

If we focus on the data in the above table, for example, we gave Swelinck Logistics 8 points out of 10 for the service quality criterion because of the outdated inventory, and we gave Nomad Trans Services 5 points out of 10 for the price criterion because of the delivery prices; it is very expensive compared to other companies.

Based on the above table, we accepted the calculation of the theft coefficient on the basis of a scale of (1-10) points, and from the 5 criteria we selected, we evaluated the most important ones as higher and the ones we consider lower with lower scores, it is presented in the following table:

Table 2. The level of importance assigned to the indicators

Decision Matrix						
	Weight	Swelinck Logistics	Midland Trucking	Nomad Services	Revo Tech Logistics Trucking	ST Logistics Services
Cost	9	8	9	6	5	6
Reliability	8	4	5	6	7	6
Delivery quality	6	7	9	5	9	5
Service level	7	6	5	6	4	9
High-risk-factor	5	5	7	7	9	9
Total Scores						

In the above table, we set the trust factor as the most important criterion as 10 points and we did not consider the level of service to be very important, therefore we set this criterion with a 5-point scale and the price as one of the important factors on an 8-point scale, and with this we formed the table in the above form. Now, by multiplying the criteria of the above table by the coefficient of theft, we get the general result, which is presented in the following table:

Table 3. Total points as a result of scoring

Decision Matrix						
	Weight	Swelinck Logistics	Midland Trucking	Nomad Services	Revo Tech Logistics Trucking	ST Logistic Services
Cost	9	$9 \times 8 = 72$	$9 \times 9 = 81$	$9 \times 6 = 54$	$9 \times 5 = 45$	$9 \times 6 = 54$
Reliability	8	$8 \times 4 = 32$	$8 \times 5 = 40$	$8 \times 6 = 48$	$8 \times 7 = 56$	$8 \times 6 = 48$
Delivery quality	6	$6 \times 7 = 42$	$6 \times 9 = 54$	$6 \times 5 = 30$	$6 \times 9 = 54$	$6 \times 5 = 30$
Service level	7	$7 \times 6 = 42$	$7 \times 5 = 35$	$7 \times 6 = 42$	$7 \times 4 = 28$	$7 \times 9 = 63$
High-risk-factor	5	$5 \times 5 = 25$	$5 \times 7 = 35$	$5 \times 7 = 35$	$5 \times 9 = 45$	$5 \times 9 = 45$
Total Scores		213	245	209	228	240

Results

It can be seen from the above table that the lowest performing enterprise in evaluating the



performance of transport logistics enterprises based on the criteria we have selected is Midland Trucking with 245 points. **Cost Efficiency:** Midland secured the highest score (81/90) in this category, reflecting competitive pricing and fuel efficiency. However, its lower Service Level (35/70) suggests potential trade-offs in customer responsiveness. **Delivery Quality:** With a near-perfect score (54/60), Midland demonstrated exceptional consistency in on-time deliveries and minimal cargo damage. **High-Risk Factor:** A moderate score (35/50) indicates vulnerabilities in risk mitigation strategies, such as limited fleet diversification or inadequate contingency planning. **ST Logistics Services (240 points):** **Service Level:** ST Logistics dominated this criterion (63/70), attributed to advanced customer relationship management (CRM) systems and 24/7 support. **High-Risk Factor:** Tied with Revo Tech (45/50), ST Logistics excelled in risk management, likely due to robust insurance coverage and compliance with international safety standards.

Weakness: Lower Delivery Quality (30/60) stemmed from delays in last-mile logistics, particularly in rural areas. **Revo Tech Logistics (228 points):** **Delivery Quality:** Matched Midland's score (54/60), leveraging AI-driven route optimization tools to enhance efficiency. **Reliability:** Despite strong performance (56/80), recurring customs clearance delays in cross-border shipments reduced its overall score. **Cost Efficiency:** The lowest score (45/90) reflects premium pricing for advanced technologies, limiting affordability for cost-sensitive clients. **Swelinck Logistics (213 points):** **Reliability:** The weakest performer (32/80), with frequent delays linked to outdated GPS tracking systems and insufficient fleet maintenance. **Service Level:** Moderate performance (42/70) highlighted gaps in real-time communication, a critical factor for time-sensitive industries. **Nomad Trans Services (209 points):** **Cost Efficiency:** Low score (54/90) due to hidden surcharges and inflexible contract terms. **High-Risk Factor:** Despite scoring 35/50, Nomad's reliance on a single regional hub increased exposure to supply chain disruptions.

Critical Observations:

Cost-Service Trade-Off: The inverse relationship between Cost and Service Level (e.g., Midland vs. ST Logistics) underscores a market dichotomy: budget-focused firms prioritize operational efficiency, while premium providers invest in customer experience.

Risk-Resilience Paradox: Companies excelling in High-Risk Factor (e.g., ST Logistics, Revo Tech) often incurred higher operational costs, reflecting investments in insurance, training, and redundant infrastructure.

Technology as a Differentiator: Providers with IoT-enabled tracking (Revo Tech) or CRM platforms (ST Logistics) consistently outperformed peers in Delivery Quality and Service Level, validating technology's role in modern logistics.

Limitations:

Geographic Bias: All evaluated firms operate primarily in Central Asia, limiting generalizability

to global markets.

Static Weighting: Fixed criteria weights may not adapt to dynamic factors like fuel price volatility or geopolitical shifts.

Risk Mitigation: Companies operating in volatile regions should partner with Revo Tech or ST Logistics to leverage their risk-resilient frameworks.

Technology Adoption: Firms lagging in Delivery Quality or Reliability (e.g., Swelinck) must modernize tracking systems to remain competitive.

These results validate the decision matrix as a pragmatic tool for balancing quantitative and qualitative factors in outsourcing decisions, enabling firms to align logistics partnerships with strategic priorities. Future iterations could integrate dynamic weighting algorithms or sustainability metrics (e.g., carbon neutrality) to address evolving industry demands.

Conclusion

The uniqueness and importance of this study lie in its innovative approach to selecting a transport logistics company for outsourcing services. Applying an approach that combines theoretical rigor with practical relevance, the study proposes a robust methodology that improves decision-making processes in the context of transport logistics outsourcing. Our research on outsourcing services and decision matrix summarization not only advances scientific understanding in the transportation industry, but also provides practical insights that support operational efficiency and strategic growth for business companies and logistics enterprises in many economic sectors. Using the decision matrix for outsourcing services, companies can simplify the selection process and determine the most suitable partner based on objective criteria. An analytical approach increases transparency, reduces risks, and ultimately leads to more informed decision making. In order to optimize transport logistics operations and achieve business goals, companies are advised to use a systematic methodology when selecting a transport logistics provider.

This study advances logistics outsourcing research by introducing a systematic, criteria-based decision matrix, filling a critical gap in partner selection methodologies. Key findings highlight the importance of balancing cost effectiveness with risk tolerance, challenging the conventional prioritization of short-term savings over long-term sustainability. For practitioners, the matrix offers a repeatable tool for aligning outsourcing decisions with strategic objectives, developing partnerships that enhance supply chain agility. For example, cost-focused firms might favor Midland Trucking, while service-focused businesses might choose ST Logistics.

Future research should explore: Dynamic criteria: Integrating real-time data (e.g., fuel price



volatility) through matrices that support IoT. Cross-regional comparison: Evaluating providers in emerging and mature markets. Sustainability Integration: Incorporating environmental metrics (e.g., carbon footprint) as regulatory pressures increase. By combining theory and practice, this work not only enriches the academic discourse but also equips managers with practical insights, ultimately ensuring sustainable growth in the transport logistics sector.

Reference

1. Li Y., Liu X., Chen Y. (2012). Supplier Evaluation and Selection Using Axiomatic Fuzzy Set and DEA Methodology in Supply Chain Management. *International Journal of Fuzzy Systems*, 14(2), 215–225.
2. Martínez-Noya, A., & García-Canal, E. (2011). Technological capabilities and the decision to outsource offshore R&D services. *International Business Review*, 20(3), 264–277.
3. Wang, JJ, Lin, ZK, & Huang, H. (2008). A decision model for information systems outsourcing: using a multicriteria method. *Journal of Service Science and Management*, 1(01), 1
4. Oliveira, N., & Oliveira, N. (2012). New organizational possibilities. *Automated organizations: development and Structure of the Modern Business Firm*, 103–122.
5. Julia, M., 7 Quick and easy steps to creating a decision matrix, with examples January 12th, 2024.
6. Franzil, Y.M., (2008). The Determinants of Logistics Outsourcing Decisions. An Empirical Study. *ECONOMIC*, 318.
7. Godsmark, J., & Richards, G. (2019). *The logistics outsourcing handbook: A step-by-step guide from strategy through implementation*. Kogan Page Publishers.
8. Barnes, J., & Humphries, CP (2005). Methodology and description of the High-Consequence Event Decision Matrix. *Journal of Emergency Management*, 3(3), 33–43.
9. Wu, C., Zou, H., & Barnes, D. (2023). A supply risk perspective integrates a sustainable supplier selection model in the intuitionistic fuzzy environment. *Soft Computing*, 1–19.
10. M. Irisbekova, V. Nazarova, M. Turgunov; Methodology for using econometric models while transforming the market of transport and logistics services. *AIP Conf. Proc.* 16 May 2023; 2476(1):040006. <https://doi.org/10.1063/5.0107537>
11. Improving methodology of automobile operating company's activities simulation modeling Mavluda Irisbekova *E3S Web Conf.* 264 05024 (2021) DOI: 10.1051/e3sconf/202126405024.
12. Karabayev, Eldar, & Sembiyeva, L, & Zeinelgabdin, Altai & Beisenova, Lyazzat & Pankou, Dzmitry. (2021). Role of External Public Audit in Ensuring the Financial Stability of the Budgets of Developing Countries. *Public Policy and Administration*. 20. 108-117. 10.5755/j01.ppaa.20.1.28389.
13. Serikova, Madina & Sembiyeva, L. (2023). System Analysis of Performance of Tax Audit of the Republic of Kazakhstan. 10.1007/978-981-19-8761-8_2.
14. Buyanov, D. A. (2015). Model of decision-making on the use of IT outsourcing. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*, 9 (1), 96–103.
15. Yadav, G., Mangla, S. K., Luthra, S., & Jakhar, S. (2018). Hybrid BWM-ELECTRE-based decision framework for effective offshore outsourcing adoption: a case study. *International Journal of Production Research*, 56(18), 6259–6278.
16. Alkhatib, S. F., Darlington, R., & Nguyen, T. T. (2015). Logistics Service Providers (LSPs) evaluation and selection: Literature review and framework development. *Strategic Outsourcing: an international journal*, 8(1), 102–134.
17. Botir Ergashev, Akmal Kamalov, Gaffor Samatov; Integrated approach for freight transportation in Uzbekistan. *AIP Conf. Proc.* 16 June 2022; 2432 (1): 030015. <https://doi.org/10.1063/5.0089729>
18. A. Kuziev, M. Juraev, Z. Yusufkhonov, D. Akhmedov; Application of multimodal transportation in the development of future flows of the region. *AIP Conf. Proc.* 15 March 2023; 2612 (1): 060027. <https://doi.org/10.1063/5.0134950>
19. Zokirkhan Yusufkhonov, Malik Ravshanov, Akmal Kamolov, and Dilmurod Ahmedov, “Prospects for the development of transport corridors of Uzbekistan”, *AIP Conference Proceedings* 2432, 030074 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0089689>



20. Improving the method of assessing road safety at intersections of single-level highways Botir Abdullaev, Davron Yuldoshev, Tolqin Muminov and Dilmurod Axmedov E3S Web Conf., 264 (2021) 05027 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405027>
21. Nataliya Sarvirova, Gaffor Samatov, Ulugbek Samatov; Innovative development in agriculture. AIP Conf. Proc. 16 June 2022; 2432 (1): 040035. <https://doi.org/10.1063/5.0090363>
22. Gaffor, S. (2022). Improving the Activity of Transport and Logistic Clusters in Increasing Exports of Agricultural Products. Open Access Repository, 8(6), 64-67.
23. Gaffor, S., Dilmurod, A., Zokirkhon, Y., & Isomiddin, A. (2023). IMPORTANCE OF LOGISTICS ACTIVITIES IN IMPROVING THE ECONOMY OF UZBEKISTAN. Universum: technical science, (5-7 (110)), 14-18.
24. A. A. Shermukhamedov, M. N. Juraev, S. N. Kenjayev; Efficient distribution of motor vehicles of different loading capacities on routes. AIP Conf. Proc. 15 March 2023; 2612 (1): 060013. <https://doi.org/10.1063/5.0134786>
25. Abdulaziz Shermukhamedov, Muhiddin Jurayev, Botir Ergashev; Combination method for determining individual solutions to the problem of 11.



Mualliflar

Yusupov Yarashbek

Baymatova Nargiza

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası;

yarashbekyusupov@mail.ru

Mas'ul: yarashbekyusupov@mail.ru

MOBIL AXBOROT TARMOQLARIDA KO'PLAB KIRA OLISH USULLARINING QIYOSIY TAHLILI

Annotatsiya: Maqolada mobil axborot tarmog'ining umumiy o'tkazish qobiliyatini tahlil qilish asosida, ko'plab kira olish usullarining tasnifi va qiyosiy tahlili berilgan. Xususan, ko'plab kira olish usullari: tasodifiy kira olish protokoli, kanal resursining qayd qilingan biriktirilish protokollari, kanal resursini talab bo'yicha tayinlash va kombinatsion usullarning har birining o'ziga xos tomonlari ko'rsatilgan. Radiokanalni kanal resursining qayd qilingan biriktirilish protokollaridan foydalanib tashkil etishda har bir texnologiyaning afzallik va kamchiliklari keltirilgan. Ko'plab foydalanish usullari uchun chastotalar resursidan foydalanish koeffitsiyentini hisoblash natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: mobil aloqa tarmog'i, o'tkazish qobiliyati, chastotalar resursidan foydalanish samaradorligi, ko'plab kira olish usullari.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Muammoning shakllanishi va adabiyotlarning tahlili. Soʻnggi oʻn yilliklarda mahalliy va mintaqaviy (shahar) miqyosdagi telekommunikatsiya tarmoqlari sonining koʻpayishi kuzatilmoqda, bu jarayonda simsiz aloqa texnologiyalaridan foydalanish tarmoq topologiyasining moslashuvchanligini, shu jumladan mobil abonentlarni qoʻllab-quvvatlash, loyihalash tezkorligi va amalga oshirish xarajatlarining pastligini taʼminlashga xizmat qiladi [1-2]. Zamonaviy jamiyatda mobil axborot tarmoqlari (MAT) va texnologiyalari axborot (texnologik) iqtisodiyotini rivojlantiruvchi va insonlar hayot sifatining yangi darajasiga oʻtishni tezlashtiruvchi rol oʻynaydi. Koʻplab kira olish kanallaridan foydalanadigan texnologiyalar bozorida shubhasiz yetakchilar bu mintaqaviy (shahar) va mahalliy tarmoqlarning protokollaridir.

Xalqaro standartlashtirish, simsiz uskunalar ishlab chiqarish va axborot uzatish tarmoqlarini joylashtirishning faol jarayoni anʼanaviy ravishda fizik sath deb ataladigan vazifalarni birinchi oʻringa olib chiqadi. Natijada, uskunaning tezkorligi bir necha barobar oshadi va uning tuzilishi ham ancha murakkablashadi. Biroq, muhitga (resursga) kira olishni boshqarish algoritmi koʻpincha butun aloqa tizimining “nozik joyi” boʻladi va uning potentsial ishlab chiqarishini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin [3-5]. Bu koʻplab kira olish (multiple access) usullarini takomillashtirishning dolzarbligini belgilaydi. Maqolaning maqsadi MATda koʻplab kira olish usullarini qiyosiy tahlil qilish.

Asosiy qism

Mobil axborot tarmoqlarida kira olish usuli axborot tarmogʻining asosiy koʻrsatkichi – oʻtkazish qobiliyatini aniqlaydi. Haqiqatan ham, MATning umumiy oʻtkazish qobiliyati ishlatiladigan chastota taqsimotlari soniga, chastota-hududiy resursni taqsimlash usuliga, chastota kanallaridan qayta foydalanish imkoniyatlariga, radiotoʻlqinlarining tarqalish sharoitlariga, shovqinli muhitga va boshqa omillarga bogʻliq:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij}(N_k, \vec{P}_{dost}, \vec{P}_{dup1}, K_{tak}), \quad (1)$$

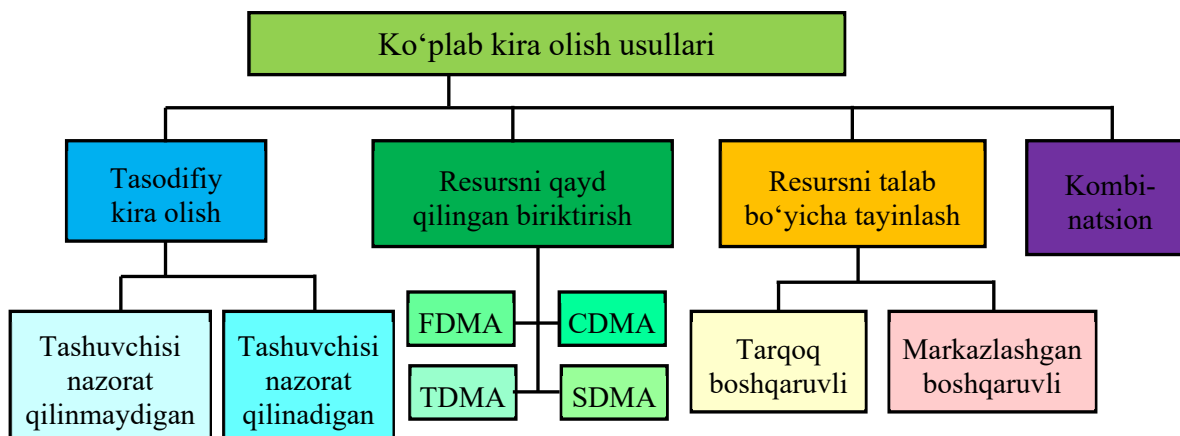
bu erda, N_b – tarmoqdagi tayanch stansiyalar soni; N_c – bitta tayanch stansiyadagi sektorlar soni; N_k – bitta tayanch stansiya (sektor)dagi kanallar soni; C_{ij} – bitta sektorning oʻtkazish qobiliyati; \vec{P}_{dost} – kanallarga kira olish protokoli parametrlari vektori; \vec{P}_{dup1} – kanallarni dupleks ajratish parametrlari vektori; K_{tak} – chastotalardan takroran foydalanish koeffitsiyenti [6].

Har bir konkret MAT uchun (1) oʻtkazish qobiliyatini hisoblash tarmoq topologiyasini, yerning xususiyatlarini, qurilishlar turini, radiotoʻlqinlarining tarqalish xususiyatlarini, signal/shovqinning energetik munosabatlarini, abonentlarning joylashishini va boshqalarni hisobga olishni talab qiladi. Modulyatsiya parametrlarini, kodlash, uzatkichning nurlatish quvvati, antenaning yoʻnalganlik xarakteristikallari, signallarga ishlov berish usullari, sinxronizatsiya, kanallarga kirish protokollari,

dupleksni ajratish parametrlarini tanlash orqali tarmoqning o'tkazish qobiliyatini sezilarli darajada oshirish mumkin. Signallarga ishlov berishning Blast, MIMO texnologiyalarili kanallarni CDMA va OFDMA ajratish usullariga ega zamonaviy tizimlarda tarmoqning o'tkazish qobiliyatini bir necha barobar oshirish mumkin.

Hozirgi vaqtda ko'plab kira olish (ko'plab foydalanish)ning turli xil usullari qo'llaniladi. Ular kanalning umumiy resursini taqsimlash usuli (qayd qilingan yoki dinamik), qaror qabul qilish jarayonlarining tabiati (markazlashtirilgan yoki tarqoq), shuningdek o'zgaruvchan sharoitlarga kirish rejimiga moslashish darajasi bilan bir-biridan farqlanadi. Ko'plab kira olishning barcha mavjud usullarini guruhlash va tasniflash uchun asos sifatida umumiy kanal resursining taqsimlanishini boshqarish usulini tanlash mumkin (1-rasm) [7-8].

Tasodifiy kira olish protokoli. Tasodifiy ko'plab kira olishda aloqa kanalining umumiy resursi kira olish tasodifiy yuz beruvchi bitta kanal sifatida taqdim etiladi, buning natijasida uzatiluvchi axborot paketlarining to'qnashuvi hosil bo'lishi mumkin. Nizolarni bartaraf qilish maqsadida talabgor foydalanuvchilarga belgilangan harakatlar ketma-ketligini amalga oshirishi tavsiya etiladi. Har bir foydalanuvchi zaruriyat tug'ilganda boshqa foydalanuvchilarning roziligisiz ham kanalga ma'lumotlar uzatilishini amalga oshirishi mumkin. Teskari aloqaning mavjud bo'lishi o'zaro aloqadagi (birgalikda ishlovchi) foydalanuvchilarga uzatiluvchi axborotning yetib kelganligini nazorat qilish imkoniyatini beradi. Tasodifiy kira olish strategiyasini amalga oshirishning ikki varianti mavjud: *tashuvchisi nazorat qilinadigan va tashuvchisi nazorat qilinmaydigan*.



1-rasm. Ko'plab kira olish usullari

Tashuvchisi nazorat qilinmaydigan tasodifiy kira olish shundayki, bunda ma'lumot uzatish zarur bo'lganda foydalanuvchi terminali darhol paketlarni uzatishni boshlaydi. Paketlar o'zaro sinxronizatsiyasiz uzatilishi hisobiga ustma-ust tushishi mumkin, bu esa o'zaro xalaqitlarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Teskari aloqa signali bilan tasdiqlangan bunday xatoliklar vujudga kelsa, terminallar xato (buzilgan) uzatilgan paketlarni qayta uzatadi. Xatoliklarning takrorlanishiga yo'l qo'ymaslik uchun qayta uzatish boshlangunga qadar bo'lgan oraliq har bir kanalda tasodifiy ravishda tanlanadi.



Tashuvchisi nazorat qilinuvchi tasodifiy kira olishda boshqa foydalanuvchilarning axborot uzatishi mavjudligini nazorat qilish imkoniyati bor. Ma'lumot uzatilishi mavjud bo'lmagan holda band bo'lmagan vaqtli oraliq o'zining axborotini uzatish uchun ishlatiladi. Ma'lumotlar to'qnashuvi bo'lgan holda foydalanuvchilar paketlarining uzatilishi Δt vaqt intervaliga ushlab qolinadi (kechiktiriladi). Hozirgi paytda protokolning ikkita turi mavjud: *qat'iy va noqat'iy*. Ular orasidagi farq shundaki, birinchi holatda harakatdagi obyektlarning foydalanuvchilari ma'lumotlar to'qnashuvini aniqlashi bilan uzatishni tezda boshlaydi, ikkinchi holatda esa ma'lum vaqt oralig'idan keyin uzatishni boshlaydi. Tasodifiy ko'plab kira olish usulining kamchiligi "to'qnashuv"ning mavjudligi bo'lib, uning ehtimolligi abonentlar sonining ko'payishi va qo'shimcha amallarning mavjudligi sababli ortishiga, bu esa tarmoq umumiy o'tkazish qobiliyatining kamayishiga olib keladi.

Kanal resursining qayd qilingan birlashtirilish protokollari foydalanuvchilar o'rtasida kanal resursining statik taqsimotini ta'minlaydi.

Kanallarni chastota bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanish (FDMA – Frequency Division Multiple Access). Radiokanal uchun ajratilgan chastota polosasi nisbatan torroq bir nechta polosalarga (subkanallarga) bo'linadi, ular orasida himoya polosalari o'rnatiladi. Radiokanalni bunday tashkil etishda har bir abonentga o'zining (alohida) chastotali subkanali ajratiladi.

Aloqa seansi davomida kanallarni chastota bilan ajratish usulida har bir foydalanuvchiga o'zining spektr qismi ajratiladi. Amalda, har doim spektr samaradorligiga ta'sir qiluvchi qo'shni kanal xalaqitlari mavjud. Qo'shni kanal xalaqitlarini kamaytirish uchun modulyatsiyaning yanada samarali usullari qo'llaniladi, filtrning ishlashi yaxshilanadi va himoya intervallari kiritiladi.

Ushbu usulning chastota resursidan foydalanish samaradorligi quyidagicha baholanadi:

$$k = \Delta f_{kan} / \Delta f, \quad (2)$$

bunda, Δf_{kan} – kanalning chastota resursi; Δf – tayanch stansiyasining chastota resursi.

Ushbu usulning keyingi rivojlanishi OFDMA – ortogonal chastota bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanishdir. Ushbu kirish usulida ortogonal chastota kanallari qisman bir-birining ustiga tushishi mumkin, bu esa ajratilgan chastotalar resursidan yanada samarali foydalanish imkonini beradi. OFDMA rejimidan foydalanadigan zamonaviy simsiz kirish tizimlarida bitta abonentga odatda umumiy radiokanal ichida taqsimlangan (ya'ni qo'shni bo'lmagan) bir nechta subkanallar ajratilishi mumkin. Kanallarni chastota bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanish usulining kamchiligi chastotalar resursidan foydalanish samaradorligining pastligidir.

Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanish (TDMA – Time Division Multiple Access). Barcha abonentlar umumiy radiokanalda ishlaydi, lekin har bir abonent uchun ajratilgan har xil (o'zining) vaqtli oralig'ida. OFDM/TDMA kabi kombinatsion ko'plab kira olish usullari ham keng qo'llaniladi. Bunday holda, chastota-vaqt matritsasi shakllantiriladi, va har bir abonentga o'zining chastota-vaqt slotlari ajratiladi. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanishning

kamchiligi chastotalar resursidan foydalanish samaradorligining pastligidir.

Kanallarni kod bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanish (CDMA – Code Division Multiple Access). Kod bo'yicha kirish texnologiyasi psevdotasodifiy ketma-ketliklar yordamida shakllantirilgan keng polosali signallarni qo'llashga asoslangan. Ushbu usul bilan har bir abonent uchun umumiy chastota diapazonida alohida kodlangan kanal hosil qilinadi [9-10].

Kanal resursining qayd qilingan birlashtirilishi tarmoq foydalanuvchilarining dinamik o'zgaruvchan talablarini ta'minlay olmasligi mumkin, ya'ni qat'iy boshqarishga ega bo'ladi.

Kanallarni fazo bo'yicha ajratish bilan ko'plab foydalanish (SDMA – Space Division Multiple Access) quyidagi texnologiyalarga bo'linadi:

- MISO (Multiple Input Single Output) – qabul qilish uchun ko'p elementli, uzatish uchun bir elementli antenna tizimi;
- MIMO (Multiple Input Multiple Output) – qabul qilish/uzatish uchun ko'p elementli antenna tizimi;
- AAS (Adaptive Antenna System) – adaptiv antenna tizimlari.

Shu bilan birga, dastlabki ikkita texnologiyada har bir abonent uchun umumiy chastota diapazonida alohida kodlangan kanallar hosil qilinadi, bu esa chastotalar resursidan samarali foydalanishga imkon beradi. Raqamli antenna panjaralaridan (uchinchi texnologiya) foydalanish, belgilangan algoritmgga muvofiq qabul qilish uchun ham va uzatish uchun ham kerakli yo'naltirilganlik diagrammasini shakllantirishga imkon beradi (masalan, axborot uzatish manbai yo'nalishida antenna yo'naltirilganlik diagrammasining maksimumini va shovqin manbai yo'nalishida minimumini shakllantirish), bu ko'plab foydalanishning ushbu usuli imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Darhaqiqat, bu holda abonentlarni ajratishning fazoviy usuli (fazoviy ko'plab foydalanish) ta'minlanadi. Biroq, bu juda ko'p sonli fazoviy kanallarni tashkil qilishni va natijada antenna panjarasining sezilarli katta geometrik o'lchamlarini talab qiladi.

Kanal resursini talab bo'yicha tayinlash kamchiliklardan xalos bo'lishga imkon yaratadi, ammo tarmoq foydalanuvchilarining talablari to'g'risida aniq va batafsil axborotga ega bo'lishni talab qiladi. Baza stantsiyasi abonent stantsiyalaridan qabul qilingan so'rovlarga muvofiq ularga ma'lum vaqt oralig'ida kirish huquqini beradi.

Qaror qabullash jarayonining tabiatiga ko'ra resursni talab bo'yicha tayinlash usuli *markazlashgan va tarqoq* usullarga bo'linadi. Resursni talab bo'yicha tayinlashning markazlashgan usuli xabar manbai terminallari tomonidan uzatishga so'rovning mavjudligi bilan xarakterlanadi. Resursni taqdim qilish to'g'risidagi qarorni qabul qilish markaziy stansiya tomonidan amalga oshiriladi.

Har bir harakatdagi obyektga qat'iy birlashtirilgan zahira kanallarining mavjudligiga va markaziy boshqaruv stansiyasining mavjudligiga muvofiq protokollar bir-biridan farqlanadi. Protokollar baza

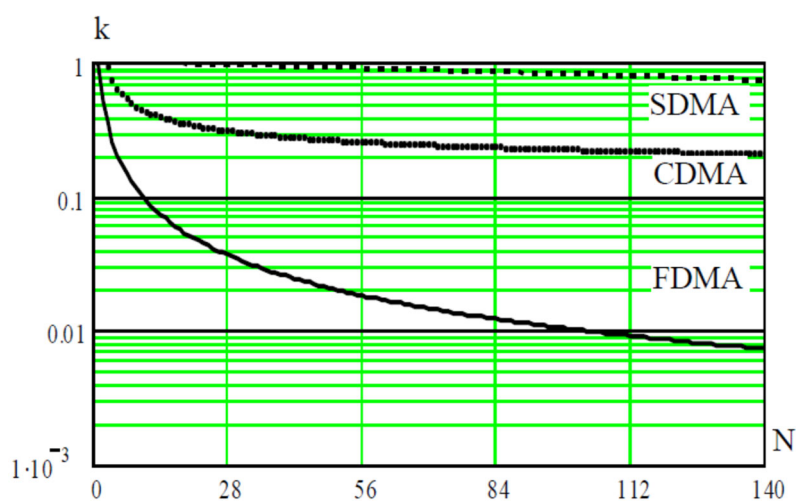
stansiyasi o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyentining yuqori qiymati bilan xarakterlanadi, biroq bu qiymat qanchalik yuqori bo'lsa boshqarish tizimi ish faoliyatining buzilishiga olib kelishi mumkin.

Resursni talab bo'yicha tayinlashning tarqoq usuli shu bilan farqlanadiki, bunda barcha foydalanuvchilar markaziy stansiya yordamiga tayanmasdan turib bir xil (bitta) jarayonni shakllantiradi va bir-biri bilan almashinuvchi qo'shimcha xizmat axborotidan foydalanadi. Taqsimlangan boshqaruvli barcha algoritmlar foydalanuvchilar o'rtasida boshqaruv axborotlarini almashishni talab qiladi. Protokollar zahira kanallarining harakatdagi obyektga qat'iy biriktirilishi bilan xarakterlanadi. Bunda har bir obyektga so'rov kanallarining biriktirilish jadvali mavjud bo'ladi, natijada istalgan harakatdagi obyekt istalgan vaqt momentida barcha tarmoq holati to'g'risida axborotga ega bo'ladi [11-12].

Kombinatsion usul resurs taqsimoti avvalgi usullarining kombinatsiyalaridan iborat bo'lib, foydalaniladigan kanal resurslarining optimalga yaqin bo'lgan xarakteristikalarini olish maqsadida turli foydalanuvchilar uchun adaptiv (moslashuvchan) hisoblangan usulni tanlashdan iborat bo'lgan strategiyani amalga oshiradi. Optimallik mezoni sifatida kanalning o'tkazish qobiliyatidan foydalanish koeffitsiyenti qabul qilinadi.

Shunday qilib, resurs taqsimotining ko'rib chiqilgan usullari har biri o'zining afzallik va kamchiliklariga ega. Amaliyotda barcha usullar to'g'risida ma'lumotga ega bo'lish va ishchi sharoitning ma'lum o'zgarishida bir usuldan ikkinchisiga moslashuvchan o'tishni amalga oshirish maqsadga muvofiq [6, 8].

Ba'zi ko'plab foydalanish usullari uchun chastotalar resursidan foydalanish koeffitsiyentini hisoblash natijalari 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Chastotalar resursidan foydalanish koeffitsiyenti

Yuqoridagi bog'liqliklardan kelib chiqadiki, fazoviy kanallarni ajratish bilan ko'plab

foydalanish eng yuqori samaradorlikka ega.

Ko'plab foydalanish texnologiyalarining rivojlantirish istiqbollari

Yaqin kelajakda bir nechta kirish texnologiyalari qanday rivojlanishi mumkinligi haqida bir oz fikr yuritamiz. Hozirgi kunda an'anaviy vaqt va chastota resurslari xizmat ko'rsatiladigan abonentlar soni ko'payganligi tufayli o'zining imkoniyatlarini deyarli tugatdi. Shubhasiz, kelajakda quvvat, kod va fizik makon bo'yicha bo'linadigan noortogonal usullar faol rivojlanishi va amalga oshirilishi kerak. Xususan, kod bilan ajratilgan noortogonal usullarning keng sinfi (bu yerda birinchi navbatda SCMA ni ajratib ko'rsatish kerak) va fazoviy ajratilgan ko'plab kirish usullari (SDMA, BDMA) xizmat ko'rsatiladigan abonentlar sonini ko'paytirish uchun katta imkoniyatlarni taqdim etadi. Bu yerda cheklovlar foydalanuvchilar sonining ko'payishiga proporsional kanallararo shovqinlarning ortishi bilan bog'liq. Amalga oshiriladigan maksimal foydalanuvchilar soni qabul qilingan signallar uchun signal-shovqin nisbati bilan belgilanadi.

MIMO texnologiyasining rivojlanishi juda istiqbolli bo'lib, unda signallarni fazo-vaqt va fazo-chastota bo'yicha ajratish, shuningdek fazoviy ajratishni quvvat, kod, qutblanish va orbital bo'linish bilan birlashtiradigan yangi usullar qo'llaniladi.

Xususan, yuqori spektral samaradorlikka fazo-vaqt kodlash algoritmlari, fazo-vaqt va fazo-chastota indeks modulyatsiyasi, shuningdek, nurlarni ajratish bilan bir nechta kirish yordamida erishiladi. Foydalanuvchilarni ajratish va radio efiriga ko'p o'lchovli kirishni ta'minlash uchun bir vaqtning o'zida bir nechta resurs maydonlaridan foydalanadigan kombinatsiyalangan usullar eng istiqbolli ko'rinadi.

Kelajakdagi ko'plab kirish usullari dinamik va moslashuvchan bo'lishi kerak, bu bizga u yoki bu resurs maydonlarini hozirda xizmat ko'rsatayotgan foydalanuvchilar soniga, shovqin darajasiga, signal tarqalish sharoitlariga va boshqa omillarga qarab moslashuvchan tanlash imkonini beradi. Dasturiy ta'minot bilan belgilangan ko'plab kira olish (SoDeMA) kontseptsiyasini amaliy amalga oshirish yaqin kelajakda katta ehtimollik bilan kutilmoqda.

Xulosa

Shunday qilib, resurs taqsimotining ko'rib chiqilgan usullari har biri o'zining afzallik va kamchiliklariga ega. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, ko'plab foydalanishning eng samarali usullari kombinatsiyalangan (adaptiv) usullardir. Amaliyotda barcha usullar to'g'risida ma'lumotga ega bo'lish va ishchi sharoitning ma'lum o'zgarishida bir usuldan ikkinchisiga moslashuvchan o'tishni amalga oshirish maqsadga muvofiq.

Istiqboldagi ko'plab kira olish sxemalari murakkablik va ishlab chiqaruvchanlik, energiya va



spektral samaradorlik kabi ko‘plab qarama-qarshi ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni hisobga olgan holda ishlab chiqilishi kerak. Kanal sharoitlari va tizim yuklamasi dinamik ravishda o‘zgarishi mumkinligi sababli, ko‘plab kira olish sxemalari va ularning parametrlari aloqa kanalidagi sharoitga qarab optimallashtirilishi kerak.

Adabiyotlar

1. Yusupov Ya.T. Radiotexnik sistemalar nazariyasi asoslari. Darslik. – T.: «BOOK TRADE KO», 2022. – 436 b.
2. Tulyaganov A.A., Nazarov A.M., va boshq. Signallarni uzatish nazariyasi. O'quv qo'llanma. – T.: «Aloqachi», 2019. – 304 b.
3. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
4. Alazemi H.M.K. Stochastic modeling and analysis of 802.11 DCF with heterogeneous non-saturated nodes / H.M.K. Alazemi, A. Margolis, J. Choi, R. Vijaykumar, S. Roy // Computer Communications. – 2007. – Vol. 30, no. 18. – P. 3652-3661.
5. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи; Изд. второе, испр. и доп. / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
6. Пат. на корисну модель № 70955 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Нікіті- на Л.О., Нікітін С.О., Свид І.В., Тюрін О.О. від 03.01.2012.
7. Lathi B.P., Zhi Ding. Modern digital and analog communication systems.- New York: Oxford University press, 2009.
8. https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/690782/. Обзор методов множественного доступа в беспроводной связи. Часть 1-6.
9. Gueguen Emeric, Crussiere Matthieu, Helard Jean-Francois. An OFDM-CDMA scheme for high data rate UWB applications // 2007 IEEE 65th Vehicular Technology Conference. – 2007. – P. 2905-2909.
10. Lattice partition multiple access: A new method of downlink non-orthogonal multiuser transmissions / Fang Dong, Huang Yu-Chih, Ding Zhiguo, Geraci Giovanni, Shieh Shin-Lin, and Claussen Holger // 2016 IEEE Global Communications Conference. – 2016. – P. 1-6.
11. Pattern division multiple access – A novel nonorthogonal multiple access for fifth- generation radio networks / Chen Shanzhi, Ren Bin, Gao Qjubin, Kang Shaoli, Sun Shaohui, and Niu Kai // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2016. – Vol. 66, no. 4. – P. 3185-3196.
12. Al-Eryani Yasser, Hossain Ekram. Delta-OMA (D-OMA): A new method for massive multiple access in 6G // arXiv preprint arXiv:1901.07100. – 2019.



Authors

Yusupova Shohida

Department of Information Technology, Urgench Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Urgench, Uzbekistan,

gratifikus@gmail.com

Matyoqubov Ogabek

Department of Information Technology, Urgench Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Urgench, Uzbekistan

ogabekbahrombekogli@gmail.com

Correspondence:

ogabekbahrombekogli@gmail.com

ADVANCING EDUCATIONAL METHODS THROUGH ICT INTEGRATION

Abstract: The article discusses the problems and prospects of organizing distance learning in higher educational institutions of Uzbekistan in the context of the COVID-19 pandemic. Particular attention is paid to the integration of information and communication technologies and mobile technologies into the educational process, which has significantly transformed teaching methods. The study is based on the experience of introducing electronic test materials into the educational process of the Urgench branch of the Tashkent University of Information Technologies. The use of interactive educational tests made it possible to activate independent cognitive activity of students, as well as to increase the efficiency of knowledge control and organization of independent work. The methods of developing tests using the LaTeX package and its acrotex library are described, which ensures the creation of various types of tests that can take into account the individual characteristics of each student. The authors emphasize the importance of using electronic test materials for monitoring and training, and also analyze the impact of modern technologies on the development of students' professional skills. The presented results demonstrate successful experience in integrating distance technologies and emphasize their potential for further use in education.

Keywords: education systems, distance education, mobile technologies, cloud technologies, knowledge control, test, LaTeX, moodle.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

At the beginning of 2020, Uzbekistan, along with the rest of the world, faced an unexpected external factor that brought about a qualitatively new stage in the development of the state, society, economy and education. World medicine turned out to be unprepared to fight the new virus, and therefore the only more or less effective means of preventing the rapid development of the epidemic was the maximum restriction of contacts between people, their self-isolation. In this situation, the adequate response of the country's education system was the transfer of educational organizations to a remote form of organizing the educational process. As a result, for the first time in its history, the country's higher education system found itself in a fundamentally new situation when all educational activities, including education management at all levels, were transferred to a remote format, involving the organization of training using distance learning technologies. Unlike all previous modernizations and reforms, this situation is characterized, firstly, by the coverage of the entire education system of the country at all levels of its functioning; secondly, by the unexpectedness, the absence of any special preliminary preparation for such a transition; thirdly, the simultaneous transfer to a qualitatively different format of training.

In this context, it should be noted that in developed countries, the organization of distance learning using information and computer communications has a long history. Accumulated experience indicates two main directions of these processes:

- online education, which involves distance learning of formal higher education via the Internet;
- open education, which means the creation of open educational resources for informal education and possible use in formal education.

The Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 26, 2017 No. PP-3289 "On measures to further improve the system of training, retraining and advanced training of public teachers" provides for the development of an educational and methodological base for advanced training courses, improving the organization of training courses in both online and offline formats. Particular attention is paid to the introduction of innovative scientific achievements, modern pedagogical and information and communication technologies, as well as distance learning and the expansion of independent learning in the education system. In connection with the above-mentioned resolution, numerous distance courses have been created in Uzbekistan. However, the procedures of external quality assurance common in the world, such as professional and public accreditation, examination of educational programs, institutional examination and public accreditation, are still rarely used in Uzbekistan. Nevertheless, there is a tendency to increase the number of audits and certifications of management systems of organizations in the field of education. Therefore, the strategic choice of the majority of Uzbek participants in the educational process is based on systematic



internal work on quality management aimed at continuous improvement of education [1].

The rapid development of mobile and cloud technologies, especially popular among the generation of "digital natives", has actualized a large number of scientific studies that convincingly prove that the integration of mobile technologies into the educational process can significantly transform it. For example, it is noted that the introduction of mobile technologies contributes to the targeted consideration of the individual characteristics of each student and, accordingly, the organization of autonomous learning. In addition, they provide students with freedom, that is, the ability to work outside the classroom at any convenient time, make it possible to quickly diagnose problems in the learning process, create a mobile interactive learning environment and provide instant feedback, lead to the emergence of new forms of presentation of educational materials, help create new formats of interactive tasks based on the use of augmented reality and geolocation applications [2].

In the context of reduced hours for classroom work, teachers in higher education institutions must organize their teaching activities in such a way as to motivate students to study such disciplines as mathematics and develop professional skills. The problem of finding optimal didactic possibilities of modern information technologies is becoming relevant.

Analysis of Sources

Many researchers, such as N.G. Maloshonok, J.S. Sahlin, A. Tsertsidis and M.S. Islam, who study issues related to online education, note a positive relationship between students' involvement in achieving educational goals and interacting with teachers and classmates and teachers' use of the Internet and multimedia technologies. Online education is a new type of activity at this stage of development, and therefore it is of interest to both teachers and students, thereby stimulating changes and expansion of the practice of its use. The attitude towards this educational project is quite contradictory. On the one hand, there is an optimistic point of view, considering this learning mechanism as productive and meeting the needs of the modern era. A number of studies are associated with forecasts about the prospects for the development of MOOC pedagogy, based on an analytical study of existing learning outcomes [3]. On the other hand, experts also express pessimistic sentiments, expressing distrust of this method of teaching in general [4] and pointing to the lack of development of general pedagogical principles for the mass implementation of this technology [5].

Among the disadvantages of e-learning, the most important are the problem of self-organization of students and the rigidity of the material taught. Disadvantages also include ignoring the individual characteristics of the student, limitations in obtaining practical skills, dependence on technical means, low quality of the material taught and control over the level of knowledge acquired [6].

The emergence of additional cognitive load. Cognitive load is understood as the amount of mental memory required by the user to achieve the goal. According to I.G. Zakharova, working with interconnected web pages involves performing a parallel series of actions: first, the student has to assimilate the material read; second, keep in mind the logical chain of judgments when moving from one hyperlink to another. As a result, the context of the problem being solved is expanded [7].

To improve the efficiency of students' academic performance, it is necessary to shift the center of gravity of the educational process towards greater independence of students, to develop effective technologies for teaching students' rational methods of independent activity. In their studies, scientists argue about the impact of training using modern information and communication technologies on the development of students' independent work skills and higher learning outcomes, that didactic tools in combination with ICT-based tools contribute to achieving better results. It is believed that elements of interactivity, in particular educational tests, can be presented as an effective didactic method of remote work for university students. Knowledge control is also one of the important elements of organizing students' remote work. In the context of an electronic educational environment, the issues of the effectiveness of using testing as knowledge control are becoming extremely relevant, many researchers are engaged in the issues of constructing control tests and their reliability. The issues of organizing automatic assessment of students' work are also relevant.

Testing as a type of control of students' educational and cognitive activity is considered in many didactic works. In modern didactics, a test acts as a convenient and reliable tool for diagnosing and monitoring the educational process. Issues of testing technologies related to substantive and methodological filling.

There are different opinions among teachers about the use of testing in studying a discipline: from a complete refusal to elevating it to the rank of a pedagogical panacea. As a rule, underestimation of testing is based only on insufficient awareness of teachers [8].

Scientists believe that the development of interactive test materials solves several important problems:

- promotes the activation of independent cognitive activity of students, while ensuring their mobility,
- provides systematic control over independent work of students,
- expands the competencies of the teacher in the field of ICT technologies,
- increases the level of developed electronic educational and methodological complexes,
- at the same time frees up the teacher's time, which is important in the context of the intensification of the work of a higher education teacher [2].

The aim of the study is to improve the efficiency of organizing students' distance learning in the

process of studying the disciplines Calculus 1, 2, included in the training programs implemented in a technical university, mainly by the Urgench branch of the Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi, and through the use of electronic test materials of an educational and control nature in the educational process, containing elements of interactivity.

Materials and Methods of Research

Main research methods:

- analysis of scientific literature on the problems of developing testing technology in education, the problem of managing students' distance learning and the possibilities of using modern information and communication technologies in education;
- analysis and generalization of regulatory documents related to the educational process at the university;
- analysis of practice and experience in the field of studying mathematics in technical universities;
- analysis of the choice of environment for the implementation of test materials.

Discussion and Results

The essence of the complete mastery system used in distance education is expressed in the following stages of work:

- Formulation of diagnostic learning objectives.
- Development of complete mastery standards.
- Development of standards and tests to check the degree of mastery of educational material.
- Differentiation and individualization of students based on existing (before the start of work on the complete mastery system) indicators.
- Varying the time of training and learning. A noticeable increase in the share of time for independent work.
- Development of new educational materials based on the modular principle.
- Development of assignments for self-monitoring for all modules studied.
- Development of tests for pedagogical control of readiness for each module and for the entire course.

Organization of independent work of students, during which the teacher collaborates with

students to resolve educational difficulties that arise from time to time in individual students. Correction of knowledge based on the results of self-monitoring. Testing [2].

To create tests, the authors chose the acrotex library, which is part of the LaTeX package. Let's list the reasons why we chose acrotex. With the acrotex package, it is possible to organize quite a few types of tests, the creation of which in MOODLE is quite labor-intensive, sometimes impossible. The authors described the technology for creating such materials in their works [9]. It should be noted that an important advantage of the acrotex package is the ability to check the correctness of the solution and display the number of points scored. After that, the student can save the file with the solutions and send it via LMS MOODLE to the teacher to familiarize themselves with the results of his work. Since the file has the .pdf format, there is no way to "fake" the answer.

The LaTeX package is free;

LaTeX is the de facto standard for entering mathematical expressions not only in printed works, but also in web publications, such as in LMS Moodle;

LaTeX allows you to easily enter complex mathematical expressions (fractions, matrices, tensors, etc.); when using acrotex, entering an answer (even a numeric one) provides more options for the user. For example, you can enter not only numbers with a decimal point, such as 0.333, but also ordinary fractions, such as $11/13$, and even special expressions, such as $\pi/2$, $\sqrt{2}$, etc. in the input field.

The mathematical functions in the answer, for example, $\sin(\pi/4)$, $\ln(3/2)$, 7^2+12^4 , etc. the answer can be symbolic, such as $5x^3-15x+12$, $\ln(\sin(2x)+\cos(3x))$ etc. the input of tasks is more convenient than constructing a test window in visual environments. It is much faster to type simple text, which is a LaTeX file, than to manually place individual graphic primitives on the screen, and LaTeX itself will neatly place everything on the page [9].

Educational test materials as didactic tools that promote better assimilation and memorization of educational material. The compiled tests have the property of variability due to the inclusion of tasks of different levels of complexity, which ensures differentiation of the learning process and allows you to build an individual learning trajectory for each student.

The general structure of the test materials contains:

1. Theoretical material presented in the form of an interactive electronic lecture.
2. Examples of key problems with a fully substantiated solution.
3. Questions for self-assessment.
4. Educational interactive tests
5. Educational and control tests for independent completion by the student

(<http://moodle.ubtuit.uz/mod/quiz/attempt.php?attempt=115105&cmid=40173>).

Let us describe the technology of creating test materials using the example of the topic "Integral calculus of a function of one variable". The topic covers the following issues: antiderivative; indefinite integral; method of replacing a variable and the method of integration by parts; definite integral; applications of definite integrals to geometry and mechanics.

The experimental platform for the study was <http://moodle.ubtuit.uz/> "Urgench branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi", on the basis of which these materials were tested by the authors in the practice of teaching full-time and part-time students.

The review of the topic begins with the study of theoretical material - lectures. Reports contain definitions, basic theoretical provisions and evidence of the main facts. Then the student is offered detailed examples of typical problems and test questions for self-assessment. After studying the theory of the topic and test questions, the student must solve the test.

The tests compiled by the authors and used in their work are conventionally divided into training and control. Training tests are aimed at practicing the main concepts, basic skills of action, algorithms for the subject under consideration. The tasks included in the training test have different levels of difficulty. The test consists of theoretical tasks, tasks aimed at memorizing the main features of formulas or concepts, basic tasks on the topic, tasks requiring the restoration of missing movements or establishing the correct sequence of actions.

Solving the training test is aimed at identifying gaps in the assimilation of the educational material. Having solved the problem and entered the answer in the required form, the student immediately sees the result of his actions in points. If an incorrect answer was entered, the test provides the ability to view the errors and get acquainted with the detailed correct solution. Another goal of the training test is to familiarize the student with the process and the assessment system. The training test is presented in three versions of different levels of difficulty.

The solution of a training test is to identify gaps in the assimilation of the educational material. Having solved the problem and entered the answer in the required form, the student immediately sees the result of his actions in points. If the wrong answer is entered, the test allows you to view the errors and find the correct solution. Another goal of training tests is to familiarize the student with the process and the assessment system. The training test is presented in three versions at different levels.

The next step in studying the topic is solving a control test. Such a test also performs an educational function, so it can be called a training and control test. Testing does not include checking errors and finding the correct solution. When completing control tasks, the student immediately sees the test results in points, but does not see where exactly he made a mistake. The authors offer two

options for using control tests in the learning process. The first is control tests as a tool and method for organizing independent homework; the second is as a test in a classroom [10].

Control tests are compiled in many versions for each topic, each of which is presented in three levels of difficulty. The student has the opportunity to choose the level of difficulty of the test, having previously independently assessed the level of his readiness.

We will indicate the types of tasks that we used when creating tests and give examples of these tasks.

1. Closed form of test tasks. Such test buildings do not imply entering your own answer. The test taker must choose the correct answer or several answers from the proposed ones. This type of tasks also includes tasks to establish a correspondence or the correct sequence of actions.

The authors used the following tasks when constructing the test:

- with a choice of the only correct (or incorrect) answer from those offered,
- with an alternative choice,
- with a choice of several correct (or incorrect) answers,
- to establish a match,
- with a choice of the most correct answer,
- tasks requiring the restoration of the correct sequence of actions (the answer in such problems is the correct set of numbers or letters indicating the next answer or action) or tasks in the process of solving which it is necessary to restore the missing elements.

2. **Open form of test tasks. This type of task implies that the test taker enters his answer in a symbolic version.**

The following were used:

- tasks requiring a numerical answer;
- tasks requiring an answer in the form of a symbolic expression;
- tasks requiring the addition of an answer in free form with restrictions on the answer (numerical, symbolic).

The test materials and the tests themselves are designed as a file in .pdf format.

Here is an example: Calculate the indefinite integral:

$$\int \frac{\sin(\sqrt{x} + a) e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} dx$$

Writing

this

task

in

LaTeX: $\int \frac{\sin(\sqrt{x+a})}{e^{\sqrt{x}} \sqrt{x}} dx$

Question "Drag into text" This test is a set of empty cells for missing text or sentences in the form or words of the test. The test participant determines the correct set and sequence of words in the sentence, selects the necessary words from the proposed options and drags them with the mouse into the empty cells. In this case, you can add unnecessary options that complicate the task. The authors use these types of questions in this article [11].

Brief instructions.

Go to the main page of the course you need (click on the course name in the list of available courses).

On the course page, in the upper right corner, click the gear icon "Action Menu" and on the page that opens, select the tab "Question Bank" -> "Questions".

From the drop-down list with the names of the Question Bank categories, select the category to which the question you are creating will belong. Click the "Create a new question..." button.

In the window that opens, select the question type "Drag and drop into text". Click the "Add" button.

In the "Question Title" field, type the initial part of the task wording to make it easier to find in the general Question Bank. In the "Question Text" field, write the question text like: "[[1]] [[2]] [[3]] [[4]] [[5]]" or "Text [[1]] text [[2]] text [[3]] etc.", then in the "Choice Options" section, enter the correct words for the labels marked with numbers 1, 2, 3, 4, 5, etc. Add extra options if necessary. Set a score for correct completion of the task or leave the default score. Be sure to enable answer shuffling (check the box).

If necessary, add comments in the "General Feedback on the Question" field or set penalty percentages and hints for each new attempt to complete the task.

After clicking the "Save Changes and Continue Editing" button, you will be able to preview the created question.

Save the created question – the "Save" button at the bottom of the page.

Use the magnifying glass icon to view the added task and make adjustments if necessary.

In order to use the embedded JavaScript, you need to run Adobe Acrobat locally. To do this, you must first save the .pdf file to disk, and then run Adobe Acrobat. Trying to run Adobe Acrobat on the server is useless, since third-party macros are prohibited in browsers for security reasons.

The acrotex package is connected with the command:

```
\usepackage[xetex,unicode=true]{exerquiz}
```

The next step is to connect the dljslib package to use JavaScript.

```
\usepackage[setSupport,ImplMulti,limitArith,indefIntegral]{dljslib}
```

To activate the task, you need to click the “start” button; to see the result, click the “stop” button. After this, the “Answer” field will display the result in the form “Correct: X of Y” (see Fig. 1 and 2).

3. (баллы: 9) Вычислите неопределенный интеграл $\int \frac{x dx}{\cos^2 x}$, используя метод интегрирования по частям. В пустые клетки помещайте пропущенные выражения. В окончательном ответе положите константу $C = 0$.

$$\int \frac{x dx}{\cos^2 x} = \left| \begin{array}{l} u = \text{[]}; \quad du = \text{[]}; \\ dv = \text{[]}; \quad v = \text{[]} \end{array} \right| =$$

$$= \text{[]} - \int \text{[]} \text{[]} = \text{[]} + \text{[]}$$

Старт

Ответ:

Figure 1. An example of a training task with symbolic input and the ability to view the solution before entering the answer.

3. (баллы: 9) Вычислите неопределенный интеграл $\int \frac{x dx}{\cos^2 x}$, используя метод интегрирования по частям. В пустые клетки помещайте пропущенные выражения. В окончательном ответе положите константу $C = 0$.

$$\int \frac{x dx}{\cos^2 x} = \left| \begin{array}{l} u = \text{[x]}; \quad du = \text{[dx]}; \\ dv = \text{[dx/(cos(x))^2]}; \quad v = \text{[tan(x)]} \end{array} \right| =$$

$$= \text{[tan(x)]} - \int \text{[tan(x)]} \text{[dx]} = \text{[tan(x)]} + \text{[ln(cos(x))]}$$

Старт

Ответ:

Figure 2. An example of a training task with symbolic input and the ability to view the solution after entering the answer and pressing the “Stop” button.

Conclusion

The authors attempted to create materials that form a holistic system of knowledge, skills and abilities on a given topic. The materials were tested on the site <http://moodle.ubtuit.uz/> "Urgench branch of the Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi". A lot of preparatory work was done to select theoretical and problem material. Test materials are designed to partially compensate for the lack of classroom communication between the teacher and the student, and therefore the authors place special emphasis on the problem material. The tasks in the tests are selected in such a way that without serious study of the material, the student cannot complete the task. The created electronic resource contains elements of interactivity. The electronic resource differs from existing online services primarily in that its purpose is not only control, but above all training, which involves deep and conscious study of the material in the smallest details. Its peculiarity is that with the help of the existing tests, various learning skills and algorithms are not only checked, but also practiced. The mathematics course at a technical university is quite extensive. Providing students with a variety of educational multivariate materials on each topic at least within one semester requires a lot of time and labor. At present, the authors have developments



only on individual topics. Therefore, the authors believe that at present, the main methods of research and diagnostics of the effectiveness of the materials being introduced are questionnaires, surveys, and conversations with both students and mathematics teachers.

As shown by a survey conducted among students and teachers, about 86% claim that the use of such test materials helps the student to study the subject and achieve the required educational level.

More than 92% of respondents noted that the use of the proposed materials stimulates regular student study, since the completion of educational test assignments was organized in deadline mode.

Among the advantages of this resource, teachers noted the possibility of an individual approach to learning, the ability to track the progress of the educational process, as well as quickly and objectively control this process.

Also, as a plus, it was noted that the resource does not depend on the availability and speed of the Internet connection. Based on the positive experience of testing the developments presented in the article, the authors intend to continue working on the creation of electronic learning resources, including thematic interactive test materials.

References

1. S. B. Yusupova and S. Z. U. Davletboyev, "Organization of Monitoring in the Example of LMS Moodle", IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 1550-1556, doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347622.
2. V. S. Avanesov. "Application of tasks in test form in new educational technologies", School technologies. – 2007. – No. 3. – pp. 146-163.
3. M. Ebben & J. S. Murphy. "Unpacking MOOC scholarly discourse: a review of nascent MOOC scholarship", Learning, Media and Technology, 2014, 39(3), 328–345. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.878352>
4. J. Baggaley. "MOOC rampant", Distance Education, 2013. Vol. 34. No. 3. P. 368–378 [Electronic resource]. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/01587919.2013.835768>.
5. M. Clarà & E. Barberà. "Learning online: massive open online courses (MOOCs), connectivism, and cultural psychology", Distance Education, 2013, 34(1), 129–136. <https://doi.org/10.1080/01587919.2013.770428>
6. M.V. Klimenskikh, N.A. Korepina, A.S. Sheka, O.S. Windecker. "Peculiarities of perception of distance learning by university students and teachers", Modern problems of science and education. - 2018. - No. 1. - P. 41. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27421>
7. E. A. Akolzina. "The use of electronic educational resources in the learning process: advantages, disadvantages", Gaudeamus, 2013, No. 2 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-elektronnyh-obrazovatelnyh-resursov-v-protssesse-obucheniya-dostoinstva-nedostatki> (access date: 12/10/2023).
8. Sh. B. Yusupova, F. A. Masharipova. "Application of the type of test tasks "tasks with the choice of one most correct answer", ILM SARCHASHMALARI. 3.2021. 181-185 b.
9. T. A. Bondarenko, G. A. Kameneva, A. L. Anisimov. "The use of information and communication technologies as a condition for organizing independent work of a student", Problems of modern pedagogical education, 2019, No. 62-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionno-kommunikativnyh-tehnologiy-kak-uslovie-organizatsii-samostoyatelnoy-raboty-studenta> (date of access: 05/28/2023).
10. A. L. Anisimov, T. A. Bondarenko, G. A. Kameneva. "Development of modern test materials for organizing students' independent work in studying higher mathematics using the LaTeX package", Perspectives of Science and Education. – 2019. – No. 2 (38).
11. <https://edu.susu.ru/edususudocs/ru/help-for-teachers/testing/test-questions-types/create-question-drag-and-drop-into-text/sozдание-voprosa-na-peretaskivanie-v-text.pdf>.



Authors

Abdullayev Eldor

Toshkent davlat transport universiteti;

eldorabdullayev0223@gmail.com

XIZMAT KO'RSATISH USULLARINING TIZIM SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI ANIQLASH

Annotatsiya: Ushbu maqolada xizmat ko'rsatish usullarining tizim samaradorligiga bo'lgan ta'siri o'rganiladi. Tadqiqot doirasida asosan ikki xil xizmat tartibi – birinchi kelganga birinchi xizmat (FIFO) va ustuvorlik asosidagi xizmat ko'rsatishning so'rovlar intensivligi oshganda tizimga qanday ta'sir qilishi tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, FIFO usuli navbatdagi so'rovlarni oqilona tartibga solib, nisbatan barqaror kutish vaqtlarini kafolatlasada, intensivlik yuqori bo'lgan vaqtlarda so'rovlarni rad etish darajasi oshadi. Ustuvorlik orqali xizmat ko'rsatish tizimlarida esa muhim so'rovlarga xizmat ko'rsatish tezroq amalga oshiriladi, ammo past ustuvorlikdagi so'rovlarning kutish vaqti keskin uzayishi xavfi yuzaga keladi. Shuningdek, tadqiqotlar natijalarida, xizmat ko'rsatish usullarining afzalliklari va kamchiliklari, shuningdek, har bir usuldagi kutish vaqtlarining oshishi bilan bog'liq muammolar yoritiladi.

Kalit so'zlar: Xizmat ko'rsatish usuli, FIFO, Ustuvorli xizmat ko'rsatish, kutish vaqti, so'rovlarga rad etish va xizmat ko'rsatish



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Xizmat ko'rsatish tizimlari zamonaviy iqtisodiyotning muhim bo'g'inlaridan biri hisoblanadi. Ularning samaradorligi transport, aloqa va xizmat ko'rsatish sohalarida alohida ahamiyatga ega. Bugungi kunda xizmat ko'rsatish tizimlaridagi rivojlanishlar bilan birga tizimlarda so'rovlar intensivligi oshib bormoqda, bu esa xizmat ko'rsatishni kutish vaqtining uzayishi va so'rovlarning rad etilishiga olib kelmoqda. Odatda xizmat ko'rsatish jarayonlarida FIFO yoki ustuvorlik asosidagi xizmat ko'rsatish usullari keng qo'llaniladi. FIFO usuli bilan xizmat ko'rsatishda so'rovlarni kelish tartibida qabul qilish xizmat ko'rsatish tizimidagi yuqori yuklama vaqtlarida resurslarning band bo'lib, navbatlarning uzunlashishiga olib keladi. Ustuvorlik asosidagi xizmat ko'rsatish usullarida esa muayyan foydalanuvchilarga yokiso'rovlarga tezroq xizmat ko'rsatishni kafolatlanganligi sababli keng qo'llanish amalga oshirilmoqda. Biroq yuklamaning keskin ortishi barcha xizmat ko'rsatish usullarida ham so'rovlar tirbandligi muammosini kelib chiqishiga va so'rovlarni rad etilishining ortishiga olib kelmoqda. Mazkur maqolada xizmat ko'rsatish usullarining tizim samaradorligiga ta'siri tahlil qilinib ularning afzallik va kamchiliklari hamda kutish vaqtining ortishi bilan bog'liq muammolar tahlil qilinadi.

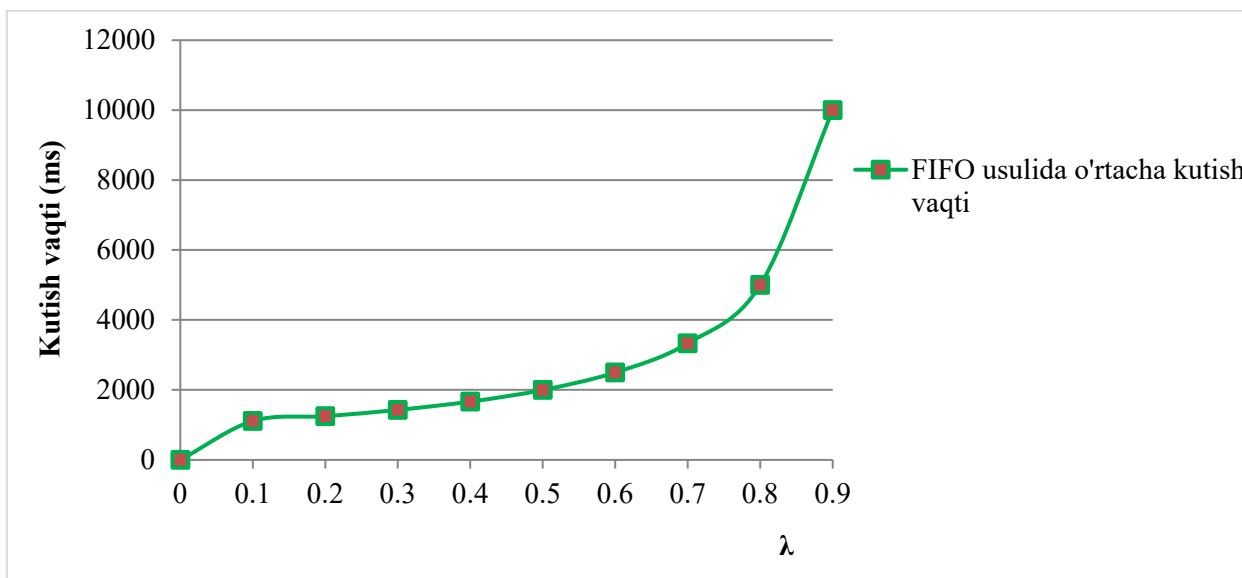
Tadqiqot metodologiyasi

Xizmat ko'rsatish tizimlari, FIFO va ustuvorlik asosidagi xizmat ko'rsatish usullari haqida mavjud ilmiy adabiyotlar tahlil qilindi. Bu manbalar xizmat ko'rsatish jarayonlaridagi kutish vaqtlari, shuningdek, so'rovlarga rad etish holatlari haqida ma'lumotlar taqdim etdi. FIFO va ustuvorlik asosidagi xizmat ko'rsatish usullarini matematik model sifatida ifodalash. Ushbu modellar yordamida kutish vaqtlarini va xizmat ko'rsatish ko'rsatkichlarini hisoblash imkoniyati yaratildi. Olingan natijalar statistik usullar orqali tahlil qilindi. Bunda, so'rovlar intensivligi ortganida kutish vaqtlarining o'zgarishi va so'rovlarga rad etish holatlari o'rganildi. Xizmat ko'rsatish jarayonlaridagi o'zgarishlarni vizual tarzda ko'rsatish uchun grafiklar tayyorlandi. Bu grafiklar yordamida har bir usulning afzalliklari va kamchiliklarini osonlik bilan aniqlash mumkin bo'ldi. Ushbu materiallar va metodlar tadqiqot jarayonida xizmat ko'rsatish usullarining samaradorligini baholash va ularning tizimga ta'sirini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo'ldi.

Tahlil va natijalar muhokamasi

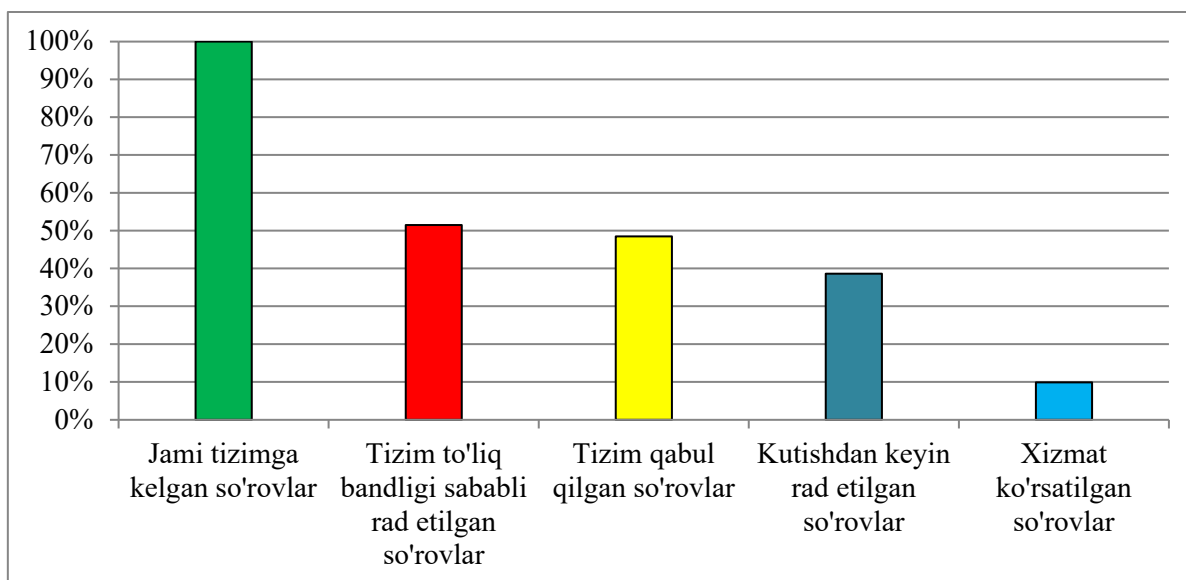
So'rovlarga masofadan xizmat ko'rsatish tizimlarida so'rovlarga aksariyat hollarda ularning tizimga kelish tartibida ya'ni FIFO usulida xizmat ko'rsatish amalga oshiriladi. Ushbu usulda xizmat ko'rsatish tizimga kelayotgan so'rovlar intensivligi ortgan taqdirda, ularning xizmat ko'rsatishni kutish vaqtlarini ortishiga olib keladi. Chunki, tizimdagi xizmat ko'rsatish vositalarining uzoq vaqt ma'lum so'rovlar bilan band bo'lishi, kutish joylaridagi so'rovlarni xizmat ko'rsatishga qabul

qilinishini kechiktiradi.



1-rasm. FIFO orqali xizmat ko'rsatishda so'rovlarni xizmat ko'rsatishni kutish vaqtlari

Ushbu 1-rasmdagi grafikdan ko'rish mumkinki, so'rovlarning tizimga kelish intensivligi ortgan sari so'rovlarning xizmat ko'rsatishga qabul qilishni kutish vaqtlari tobora ortib boradi. Bu esa tizimning kutish qurilmalarini ham band holda qolishiga sabab bo'ladi. Bu o'z navbatida tizimga yuborilayotgan so'rovlarning tizim to'liq band ekanligi sababli rad etilishiga olib keladi (2-rasm).



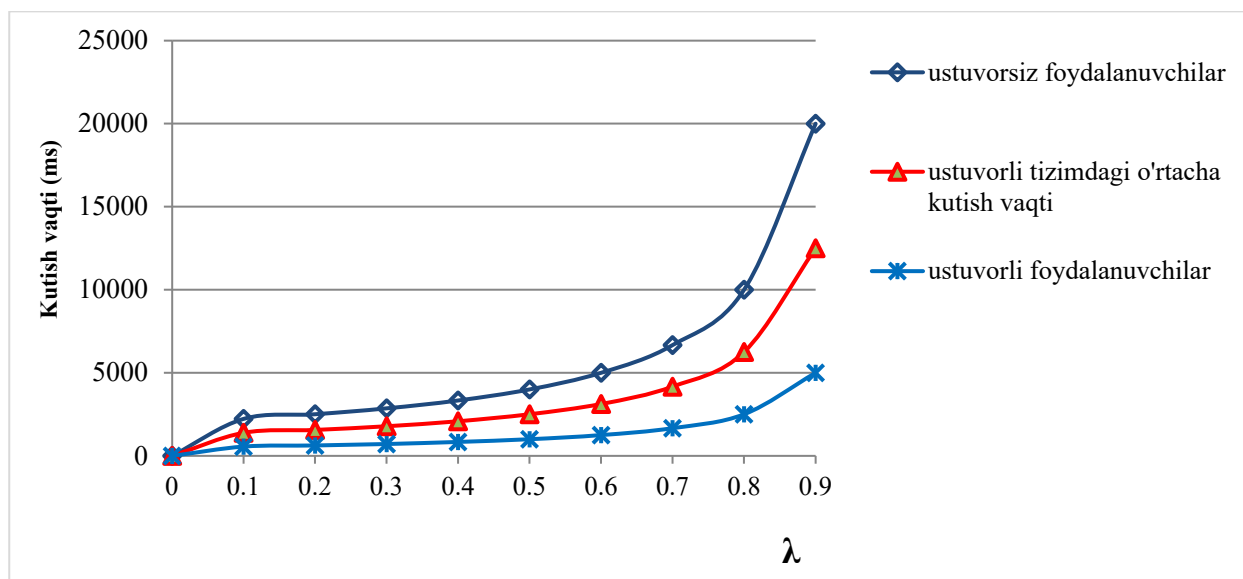
2-rasm. So'rovlar intensivligi yuqori vaqtlarda FIFO usulida xizmat ko'rsatilganda tizimning so'rovlarga xizmat ko'rsatish va rad etish ko'rsatkichlari

2-rasmdan ko'rish mumkinki, barcha so'rovlarga tizimga kelish tartibida doimiy ravishda xizmat ko'rsatish tizimga kelayotgan so'rovlar intensivligi yuqori bo'lganda so'rovlarning katta qismi tizimga qabul qilinmasligiga olib keladi. Shu bilan birga, qabul qilingan so'rovlarning kutish vaqtlari ortishi va xizmat ko'rsatish qurilmalarini uzoq vaqt so'rovlar bilan uzluksiz band bo'lishi tizimdagi

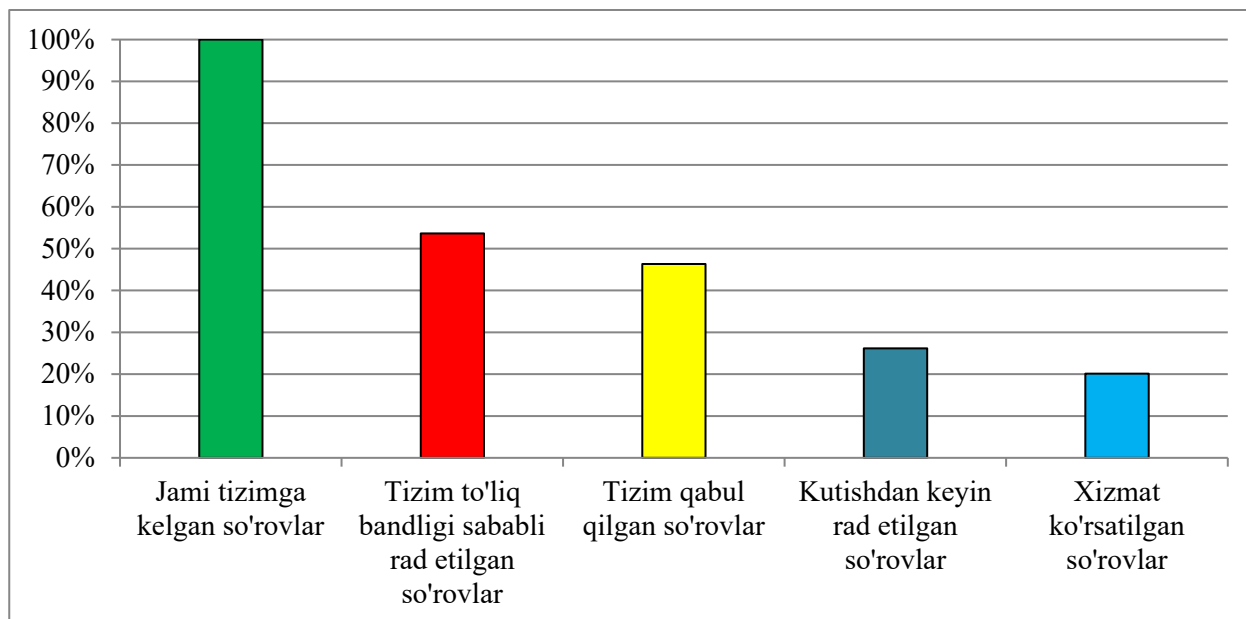
so'rovlarning ham katta qismiga xizmat ko'rsatilmasdan rad etilishiga sabab bo'ladi.

Shu sababli, so'rovlarga FIFO usulidan boshqa xizmat ko'rsatish usullari yuqori intensivlik bilan ishlovchi turli tizimlarda keng qo'llaniladi.

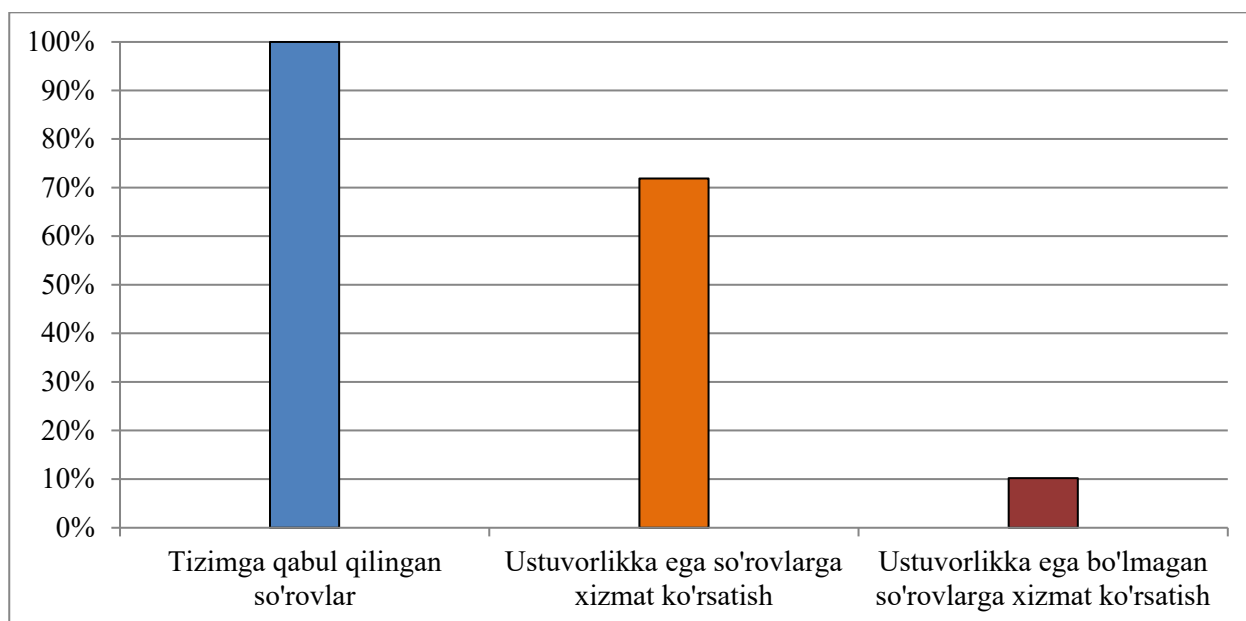
Xususan, ustuvorlik asosida so'rovlarga xizmat ko'rsatish usullari shular jumlasidandir. Ustuvorlikka asoslangan xizmat ko'rsatish usullari o'zining foydalanuvchilarga tizimdagi har qanday yuklanish vaqtlarida samarali xizmat ko'rsatish kafolatini berishi, ustuvorlikka ega foylanuvchilar uchun xizmat ko'rsatish vaqtlarini ham qisqa bo'lishini ta'minlashi bilan mashxur hisoblanadi. [0 - 7] tadqiqotlarda keltirilgan usullar ham so'rovlarga xizmat ko'rsatish uchun aynan ustuvorlikka asoslangan xizmat ko'rsatishni taqdim etadi. Ushbu tadqiqot ishlarida keltirilgan usullarda xizmat ko'rsatishdagi ustuvorliklar bir-biridan ustuvorlik belgisi, xizmat ko'rsatishni amalga oshirish tartibini orqali farqlanadi. Lekin, keltirilgan tadqiqotlarning barchasida ustuvorlikning doimiy ekanligi va xizmat ko'rsatishning ham doimiy ravishda ustuvorlikka asosan amalga oshirilishi tadqiqot ishlarini bir guruhga birlashtiradi. Ushbu usullarning tahlillari shuni ko'rsatadiki, ustuvorlik asosida xizmat ko'rsatish yuqorida ta'kidlanganidek, ustuvorlikka ega foydalanuvchilar uchun qisqa xizmat ko'rsatish vaqtlarini va xizmat ko'rsatishning yuqori samaradorligini taqdim etadi. Lekin, ustuvorlikka ega bo'lmagan foydalanuvchilar uchun uzoq kutish vaqtlarini va xizmat ko'rsatishning kafolatlanmaganligi muammosini keltirib chiqaradi (3-4-5-rasmlar).



3-rasm. Ustuvorlik orqali xizmat ko'rsatishda so'rovlarni xizmat ko'rsatishni kutish vaqtlari.



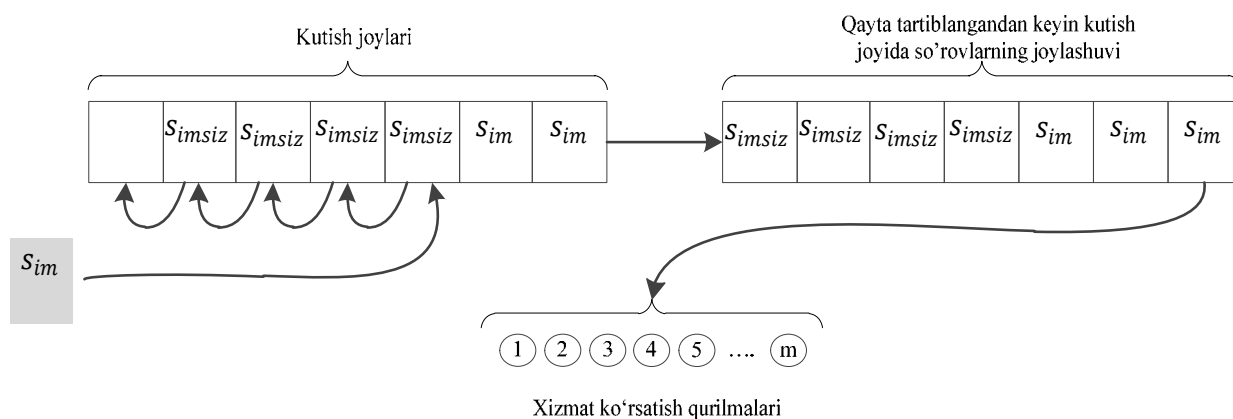
4-rasm. So'rovlar intensivligi yuqori vaqtlarda ustuvorlik usulida xizmat ko'rsatilganda tizimning so'rovlarga xizmat ko'rsatish va rad etish ko'rsatkichlari.



5-rasm. Ustuvorlik usulida xizmat ko'rsatilganda ustuvorlikka ega va ega bo'lmagan so'rovlarga xizmat ko'rsatish ko'rsatkichlari.

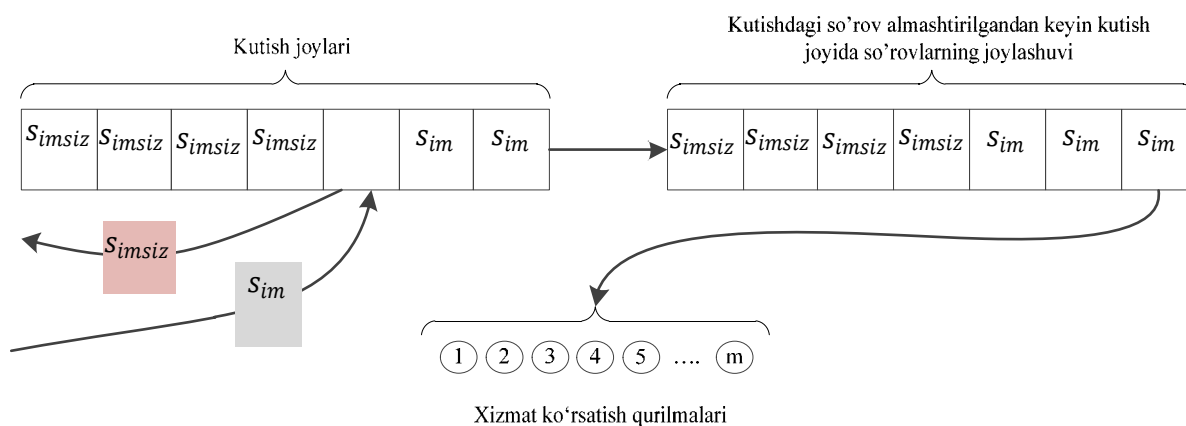
Grafiklardan ko'rish mumkinki, so'rovlar intensivligining ortishi FIFO usulidan farqli ravishda ustuvorli va ustuvorlikka ega bo'lmagan foydalanuvchilar uchun turlicha kutish vaqtlarini keltirib chiqaradi. Biroq intensivlik ortishi bilan barcha so'rovlarning xizmat ko'rsatishni kutish vaqtlari ortib boradi. Bunda ustuvorlikka ega so'rovlar uchun kutish vaqtlari qisqaroq, ustuvorlikka ega bo'lmagan so'rovlar uchun, ustuvorlikka ega so'rovlarga nisbatan bir necha barobar ko'p bo'lishini ko'rsatdi. Shuningdek, ustuvorlikka ega va ega bo'lmagan so'rovlar uchun xizmat ko'rsatish ko'rsatkichi ham turlicha bo'ladi. Chunki, aksariyat ustuvorlik orqali xizmat ko'rsatish usullarida

ustuvorlikka ega so'rovlar kutish joylaridagi so'rovlarni qayta tartiblash yoki maxsus ma'lumotlar tuzilmalaridan foydalanish orqali doimiy ravishda navbat boshiga joylashtiriladi (6-rasm). Bu esa navbatdan xizmat ko'rsatishga doimiy ravishda birinchi bo'lib ustuvorlikka ega so'rovlarni qabul qilinishini anglatadi.



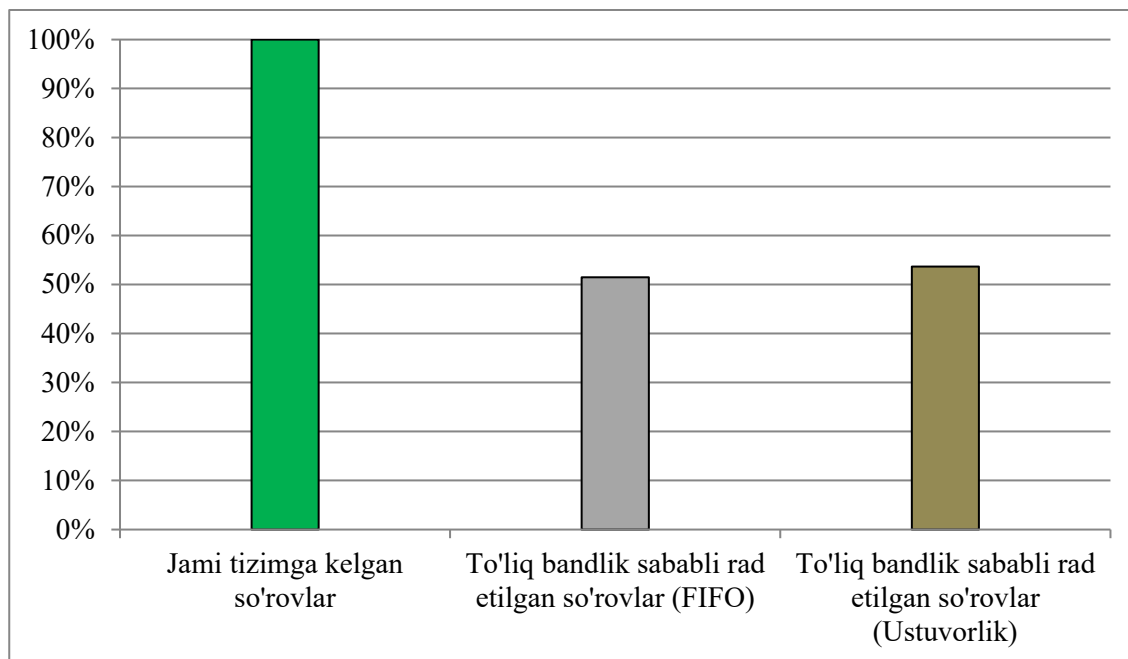
6-rasm. Ustuvorlik usullarida so'rovlar navbatini tartiblash jarayoni

Tizimdagi yuqori intensivlik vaqtlarida xizmat ko'rsatish vositalari va kutish joylarining to'liq band bo'lish holati ushbu usullarda ham kuzatiladi. Shu sababli, ba'zi ustuvorlik usullari orqali so'rovlarga xizmat ko'rsatishda ustuvorlikka ega so'rovlarni yo'qotishni qisqartirish maqsadida kutish joylaridagi ustuvorsiz so'rovlarni kutishdan chiqarish va uning o'rniga ustuvorli so'rovni joylashtirish mexanizmi qo'llaniladi [2] (7-rasm).

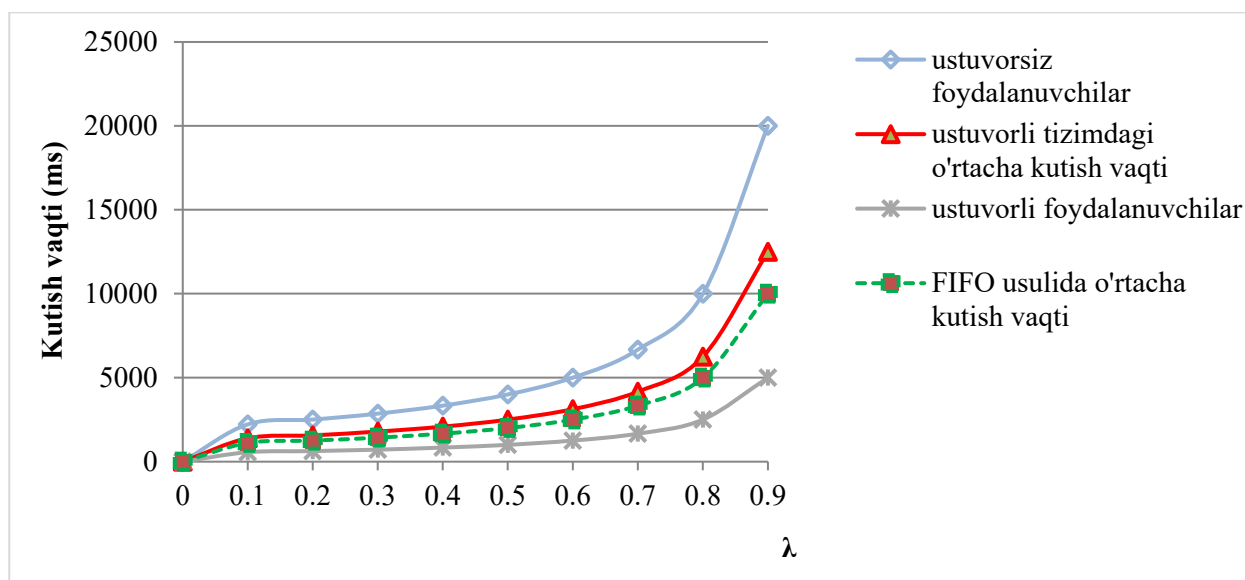


7-rasm. Kutish joylaridagi ustuvorsiz so'rovlarni ustuvorli so'rovlar bilan almashtirish jarayoni

Biroq barcha turdagi xizmat ko'rsatish usullarining o'ziga xos afzallik va kamchiliklari mavjud. Tahlillarimiz shuni ko'rsatdiki, ustuvorlik orqali xizmat ko'rsatishda kutish joyida ustuvorlikka ega bo'lmagan so'rovlarning to'planib qolishi tizimda kelayotgan yangi so'rovlarni qabul qilinishini qisqartiradi (8-rasm). Shu bilan birga, ustuvorlikka egaligi yoki ega bo'lmaganligiga bog'liq turli kutish vaqtlari ham tizimdagi so'rovlarning o'rtacha kutish vaqtlarini FIFO usuliga qaraganda yuqoriroq bo'lishiga olib keladi (9-rasm).



8-rasm. Ustuvorli va FIFO orqali xizmat ko'rsatish usullarida tizim to'liq band bo'lishi sababli so'rovlarning rad etilish ko'rsatkichi.



9-rasm. Ustuvorli va FIFO orqali xizmat ko'rsatishda so'rovlarni xizmat ko'rsatishni kutish vaqtlari tahlili

Xulosa

Xulosa sifatida aytish mumkinki, FIFO usulida intensivlik ortishi bilan o'rtacha kutish vaqtlarini va rad etish sezilarli darajada oshadi, bu esa tizimning umumiy samaradorligini pasaytiradi.

Ustuvorlikka asoslangan usullarda ustuvor foydalanuvchilar so'rovlari uchun xizmat vaqtlarini qisqartiradi, ammo ustuvorlikka ega bo'lmagan so'rovlar uzoq kutishga va xizmat ko'rsatish

kafolatsizligi bilan yuzlashadi.

Ba'zi ustuvorlik mexanizmlarda (so'rovlarni almashtirish, qayta tartiblash) kutish joylaridagi ustuvorsiz so'rovlarni filtrlash va ustuvor so'rovlarga joy bo'shatish orqali xatoliklar kamaytiriladi.

Biroq har bir usulning afzallik va kamchiliklari mavjud bo'lib, so'rovlarning intensivligi ortishi har bir tizimda ham kutish vaqtlarining ortishiga va samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Hamda ushbu bir xil tartibga asoslangan xizmat ko'rsatish usullari tizimdagi so'rovlar tirbandligi muammosini yechish uchun samarali hisoblanmaydi.



Adabiyotlar

1. Дудин С. А., Дудина О. С. Исследование многолинейной системы массового обслуживания с абсолютным приоритетом и повторными вызовами //Информатика. – 2016. – №. 3. – С. 51-61.
2. Заяц О. И. и др. Управление пакетными коммутациями в телематических устройствах с ограниченным буфером и повторными заявками с помощью вероятностного выталкивающего механизма и приоритетного обслуживания первичных заявок //Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2016. – №. 3. – С. 21-30.
3. Đumić M., Jakobović D. Using priority rules for resource-constrained project scheduling problem in static environment //Computers & industrial engineering. – 2022. – Т. 169. – С. 108239.3
4. El-Nattat, A., Elkazzaz, S., El-Bahnasawy, N. A., & El-Sayed, A. Performance improvement of fog environment using deadline based scheduling algorithm //2021 International Conference on Electronic Engineering (ICEEM). – IEEE, 2021. – С. 1-6.
5. Gyongyosi L., Imre S. Resource prioritization and balancing for the quantum internet //Scientific Reports. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 22390.
6. Yaju Rajbhandari, Anup Marahatta, Ashish Shrestha, Anand Gachhadar, Anup Thapa, Francisco Gonzalez-Longatt, Josep M. Guerrero, Petr Korba. Load prioritization technique to guarantee the continuous electric supply for essential loads in rural microgrids //International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2022. – Т. 134. – С. 107398.
7. Younas, M., Awan, I., Chao, K. M., & Chung, J. Y. Priority scheduling service for E-commerce web servers //Information Systems and E-Business Management. – 2008. – Т. 6. – С. 69-82.
8. Turdiyev O. A., Tukhtakhodjaev A. B., Abdullaev E. S. The model of network bandwidth when servicing multi-service traffic //Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers. – 2019. – Т. 15. – №. 3. – С. 70-74.
9. Andrei Z. Techniques and strategies for handling high traffic //Вестник науки. – 2023. – Т. 5. – №. 6 (63). – С. 323-330.
10. Ahmed, W., Wu, Y., & Zheng, W. (2013). Response time based optimal web service selection. IEEE Transactions on Parallel and distributed systems, 26(2), 551-561.



Muallif

Rahmatullayev Ilhom

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti,

ilhom9001@gmail.com

Zarmed universiteti,

<https://orcid.org/0000-0002-4872-4265>

S-BOXLARNI GENERATSIYALASH ALGORITMI

Annotatsiya: Ushbu maqolada dinamik va kalitga bog'liq bo'lgan S-boxlarni generatsiyalash uchun samarali va innovatsion algoritm taklif etilgan. Taklif etilgan usul oqimli shifrlash algoritmlarining mustahkamligini oshirish va ularning kriptotahlilga chidamliligini baholashga qaratilgan. Tadqiqot doirasida generatsiyalangan S-boxlarning xavfsizlik xususiyatlari tahlil qilinib, ular differensial va chiziqli kriptotahlil usullari yordamida sinovdan o'tkazilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif qilingan dinamik S-boxlarni yaratish usuli shifrlash algoritmlarining kriptografik kuchini sezilarli darajada oshiradi va noxush hujumlarga nisbatan himoyalanganligini ta'minlaydi. Ushbu yondashuv zamonaviy axborot xavfsizligi talablariga javob beruvchi samarali shifrlash tizimlarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: Oqimli shifrlash, Blokli shifrlar, S-box, chiziqli trigonometrik transformatsiya, kriptotahlil.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

Oqimli shifrlar odatda bir iteratsiyada bit yoki baytni shifrlashni amalga oshirib, kam hisoblash resursi mavjud va ma'lumotlarni uzatishda xatoliklar kuzatilishi mumkin bo'lgan sharoitlarda foydalanish uchun mo'ljallangan. Blokli shifrlar esa ma'lumotlarni o'zgartirishni oldindan belgilangan uzunlikdagi bitlar blokida qayta ishlash orqali amalga oshiradi. Amalga oshirishning qulayligi va joylashtirishning soddaligi tufayli blokli shifrlar odatda axborot xavfsizligi ilovalari uchun keng qo'llaniladi [1].

Blokli shifrlar ma'lumotlarni himoyalashda o'rin almashtirish va o'rniga qo'yish deb nomlanuvchi ikkita asosiy akslantirishlar yordamida amalga oshiradi. O'rin almashtirish akslantirishi ma'lumotlar bitlari yoki baytlarini aralashtirishni, o'rniga qo'yish akslantirishi ochiq matn bitlari yoki baytlarini ochiq matnning bir qismi bo'lmagan boshqa bitlar yoki baytlar bilan almashtiradi. Eng mashhur blokli shifrlarda o'rniga qo'yish akslantirishi sifatida bir yoki bir nechta almashtirish jadvallaridan (S-boxlar) foydalaniladi[2]. S-box zamonaviy blokli shifrlarning muhim tarkibiy qismi bo'lib, haqiqiy ma'lumotlarning (ochiq matn) o'zgarishiga katta hissa qo'shadi. S-box ochiq matn va shifrlangan matn o'rtasida chiziqli bo'lmagan aloqani yaratishda muhim rol o'ynab, bu blokli shifrlarning chiziqli bo'lmagan tarkibiy qismi hisoblanadi va chiziqli ishlaydigan, himoyaga kamroq hissa qo'shadigan tegishli blokli shifrnig boshqa tarkibiy qismlariga nisbatan kriptotahlilchilar uchun natijaviy shifrlangan matnda ko'proq chalkashliklarni keltirib chiqaradi[3]. Shunday qilib, tuzilmasida S-boxdan foydalanadigan shifrlash algoritmlarining xavfsizligi, kriptotahlillarga qarshi tura olishi tegishli S-boxning kriptografik parametrlariga bevosita bog'liqdir [4-5].

Asosiy qism

Shifrlashda ishlatiladigan S-boxlar statik va dinamik ko'rinishda bo'lib, har bir tasodifiy qiymat uchun har doim doimiy qiymatga ega bo'lgan S-box statik S-box deb nomlanadi. O'z tarkibida statik S-boxdan foydalanadigan shifrlar ma'lumotlarni yetarli darajada himoya qilmaydi degan farazlar ham mavjud bo'lib, bu hujumchilarni qandaydir vositalar orqali bunday S-boxlar haqida ma'lumot olish imkoniyatiga egali va oxir-oqibat ochiq matnni tiklashi mumkinligi bilan izohlanadi[6]. Dinamik S-boxlar shifrlash kaliti yordamida yaratilib, belgilangan talablar doirasida ishlab chiqilgan dinamik S-boxlar kriptografik xavfsizlikni kuchaytirish uchun juda katta imkoniyatga ega. Shuning uchun tadqiqotchilar tegishli shifrlash kaliti qiymatlaridan foydalangan holda yaxshi kriptografik xavfsizlikni ta'minlovchi dinamik S-boxlarni qurishning turli usullarini taqdim etganlar[7]. Ushbu usullarda S-boxlarni loyihalashda elliptik egri chiziqlar, chekli maydon, xaotik tizimlar va boshqalar kabi turli xil matematika elementlaridan foydalanilgan. Xaotik dinamik tizimlar tasodifiy o'xshashligi, ekstremal boshlang'ich sharoitlarning sezgirligi va davriy emasligi tufayli xavfsiz S-boxlarni yaratish imkoniyatiga ega. Ko'plab mualliflar [8] turli usullarni qo'llash orqali kuchli S-boxlarni yaratish uchun xaotik tizimlardan foydalangan. Giperxaotik tizimlar oddiy xaotik tizimlarga qaraganda

mustahkamroq S-boxlarni qurish imkoniyatiga ega bo'lib, [9] manbalarda mualliflar giperxaotik usullardan foydalangan holda mustahkam dinamik S-boxlarni generatsiyalagan.

Ushbu uslub juda oddiy va innovatsion chiziqli trigonometrik transformatsiyaga (ChTT) asoslanadi. Taklif etilayotgan ChTT dinamik bo'lib, 8×8 o'lchamdagi S-boxni generatsiyalash imkonini beradi. S-boxning dastlabki natijalari uning xavfsizligini oshirishning yangi sxemasini qo'llash orqali yanada yaxshilanadi. Tabiatan dinamik bo'lib, transformatsiya va ishlashni yaxshilash rejasi generatsiyalashda turli parametrlar o'zgaruvchilardan foydalanadi va shifrlash kaliti tegishli parametrlarning qiymatlarini ishlatadi [10-11]. Shifrlash kalitining o'zgarishi parametrlar qiymatlarida o'zgarishlarga olib keladi va har safar yangi S-box hosil bo'lishini ta'minlaydi [12].

Taklif etilgan usulning o'ziga xos xususiyatlari quyidagilardan iborat [13-15]:

- Dastlabki S-box generatsiyasi uchun oddiy, innovatsion va dinamik chiziqli trigonometrik transformatsiya (ChTT) taklif qilingan. Transformatsiya tabiatan dinamik bo'lganligi sababli, u parametrlar qiymatlarida ozgina o'zgarishlar kiritilganda ham juda ko'p sonli mustahkam S-boxlarni ishlab chiqarish imkoniyatiga ega.

- Innovatsion ChTT tomonidan yaratilgan dastlabki S-boxning chiziqli bo'lmaganligini, improvizatsiya qilish uchun yangi va dinamik jarayon yordamida ishlab chiqilgan yakuniy S-box kriptotahlilchilar uchun shifrlangan matnda qo'shimcha chalkashliklarni keltirib chiqarishi mumkinligi.

- Olingan S-box va manbalarda keltirilgan boshqa keng tarqalgan S-boxlarning kriptografik parametrlarini baholash uchun standart S-boxlarni umumiy kriptografik talablarga baholash usuli orqali baholanganligi.

Taklif qilingan yangi algoritmda dinamik chiziqli trigonometrik transformatsiyadan (ChTT) foydalanish orqali $n \times n$ o'lchamli S-box yaratiladi. Ushbu yangi transformatsiya (1) tenglamada berilgan funksiya shaklidagi matematik tavsifga ega.

$$T(z) = \cos((A + B) * X * z + C) \quad (1)$$

Bu yerda, $0 < X < 1, 0 \leq z \leq 2^n - 1, B \in Z, A, C = \{1, 3, 5, \dots, 2^n - 1\}$.

(1) tenglikdagi A, B, C va X o'zgaruvchilar qiymatlari bo'lib, shifrlash kaliti yordamida hosil qilinadi. X o'zgaruvchisi double tipga ega va taklif qilingan usul yordamida S-box yaratish uchun 15 ta muhim o'nlik raqam ko'rib chiqilgan. Bunday o'zgaruvchidan foydalangan holda hisoblash float turiga qaraganda biroz sekin. Biroq, bu S-box loyihasiga float tipidagi o'zgaruvchilar bilan solishtirganda katta kalit maydoni beradi. (1) tenglik yuqorida aytib o'tilgan parametrlarning turli qiymatlaridan foydalangan holda juda ko'p kalitga bog'liq dinamik S-boxlarni (S-box maydoni = $128 \times 256 \times 128 \times 10^{15} \sim 10^{21}$) beradi. $n = 8$ uchun dastlabki $n \times n$ o'lchamli S-box (1) tenglik yordamida o'rnatiladi. Taklif etilayotgan usul qo'pol kuch hujumlari imkoniyatlarini kamaytirish orqali yaratilgan S-boxning kriptografik kuchini biroz oshirishga olib kelishi mumkin bo'lgan ko'p sonli

parametrlarni o'z ichiga oladi. Biroq, bu taklif qilingan usulning hisoblash vaqtini ortishiga olib keladi. X o'zgaruvchisi qo'pol kuch hujumlarini oldini olish uchun o'z diapazoni bilan shunday imkoniyatni taqdim etib, shu bilan birga hisoblash samaradorligi unchalik ortirmaydi. Quyida taklif qilingan S-boxni generatsiyalash algoritmi (1-algoritm) va uning blok sxemasi (1-rasm) keltirilgan.

1-algoritm: S-boxni generatsiyalash algoritmi

Kiruvchi parametrlar:

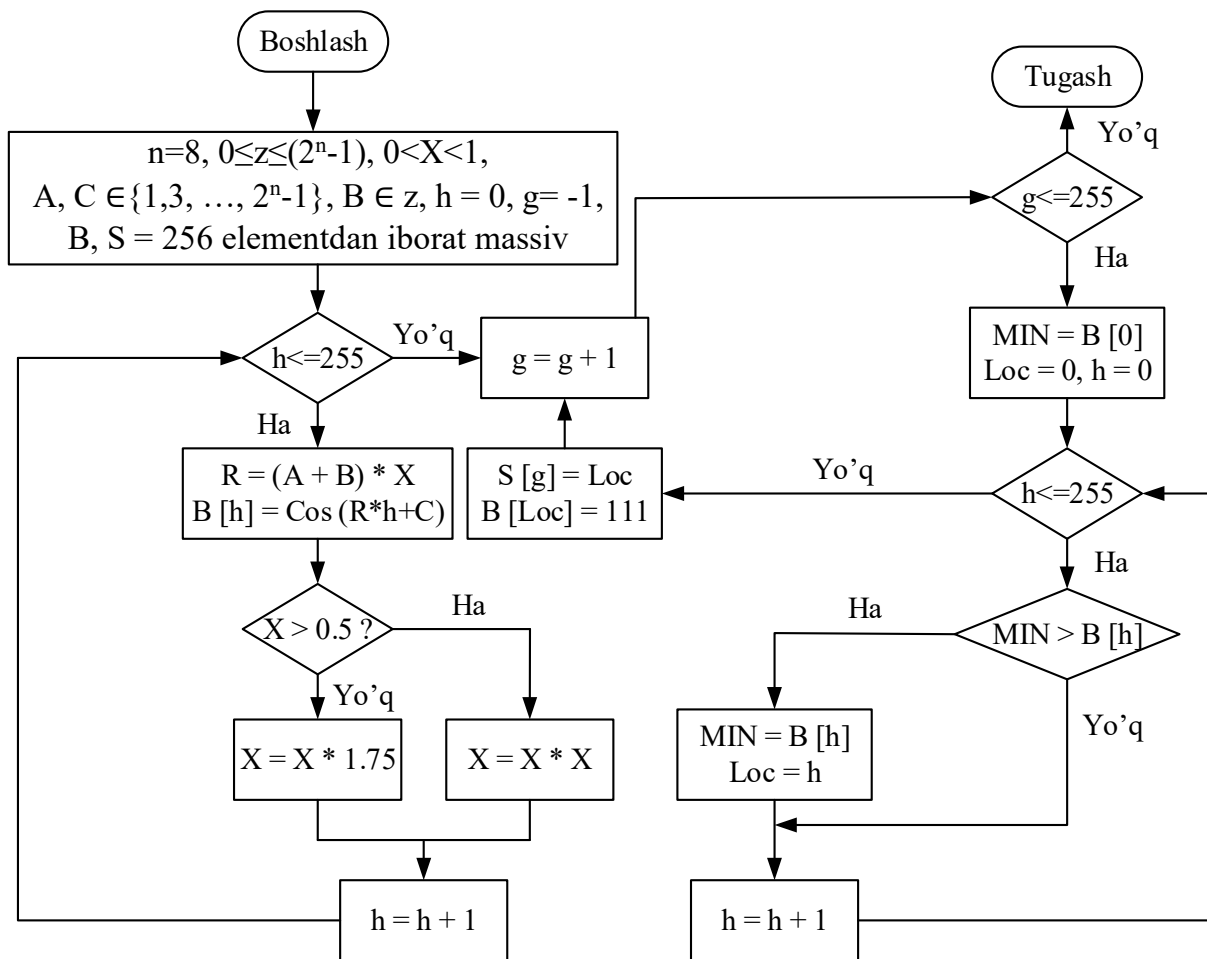
```

n = 8 // for n × n o'lchamli S-box
X // 0 < X < 1
A, C // A, C ∈ {1, 3, . . . . ., 2n - 1}
B // B ∈ {0, 1, 2, . . . . ., 2n - 1}
Chiqish:
S // Dastlabki 8 × 8 o'lchamdagi S-box
Initsializatsiya:
h ← 0
g ← -1
Loc ← 0
while (h ≤ 255) do
    R ← (A + B) * X
    B[h] = Cos (R * h + C)
    if (X > 0.5) then
        X = X * X
    else X = X * 1.75
    endif
    h ← h + 1
endwhile
g ← g + 1
while (g ≤ 255) do
    MIN ← B [0]
    Loc = 0
    h ← 0
    while (h ≤ 255) do
        if (MIN > B[h]) then
            MIN = B[h]
            Loc = h
        endif
        h ← h + 1
    endwhile
    S[g] = Loc
    B[Loc] = 111
    g ← g + 1
endwhile
return S

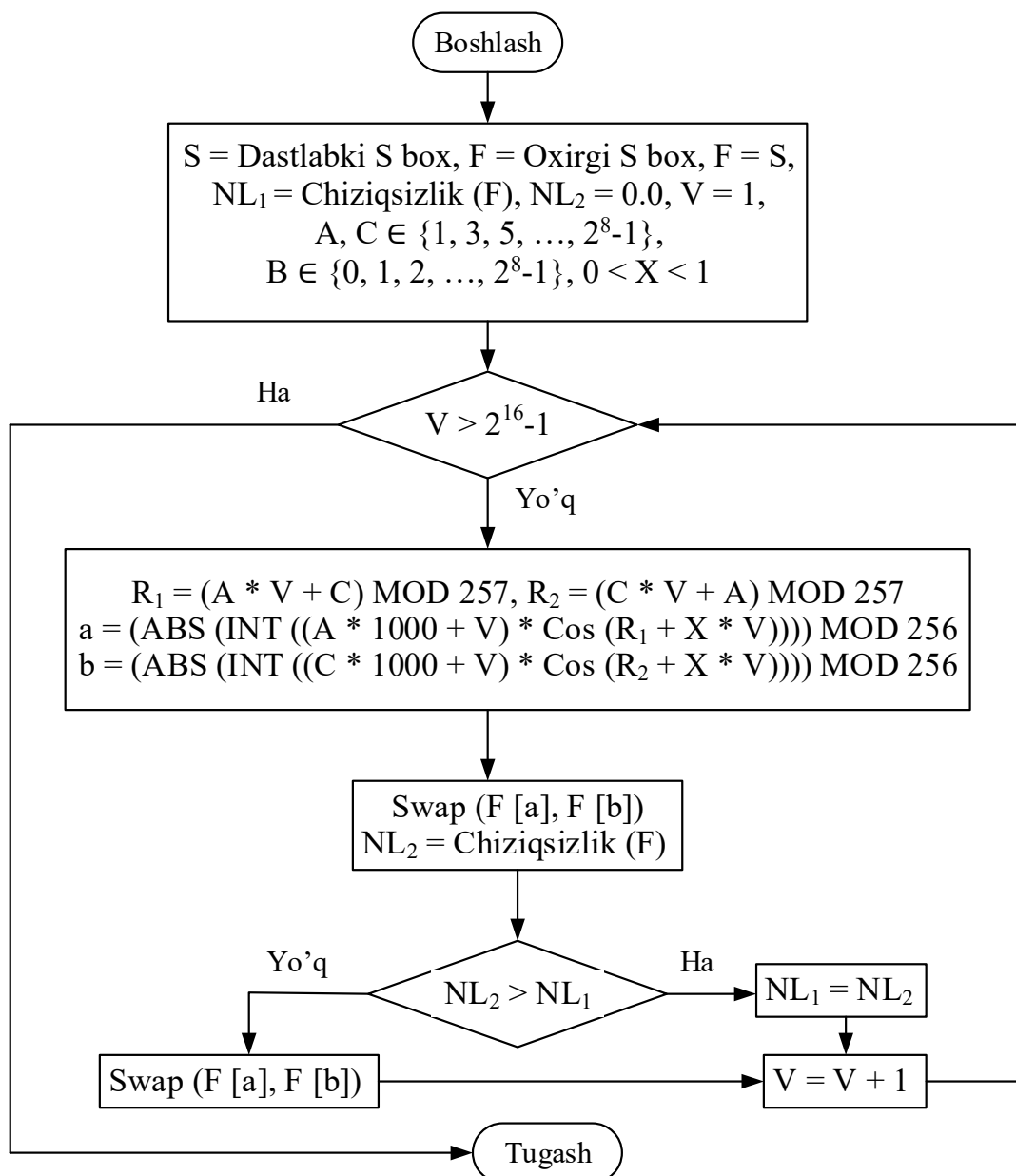
```

Ushbu bosqich 1-rasmda ko'rsatilganidek, protsedura bo'yicha o'rnatilgan dastlabki S-boxning qiymatlarini aralashtirishga yordam beradi. Tavsiya etilgan usulda ishlashning improvizatsiya rejasi yuqori chiziqli bo'lmagan xususiyatga ega mustahkam va xavfsiz S-boxlarni generatsiyalashda muhim

rol o'ynaydi. Chiziqli bo'lmagan improvizatsiya rejasi 2-rasmda va 2-algoritmida tasvirlangan. A, B, C va X o'zgaruvchilarning qiymatlari shifrlash kaliti tomonidan qo'llaniladi. Taklif etilgan usul yordamida hosil qilingan 8×8 o'lchamdagi S-boxga misol 1-jadvalda ko'rsatilgan.



1-rasm. S-box generatsiya qilish algoritmining blok sxemasi



2-rasm. Chiziqsiz jarayonning improvizatsiya rejasi

Taklif qilingan algoritim yordamida generatsiya qilingan S-box

{104, 141, 202, 77, 115, 75, 78, 42, 212, 82, 38, 179, 84, 30, 25, 31, 34, 3, 70, 61, 45, 74, 83, 131, 19, 138, 183, 213, 37, 121, 245, 189, 88, 47, 13, 2, 237, 81, 158, 17, 242, 62, 85, 94, 209, 22, 60, 102, 112, 93, 243, 69, 64, 204, 232, 148, 86, 8, 206, 26, 58, 210, 225, 223, 181, 56, 110, 14, 229, 244, 249, 134, 233, 79, 214, 133, 35, 207, 50, 153, 49, 20, 174, 238, 200, 72, 211, 48, 161, 146, 65, 177, 24, 196, 44, 113, 114, 68, 21, 253, 55, 190, 95, 170, 155, 136, 216, 171, 137, 156, 250, 96, 234, 188, 98, 12, 36, 166, 168, 236, 103, 32, 219, 124, 40, 221, 172, 91, 52, 126, 16, 241, 123, 143, 99, 160, 5, 154, 67, 119, 33, 191, 39, 9, 195, 159, 182, 215, 41, 194, 235, 192, 164, 139, 140, 29, 251, 255, 193, 178, 151, 46, 248, 101, 246, 117, 7, 4, 73, 51, 228, 217, 185, 208, 66, 199, 108, 144, 0, 142, 111, 80, 1, 197, 218, 71, 63, 205, 105, 162, 226, 122, 167, 198, 147, 15, 10, 6, 230, 43, 150, 163, 28, 175, 106, 18, 132, 57, 231, 176, 130, 247, 254, 157,

135, 92, 129, 53, 222, 180, 165, 252, 128, 239, 203, 187, 107, 118, 186, 90, 125, 120, 11, 149, 227, 173, 116, 152, 59, 54, 100, 109, 220, 240, 89, 169, 76, 23, 127, 145, 184, 201, 87, 27, 224, 97}

2-algoritm. Chiziqsiz improvizatsiya rejasi asosida yakuniy S-Box ishlab chiqish algoritmi

Kiruvchi parametrlar:

$X // 0 < X < 1$

$A, C // A, C \in \{1, 3, \dots, 2^n - 1\}$

$B // B \in \{0, 1, 2, \dots, 2^n - 1\}$

$S //$ Dastlabki 8×8 o'lchamli S-box

Chiqish:

$F //$ Yakuniy 8×8 o'lchamli S-box

Initsializatsiya:

$V \leftarrow 1$

$F = S$

$NL1 \leftarrow$ Chiziqsizlik (F)

$NL2 \leftarrow 0.0$

while ($V \leq 2^{16} - 1$) do

$R1 \leftarrow (A * V + C) \text{ MOD } 257$

$R2 \leftarrow (C * V + A) \text{ MOD } 257$

$R3 \leftarrow (A * 1000 + V)$

$R4 \leftarrow (C * 1000 + V)$

$R5 \leftarrow (R1 + X * V)$

$R6 \leftarrow (R2 + X * V)$

$a \leftarrow \text{ABS}(\text{INT}(R3 * \text{Cos}(R5))) \text{ MOD } 256$

$b \leftarrow \text{ABS}(\text{INT}(R4 * \text{Cos}(R6))) \text{ MOD } 256$

// INT kasr qiymatidan butun sonni qaytaradi

// ABS absolyut qiymatni qaytaradi

// $F[a]$ va $F[b]$ ning qiymatlari almashtiriladi

$\text{Temp} \leftarrow F[a]$

$F[a] \leftarrow F[b]$

$F[b] \leftarrow \text{Temp}$

$NL2 \leftarrow$ Chiziqsizlik (F)

if ($NL2 > NL1$) then

$NL1 \leftarrow NL2$

else

// $F[a]$ va $F[b]$ ning qiymatlari almashtiriladi

$\text{Temp} \leftarrow F[a]$

$F[a] \leftarrow F[b]$

$F[b] \leftarrow \text{Temp}$

endif

$V \leftarrow V + 1$

endwhile

return F

Taklif qilingan algoritm yordamida generatsiya qilingan S-boxlar tahlili. Ixtiyoriy S-box zaif bo'lishi va kriptotahlilchilarning oson nishoni bo'lishi mumkinligi bois, ularni xavfsizlik talablariga baholash shart hisoblanadi. Har qanday S-boxning kriptografik parametrlarini baholashda tegishli S-box tomonidan bajarilishi kerak bo'lgan turli mezonlardan foydalaniladi. [5] manbada keltirilgan



standart baholash mezonlari yordamida taklif qilingan S-boxning umumiy kriptografik parametrlarga tekshirish natijalari 1-5-jadvallarda ko'rsatilgan.

1-jadval. Tarkibiy mantiqiy funksiyalar va chiziqsizlik qiymatlari

Bul funksiyasi	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
NL(B)	108	104	108	108	104	108	104	108

2-jadval. Turli S-boxlari uchun chiziqsizlik (NL) qiymatlari

S-box	Chiziqsizlik		
	NL _{Min}	NL _{Max}	NL _{O'rt}
1	2	3	4
Mazkur ish	104	108	106.5
[80]	106	108	106.25
[81]	112	112	112
[82]	106	110	106.5
[83]	112	112	112
[84]	106	108	107
[85]	106	108	106.5
[86]	104	110	106.75
[87]	102	108	105
[88]	100	108	105
[89]	104	108	106.25
[90]	96	110	104
[91]	106	112	109.5
[92]	100	108	104
[93]	98	106	103.5
[94]	106	108	106.5
[95]	104	110	106.25
[96]	104	108	105
[97]	106	110	108.5
[98]	108	110	109.75
[99]	102	110	106.5
[100]	112	112	112
[101]	112	112	112
[102]	110	112	110.25
[103]	104	108	105.5
[104]	104	110	107

3-jadval. Taklif etilgan S-boxning BIC-nochiziqlilik qiymatlari

-	104	106	106	100	108	104	100
104	-	108	104	106	104	108	104
104	104	-	108	104	100	102	106
104	108	104	-	106	104	104	102
106	108	106	104	-	104	106	104
104	104	102	104	104	-	106	104
104	104	104	106	104	108	-	102
104	108	106	104	106	106	108	-

4-jadval. SAC va BIC-NL qiymatlarining qiyosiy bahosi

S-box	SAC	BIC-NL
1	2	3
Mazkur ish	0.496	102.8
[80]	0.5086	102.37
[81]	0.496	102.3
[82]	0.5009	103.93
[83]	0.498	112
[84]	0.493	102.3
[85]	0.499	103.6
[86]	0.509	106.1
[87]	0.503	102.9
[88]	0.500	103.0
[89]	0.501	103.6
[90]	0.493	103.0
[91]	0.507	106.9
[92]	0.497	102.6
[93]	0.496	103.5
[94]	0.501	104.1
[95]	0.503	103.9
[96]	0.506	103.5
[97]	0.500	103.9
[98]	0.5042	110.6
[99]	0.4943	103.35
[100]	0.501	112
[101]	0.495	112
[102]	0.495	104.1
[103]	0.5065	103.57
[104]	0.4993	103.29



5-jadval. Taklif etilgan S-boxning differensial bir xilligi (ayirma matritsa) qiymatlari

8	6	8	10	8	8	10	8	8	8	6	6	8	8	10	8
8	8	6	8	6	10	8	8	8	10	8	6	8	10	8	8
8	6	8	10	8	8	6	8	10	8	10	8	8	6	8	8
8	8	6	8	10	8	8	10	8	8	10	6	8	6	8	8
10	6	8	8	8	10	6	8	6	8	6	10	8	8	10	8
10	6	8	8	8	6	10	6	10	6	8	8	10	8	8	8
8	8	6	10	8	8	6	10	6	8	8	6	10	10	8	8
8	6	8	10	8	10	8	6	10	8	6	10	8	6	8	8
8	8	10	8	8	8	6	8	8	10	6	8	10	8	8	6
8	8	10	8	6	8	8	8	8	10	8	8	6	8	8	8
8	8	8	8	8	10	8	8	6	8	8	8	10	8	8	6
8	8	8	8	10	8	8	8	8	6	8	10	8	8	6	8
8	8	6	8	8	8	10	8	10	8	8	8	8	6	8	8
6	8	8	8	8	10	8	8	8	8	8	10	8	6	8	8
8	8	8	10	8	6	8	8	8	8	8	8	8	6	8	10
10	8	8	8	8	8	6	8	8	10	8	8	6	8	8	8

Tadqiqot doirasida chiziqli bo'lmagan S-boxlarni generatsiya qilish uchun taklif qilingan innovatsion usullar bo'yicha ko'plab tadqiqotlar o'tkazildi. Ko'plab S-boxni generatsiyalash usullari uchun har xil xulosalar olish mumkin, masalan, statik almashtirish usuli, statik qaytarilmas polinomdan foydalanish, qo'zg'almas nuqtalarning mavjudligi, yuqori hisoblash narxi, va boshqalar. S-boxni qurish uchun mazkur dissertatsiya ishida taklif qilingan usul oddiy va chiziqli trigonometrik transformatsiyani o'z ichiga oladi.

3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, taklif qilingan S-boxlar ancha yuqori noxiziqli ko'rsatkichlarga ega. Taklif qilingan usul yordamida generatsiya qilingan S-boxlar barcha mezonlarga javob bergani bois, boshqa usullarga nisbatan shifrlash jarayonida yuqori chiziqli bo'lmagan o'zgartirishni amalga oshirishda ancha samarali ekanligini ko'rsatadi.

Xulosa

Mazkur maqolada chiziqli trigonometrik transformatsiya yordamida kalitga bog'liq dinamik S-boxlarni generatsiyalash uchun yangi usul taqdim etildi. Yangi trigonometrik transformatsiya orqali yaratilgan dastlabki S-boxning chiziqli bo'lmagan bahosini oshiradigan yangi dinamik improvizatsiya rejasi taklif etildi. Transformatsiya va chiziqli bo'lmagan improvizatsiya rejasi generatsiya qilishda turli xil parametrlardan, shifrlash kalitining tegishli parametrlari qiymatlaridan foydalanadi. Shifrlash kalitining o'zgarishi parametrlar qiymatlarining o'zgarishiga olib keladi va har safar yangi chiziqli bo'lmagan S-box hosil qilanadi. Qiyosiy tahlillar dinamik va xavfsiz S-boxlarni generatsiyalash uchun taklif qilingan sxemaning samaradorligini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar

1. Agren M. On some symmetric lightweight cryptographic designs. Doctoral Thesis, Department of Electrical and Information Technology, Faculty of Engineering, LTH, Lund University, 2012.
2. Manifavas C. et al. A survey of lightweight stream ciphers for embedded systems //Security and Communication Networks. – 2016. – T. 9. – №. 10. – C. 1226-1246.
3. M. M. Lauridsen, C. Rechberger, and L. R. Knudsen, “Design and analysis of symmetric primitive,” Tech. Univ. Denmark, Lyngby, Denmark, Tech. Rep. 382, 2016.
4. E. Tanyildizi and F. Ozkaynak, “A new chaotic S-box generation method using parameter optimization of one dimensional chaotic maps,” IEEE Access, vol. 7, pp. 117829–117838, 2019.
5. M. Ahmad, E. Al-Solami, A. M. Alghamdi, and M. A. Yousaf, “Bijective S-boxes method using improved chaotic map-based heuristic search and algebraic group structures,” IEEE Access, vol. 8, pp. 110397–110411, 2020.
6. F. Özkaynak, “Construction of robust substitution boxes based on chaotic systems,” Neural Comput. Appl., vol. 31, no. 8, pp. 3317–3326, 2019.
7. I.R.Rakhmatullaev, I.Boykuziev “Analysis of cryptanalysis methods applied to stream encryption algorithms” International Conference on Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security (ICABCS-2023), 2023, India, 1-4 p.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Z.T.Xudoykulov, I.R.Rahmatullayev, “Yangi oqimli shifrlash algoritmlari va uning kriptotahlili”, Milliy standart Ilmiy-texnik jurnali, 2023/2-son, 42-47 betlar.
12. I.R.Rakhmatullaev, “Stream encryption algorithms and the basis of their creation”, Central asian journal of mathematical theory and computer sciences, Volume 03, Issue 1, 2022, 165-173 p.
13. 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.
14. 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.
15. 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.



Muallif

Uzakov Barxayotjon

Muhammad Al Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
Universiteti doktranti,

barhayotuzoqov@gmail.com

NEFT VA GAZ KOMPLEKSLARINING INNOVATSION RIVOJLANISHINI BOSHQARISH

Annotatsiya: Maqolada neft kompaniyalarining innovatsion rivojlanishi butun boshqaruv tizimidagi, uning barcha tuzilmasi va vazifalaridagi taraqqiyot o'zgarishlarni aks ettiruvchi jarayon sifatida ochib berilgan. Bu jarayon natijasida o'rtacha tarmoq foyda me'yori darajasida qo'shimcha ijtimoiy-iqtisodiy manfaat shakllanadi. Shuningdek, mamlakatning yagona sanoat siyosati doirasida uning innovatsion tarkibiy qismini ishlab chiqish zarurati asoslantirilgan. Bu innovatsion qism mintaqaviy darajadan to neft kompaniyalari darajasigacha tegishli institutsional va tashkiliy jihatdan rasmiylashtirilishi lozim. Bunday yondashuvning muhimligi ham maqolada dalillar bilan isbotlangan.

Kalit so'zlar: innovatsion rivojlanish, integratsiyalashgan neft kompaniyalari, innovatsion menejment, neft-gaz majmuasi, qiyin qayta tiklanadigan zaxiralar, quduqlar, magistral neft quvurlari, ko'p faktorli texnologiyalar



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kirish

O'zbekiston yoqilg'i-energetika resurslariga ega bo'lgan o'ziga xos neft-gaz zaxirasiga ega mamlakat hisoblanadi. Jahon bo'yicha aniqlangan neft zaxiralarining qariyb 6 foizini tashkil qiladi va tabiiy gaz zaxiralarining 14 foizini tashkil qiladi. Hozirgi vaqtda neft-gaz korxonalari (NGK) xalq xo'jaligining eng muhim komplekslaridan biri hisoblanadi. Neft va gaz sanoati yalpi ichki mahsulotning (yalpi ichki mahsulotning) chorak qismini, sanoat mahsuloti hajmining uchdan bir qismini, hamda viloyat byudjeti daromadlarining qariyb yarmini, eksport va valyuta tushumlarini ta'minlashda katta ro'l o'ynaydi. Neft ishlab chiqaruvchi kompaniyalar o'zlarining ishlab chiqarish quvvatlarini oshira boshladilar va jahon bozorida qulay sharoitlar ta'siri ostida neft va gaz sanoatining ma'lum darajada tiklanishi kuzatilib, neft va gaz sanoati uzoq muddatli va barqaror farovonligi illyuziyasini yaratadi.(Uzakov[1])

Tahlillar

Muammo shundaki, neft kompaniyalarining ortirgan foydalari ishlab chiqarishni ilmiy-texnikaviy rivojlantirishga, mehnat unumdorligini oshirishga va xarajatlarni kamaytirishga yo'naltirilmaydi. Islohotlar sharoitida neft sanoatida mehnat unumdorligi 40 foizga pasayganini, mashina va asbob-uskunalarining texnik eskirishi 60-65 foizdan oshganini ko'rishimiz mumkin, asbob-uskunalarining atigi 14 foizi zamonaviy texnikalardan iborat ekanligini ko'rishimiz mumkin. Neftni qayta ishlashda agregatlarining 70 foizi 25 yil va undan ko'proq vaqt davomida ishlagan, faqat 5 foizi 10 yilgacha ishlaydi. Neftni qayta ishlashning o'rtacha unumdorligi mamlakatimizda 60-65 foizni tashkil qiladi. Magistral neft quvurlarining 25 foizi 30 yildan ortiq, yana uchdan bir qismi 20 yildan 30 yilgacha va 12 foizi 10 yildan 20 yilgacha ishlagan. Neft va gaz sanoatida uni rivojlantirishning metodologiyasi va innovatsion modelini ishlab chiqish hozirgi kunda asosiy dolzarb muammolardan hisoblanadi. Innovatsiyalar boshqaruv faoliyatining barcha sohalariga tegishli bo'lishi kerak: ishlab chiqarish, ijtimoiy, huquqiy, ekologik faoliyat sohalari, shuningdek, yordamchi sohalarda ham tegishli bo'lishi lozim. Masalan: Burg'ilash texnologiyasi, neftni qayta ishlash, qazib olish, tashish, qayta ishlash, sarmoya kiritish, boshqaruv usullari va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi innovatsiyalar alohida ahamiyatga ega. Mamlakatimiz neft-gaz majmuasi iqtisodiyotimizning ichki ehtiyojlarini to'liq qondirmoqda, neft mahsulotlari taqchilligi kuzatilmaganiga qaramay, ichki bozorda narxlar jahon narxlariga mos ravishda oshib bormoqda. Narxlarning bunday o'sishining sabablaridan biri neftni qayta ishlashning texnik jihatdan qo'liqligi va neft mahsulotlarini qazib olish va tashishning eskirgan texnologiyalarni aytish mumkin. Bunga innovatsion va investitsiya jarayonlarini rivojlantirishni rag'batlantirmaydigan samarasiz soliq siyosati, ishlab chiqarishni ilmiy-texnikaviy rivojlantirish sohasidagi davlat siyosatining yetarli darajada faol emasligi ham yordam bermoqda. (Uzakov[1])



Muammolar

Neft-gaz korxonalarini rivojlantirish muammolarining dolzarbligi iqtisodiyotni o'zgartirayotgan mamlakatlarda neft-gaz kompaniyalari va tarmoqlarini innovatsion rivojlantirish masalalarining yetarlicha nazariy jihatdan ishlab chiqilmaganligi bilan murakkablashmoqda. Neft va gaz sanoatini rivojlantirishning asosiy iqtisodiy vazifalari quyidagilardan iborat: Xalq xo'jaligi va mamlakat aholisining neftga bo'lgan ehtiyojini ta'minlash; samarali eksport faoliyatini ta'minlash; yangi neft-gaz kompleksi quvvatlarini joriy etishni ta'minlash; eskirgan uskunar va neft quvurlarini almashtirish; yangi konlarni o'zlashtirish va yetarli hajmdagi geologiya-qidiruv ishlarini olib borish. Ushbu muammolarni hal etish zarurati neft-gaz korxonalarining raqobatbardoshligi va kompleksni davlat boshqaruvi tizimining samaradorligiga, shuningdek, neft va uni qayta ishlash mahsulotlarining ichki va tashqi mahsulot bozorlarida, neft-gaz kompaniyasining o'zi va xo'jalik yurituvchi subyektlarning investitsiya bozorlarida raqobatbardoshligiga qat'iy talablar qo'yadi. Mamlakatimiz neft sanoatining tahlili shuni ko'rsatadiki, uskunar va quvurlarning texnik holati yil o'tgan sari yomonlashmoqda. Neft kompaniyalari zahiralarning 70% dan ortig'i rentabellik chegarasida quduqlarning past oqim tezligiga ega. Neft kompaniyalari tomonidan ishlab chiqilgan zahiralarning uchdan bir qismidan ko'prog'i 70% dan ortiq suv kesishiga ega. Umuman olganda, mamlakatda o'zlashtirishda foydali zaxiralarni ta'minlash 20-25 yildan oshmaydi, ba'zi kompaniyalar uchun esa 15-20 yildan oshmaydi. (Uzakov[2])

Uglevodorod xomashyosi ishlab chiqarishni ko'paytirish, birinchi navbatda, o'zlashtirilgan hududlarda avval ishga tushirilgan konlarning ishlab chiqarish-texnik salohiyatini tiklash ko'plab kompaniyalar uchun yagona yo'ldir, chunki yangi hududlarni o'zlashtirish uchun investitsiyalar yo'q. Ko'pgina neft qazib oluvchi mamlakatlar, ayniqsa ishlab chiqarish xarajatlari nisbatan yuqori bo'lgan mamlakatlarda soliq rejimlarining liberallashuvi kuzatilgan. Bu kompaniyalarning yuqori daromad olishlarini va yuqori investitsiya stavkalarini saqlab qolishlarini ta'minlaydi. Institutsional muhitning rivojlanishi tufayli ko'plab neft qazib oluvchi mamlakatlarda investitsion bashoratlarning sezilarli darajada qisqarishi kuzatildi. Keyingi yillarda neft sanoatida erishilgan ijobiy natijalarga qaramay, mamlakatimizda neft mahsulotlarining ichki bozori rivojlanmagan. Neftni qayta ishlash, asosan, birlamchi neft distillash qurilmalarida amalga oshiriladi, ishlab chiqarilgan mazut va dizel yoqilg'isi hajmi mamlakatning ularga bo'lgan ehtiyojidan ikki baravar ko'pdir, shuning uchun neft mahsulotlari eksportining asosiy qismini dizel yoqilg'isi va mazut tashkil qiladi.

O'zbekistonning barcha asosiy neft bozorlari: Yevropa, va Osiyo mintaqasi bilan bog'lanishidan samarali foydalanishga to'sqinlik qilmoqda. 1997 yildan 2003 yilgacha bo'lgan davrda neftni ishlab chiqarish, iste'mol qilish va eksport qilish nisbati tahlili shuni ko'rsatdiki, qo'shimcha ravishda ishlab chiqarilgan neftning katta qismi (deyarli 85%) eksport qilingan (to'g'ridan-to'g'ri yoki undan ishlab chiqarilgan neft mahsulotlari shaklida), bu neft-gaz kompleksining eksportga yo'naltirilganligi mustahkamlanganligini ko'rsatadi. Ushbu tendentsiyani ijobiy deb hisoblash mumkin emas: bu

mamlakat ishlab chiqarish salohiyatini rivojlantirish uchun iste'mol qilinadigan mahsulotlar ulushining kamayganidan dalolat beradi. O'zbekistonning vertikal integratsiyalashgan neft kompaniyalari (VIK) xususiyashtirish natijasida shakllangan mulkchilik shakllarining xususiyatlari bilan belgilanadigan alohida tanlangan yo'nalishlar va ustuvorliklar bo'yicha faoliyat yuritadi va rivojlanadi. Hozirgi kunda mamlakatimizda quyidagi korxonalar yetakchilik qilmoqda: "FNQIZ", "BNQIZ", integratsiyalashgan neft kompaniyalarining holati ko'p jihatdan muammoli moliyaviy-iqtisodiy, ilmiy, texnologik va boshqaruv tomonlarga muommolar bor. Hozirgi vaqtda asosiy kapitalga investitsiyalarning asosiy manbai neft kompaniyalarining o'z mablag'lari hisoblanadi. Xorijiy sarmoyaning yetishmasligi O'zbekistondagi sarmoya tomonidan yaxshi emasligi bilan bog'liq. Investitsiyalar oqimini ta'minlash uchun bir qator chora-tadbirlarni amalga oshirish kerak: soliq siyosatidagi o'zgarishlar; uskunaning amortizatsiyasini tezlashtirish; investitsiya faoliyati risklarini kamaytirish maqsadida davlat tomonidan kafolatlar berish va uning qarorlar qabul qilish mexanizmlari va institutlaridan foydalanish; neft va gaz sanoatining ilmiy-texnik va innovatsion rivojlanishini takomillashtirish. Shunday qilib, ilmiy-tadqiqot ishlariga tobora ko'proq mablag' sarflash kerak, chunki innovatsiyalar yangi mahsulotlar va yangi texnologiyalarda mujassamlash, mamlakat iqtisodiy rivojlanishining, tarmoqlar va kompaniyalarning raqobatbardoshligini oshirishning asosini ifodalaydi.

Zamonaviy shaklda innovatsion rivojlanish nazariyasining asoschisi avstriyalik taniqli iqtisodchi J.Shumpeter hisoblanadi, u innovatsiyalarni texnologiya va boshqaruvdagi o'zgarishlar, resurslardan foydalanishning yangi yo'nalishlari deb hisoblaydi. Uning birinchi asarlari nashr etilganidan beri yuz yil o'tgan bo'lsa-da, innovatsion jarayonlar yoki innovatsiyalarning o'zi haqida umumiy qabul qilingan ta'rif hali ham mavjud emas. Innovatsiya, Shumpeterning fikriga ko'ra, bozorga kiritilgan yangi yoki takomillashtirilgan mahsulot, amaliy faoliyatda qo'llaniladigan yangi yoki takomillashtirilgan texnologik jarayon yoki ijtimoiy xizmatlarga yangi yondashuv ko'rinishida mujassamlangan innovatsion faoliyatning yakuniy natijasidir. Ushbu innovatsiya ishlab chiqarish omillarining yangi ilmiy va tashkiliy kombinatsiyasi sifatida namoyon bo'ladi, ularning motivatsiyasi tadbirkorlik ruhi bilan belgilanadi. Keyinchalik, Shumpeter iste'mol tovarlarining yangi turlarini, yangi ishlab chiqarish va transport vositalarini, bozorlar va sanoatni tashkil etish shakllarini joriy etish va ulardan foydalanishga qaratilgan o'zgarish sifatida innovatsiyaning yangi kontseptsiyasini kiritdi. Innovatsion jarayonlarni o'rganish va ularning iqtisodiy rivojlanishdagi o'rnini baholash uchun kuchli turtki bo'lgan N.D. Kondratieva iqtisodiy faoliyatning katta sikllari (uzun to'lqinlar). Uning tadqiqotlari sikllarning sabablari va ularning davomiyligi bo'yicha keyingi tadqiqotlarni boshladi. N.D.Kondratiev ushbu sikllarning "yuqoriga" va "pastga" to'lqinlari o'rtasidagi bog'liqlikni texnik ixtirolar to'lqinlari va ulardan amaliy foydalanish bilan isbotladi. U innovatsiyaning umumiy nazariyasiga asos solib, u nafaqat texnologik va iqtisodiy, balki ijtimoiy-siyosiy sohalarni ham qamrab oladi, innovatsiyalar jamiyat hayotining turli sohaslarida o'zaro ta'sir qiladi, deb hisobladi. Shunisi e'tiborga olgan holda, N.D.Kondratiev asarlarida klaster yondashuvining asoslari sezilarli bo'lib,



uning mohiyati shundaki, innovatsiyalar vaqt o'tishi bilan notekis taqsimlanadi, guruhlar - klasterlarda paydo bo'ladi. B.Santoning fikricha, innovatsiya uchlik (ijtimoiy, texnik, iqtisodiy) jarayon bo'lib, u g'oya va ixtirolardan amaliy foydalanish orqali o'z xususiyatlariga ko'ra yaxshiroq bo'lgan mahsulot va texnologiyalarni yaratishga olib keladi va iqtisodiy foyda, foyda olishga yo'naltirilgan bo'lsa, bozorda innovatsiyaning paydo bo'lishi qo'shimcha daromad keltirishi mumkin. P.Druker innovatsiyani "resurslarga moddiy qadriyatlarni ishlab chiqarishning yangi qobiliyatini beradigan harakat" deb ta'riflaydi. Shuningdek, u innovatsiya o'zgarishlarni boshqarish emas, balki tadbirkorlik tomonidan qo'llanilishi mumkin bo'lgan o'zgarishlarni maqsadli izlash ekanligini ta'kidlaydi. Innovatsion faoliyatning, xususan, innovatsiyaning mohiyati va mazmunini tahlil qilishda bu toifalarning nafaqat ijtimoiy-iqtisodiy, balki falsafiy, siyosiy va diniy mazmunini ham o'zida aks ettiruvchi murakkab tuzilmasini hisobga olish kerak. Ko'rinib turibdiki, innovatsiyalarni boshqarish nuqtai nazaridan iqtisodiy tomoni qiziqish uyg'otadi. Shu sababli, tadqiqotda innovatsion rivojlanishning o'ziga xos xususiyatlarini yetarli darajada aks ettiruvchi xo'jalik yurituvchi sub'ektlar - neft kompaniyalari darajasiga qaratilgan. (Uzakov[2])

Innovatsion faoliyatning mohiyati va mazmuni haqidagi fikrlar doirasi innovatsion jarayonlarga yetarlicha yo'naltirilmagan tadbirkorlik amaliyotiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Hozirgi vaqtda korxonalarining innovatsion rivojlanishi va ularni an'anaviy texnologiya va uskunalariga asoslangan rivojlanishi o'rtasida aniq chegaralar mavjud emas. Ko'rinib turibdiki, innovatsion jarayonlarni xo'jalik yurituvchi sub'ektlar darajasida aniqlash zarur. Bu xo'jalik yurituvchi sub'ektlar ishlab chiqarishning innovatsion rivojlanish dinamikasini aniq anglashi va uni vaqt va makonda boshqara olishi uchun zarur. Neft kompaniyalari maqsadlarni belgilash ko'rsatkichlarini aniqlay olishlari, aniq hisoblarni yuritishlari, innovatsion jarayonlarni nazorat qilishlari, tahlil qilishlari va samaradorligini bilishlari kerak. Bu, agar neft kompaniyasining integratsiyalashgan boshqaruv tizimi innovatsion ta'sirning asosiy ob'ekti sifatida ko'rib chiqilsa, buning natijasi boshqaruv tizimidagi ijtimoiy-iqtisodiy samaraning oshishi hisoblanadi. Ushbu asosga asoslanib, u innovatsion jarayonlarni butun kompaniya (korxonada) boshqaruv tizimini takomillashtirish, uning butun tuzilmasini - ham boshqaruv funktsiyalarini, ham faoliyat sohalarini rivojlantirish jarayonlari sifatida belgilaydi. Bu shuni anglatadiki, innovatsion faoliyat ilmiy-texnikaviy, ijtimoiy-iqtisodiy, tashkiliy-huquqiy, ishlab chiqarish-texnologik, ekologik va moliyaviy faoliyat jarayonlarini, shuningdek, korxonada boshqaruv tizimini rejalashtirish, bashorotlash, hisobga olish, tahlil qilish va nazorat qilish funktsiyalarini takomillashtirish jarayonlarini qamrab oladi. Innovatsion rivojlanishning asosiy natijasi boshqaruv tizimida ijtimoiy-iqtisodiy samaraning oshishi bilan ifodalanadi. Innovatsion jarayonlarning bunday ta'rifi nafaqat amaliy, balki uslubiy ahamiyatga ega. Ishlab chiqarishning faoliyat ko'rsatishi va rivojlanishi jarayonida boshqaruv sub'ekti doimo innovatsion rivojlanish darajasini va uning o'zgarishlarini aniqlay oladi. Shuningdek, u ishlab chiqarishni rivojlantirish dinamikasini kuzatib borishi va boshqaruv tizimidagi o'zgarishlar innovatsion mazmun bilan tavsiflanadi degan xulosaga kelishi mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, tadbirkorlik amaliyotida va

ilmiy adabiyotlarda innovatsion texnologiya deganda hamon texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari jahon andozalari darajasida bo'lgan innovatsiyalar tushuniladi. Innovatsion texnologiya deganda muallif shunday texnik va texnologik ishlab chiqarish vositalarini, ulardan foydalanishda qo'shimcha ijtimoiy-iqtisodiy foyda keltiradigan tashkiliy shakllar va xo'jalik yuritish usullarini tushunadi. Innovatsion jarayonlarning bunday talqini ularni qo'llash chegaralarini kengaytiradi. Muayyan boshqaruv ob'ektida, korxonadan sanoatgacha bo'lgan ishlab chiqarishning ilmiy, texnik va tashkiliy darajasini oshiradigan turli xil jarayonlarni boshqaruv tizimiga kiritish mumkin bo'ladi. Iqtisodiy rivojlanishning eng muhim tarkibiy qismi innovatsion jarayon bo'lib, uning yakuniy mahsuloti ishlab chiqarishning ilmiy-texnik darajasini oshirish, ishlab chiqarilgan mahsulot tannarxini pasaytirish, quduqlardan neft qazib olishning ko'payishi, ishlab chiqarishni tashkil etishni, boshqaruv tuzilmasini takomillashtirish, ishlab chiqarish jarayonida ham, menejment sohasida ham axborot texnologiyalarining yangi usullarini joriy etishdir. Biroq, innovatsion jarayon birinchi navbatda iqtisodiy kategoriya ekanligini yodda tutish kerak.

Texnik parametrlarni yaxshilash o'z-o'zidan maqsad emas. Bunday o'sishning iqtisodiy natijasi muhim. Ushbu natija ushbu o'sishga sabab bo'lgan qo'shimcha investitsiyalar bo'yicha foydaning oshishi sifatida ifodalanadi. Ushbu nisbatning qiymati neft kompaniyalarining raqobatdosh pozitsiyasini mustahkamlashi kerak. Ammo shuni ta'kidlash kerakki, foydaning o'sishining unga sabab bo'lgan qo'shimcha kapital qo'yilmalarga nisbati har doim ham ilmiy-texnikaviy echimlarning progressivligini aks ettirmaydi. Ushbu holat muallifning daromad darajasining o'rtacha sanoat darajasi innovatsion jarayonlar samaradorligi o'lchovi rolini o'ynashi mumkin degan fikrni tasdiqlaydi. Ushbu xulosaga asos sifatida innovatsion jarayonlar funktsional jihatdan kompaniyalarning raqobatbardoshligini oshirishga va bozor iqtisodiyotidagi mavqeini mustahkamlashga yo'naltirilgan bo'lishi kerak, degan ishonchdir. Ishda qayd etilishicha, hozirgi vaqtda davlatning bevosita ishtirokida innovatsion faoliyatni tashkil etishning yangi shakllarining butun majmuasi vujudga kelgan, jumladan: texnoparklar, innovatsion-texnologik markazlar, innovatsion-sanoat komplekslari davlat tomonidan to'g'ridan-to'g'ri moliyalashtirish hisobidan shakllantirilgan. Shu bilan birga, ilmiy-tadqiqot va ilmiy-tadqiqot ishlariga yo'naltirilgan investitsiyalar va ilm-fanni ko'p talab qiluvchi sektor holati tahlili shuni ko'rsatadiki, joriy innovatsion siyosatning davom etishi O'zbekiston uchun halokatli oqibatlarga olib kelishi mumkin. Mamlakatda yuqori texnologiyali, sifatli uskunalar ishlab chiqarish juda past va ularga talab past. Respublika korxonalari asosan yuqori texnologiyali va ilm-fanni talab qiluvchi uskunalarni import qiladi. O'zbekistonda innovatsion faol korxonalarining ulushi unchalik katta emas va 6% darajasida. Taqqoslash uchun, Yevropa Ittifoqida bu ko'rsatkich 53 foizni, AQShda esa 33 foizni tashkil qiladi. 1990 yilga nisbatan. 2000 yilda Respublikada ilmiy tashkilotlar soni 13 foizga kamaydi va 4037 tani tashkil etdi. Barcha ixtirolarning 70 foizdan ortig'i uzoq vaqtdan beri amalda bo'lgan texnika va texnologiyalar turlarini saqlash yoki qisman takomillashtirishga qaratilgan. Ishlab chiqarilgan yangi uskunalar namunalari past texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan ajralib turadi. Ularning uchdan bir



qismi faqat sanoat mulki hujjatlariga ega, 75 foizi sifat va xavfsizlik sertifikatiga ega emas, 64 foizida xizmat ko'rsatish tizimi mavjud emas. Hozirgi vaqtda ilmiy-texnikaviy faoliyat va mavjud ishlab chiqarish alohida faoliyat yuritadi va bir-biri bilan yomon integratsiyalashgan. Bu holatning sabablaridan biri innovatsion jarayonni faoliyat sohasi sifatida belgilash muammolarining yetarlicha uslubiy ishlab chiqilmaganligidir.

Ilmiy-texnikaviy va innovatsion faoliyat o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik sxemasini yaratish zaruratidan kelib chiqib, bu faoliyat sohalari uzviy ravishda o'zaro bog'liq va o'zaro bog'liq bo'ladi. Ushbu tashkiliy boshqaruv sxemasi hali ishlab chiqilmagan. Biroq, muammoning nazariy tahlili shuni ko'rsatadiki, yirik neft kompaniyalari o'z tarkibida kuchli ilmiy va texnik yordamga ega bo'lishi mumkin. Muammoning bunday shakllantirilishi ilmiy-texnika qanoti va joriy ishlab chiqarishning alohida ishlashini istisno etmaydi, lekin ularning birlashishi yoki tashkiliy jihatdan yaqinlashishi innovatsion jarayonlarni rivojlantirishda muhim rol o'ynashi mumkin. Binobarin, kuchli ilmiy-texnik ta'minotga ega yirik neft-gaz kompaniyalarini shakllantirish hozirgi kunda neft-gaz sanoatini innovatsion inqirozdan olib chiqishning eng muhim ilmiy-amaliy vazifasi hisoblanadi. Natijada yuzaga keladigan nomutanosibliklarni bartaraf etish uchun ilmiy-texnik salohiyatni oshirish, shu jumladan, qiyin qazib olinadigan neft zaxiralari, suv o'tkazuvchanligi past bo'lgan qatlamlar, suv bosgan zonalardagi qoldiq neft zaxiralari, yuqori yopishqoqlikdagi moylar va subgaz zonalarida neft zaxiralari uchun texnologiya va uskunalarni yaratish zarur. Demak, neft va gaz sanoatining uni qo'llash uchun ortib borayotgan talablarga javob beradigan uskunalarga bo'lgan ehtiyoji. Davlat mashinasozlik, metallurgiya, kimyo sanoatining boshqa turdosh tarmoqlarini, harbiy-sanoat majmuasini rivojlantirishni rag'batlantirishi kerak. Binobarin, kelgusida ishlab chiqarishni diversifikatsiya qilish natijasi import qilinadigan ilg'or uskunalarga o'xshash mahalliy uskunalardan bo'ladi.

Takliflar

So'nggi paytlarda mamlakatimizda neft-gaz sanoatining istiqboldagi rivojlanishi: asosan resurs va xomashyo salohiyatidan foydalanish yoki iqtisodiyotning yuqori texnologiyali sektorini rivojlantirish borasidagi munozaralar faollashdi. Bu borada rivojlangan mamlakatlar tajribasiga murojaat qilish maqsadga muvofiqdir. Neft-gaz majmuasi ularning iqtisodiyotida qanday ro'l o'ynashini, uning vazifalari nimadan iboratligini, rivojlanish qanday sodir bo'lishini, davlatning neft-gaz kompleksi bilan o'zaro munosabatini va innovatsion rivojlanishni ta'minlashda qanday vazifalari borligini diqqat bilan o'rganish kerak. G'arb mamlakatlarida uglevodorod resurslarini o'zlashtirish va innovatsion jarayonlarni rivojlantirishda davlat asosiy rol o'ynaydi: soliq, investitsiya, moliya-kredit, ilmiy-texnikaviy va tuzilmaviy siyosat yo'li bilan neft va gaz sanoatining rivojlanishini tartibga soladi. O'zbekiston innovatsion rivojlanish strategiyasining yo'qligi va birinchi navbatda, xom neft eksportiga doimiy e'tibor qaratilayotgani tufayli ulardan sezilarli darajada orqada qolmoqda. Hozirgi

vaqtda neft korxonalarini boshqarish tizimi ilmiy-texnikaviy rivojlanish va ishlab chiqarishni yangilash jarayonlarini faol rag'batlantirilmayapti. Neft sanoatining texnik holati to'g'risidagi yuqoridagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, ishlab chiqarishning ilmiy-texnik rivojlanishi ikkinchi darajali bo'lib qolmoqda. (Uzakov[3])

Vertikal integratsiyalashgan neft kompaniyalarining iqtisodiy faoliyatini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, makro va mikroiqtisodiy manfaatlar o'rtasidagi qarama-qarshilik, ayniqsa, murakkab va qarama-qarshi jarayon bo'lgan ishlab chiqarishning ilmiy-texnik rivojlanishi sohasida sezilarli. Ko'pincha jalb qilingan kapitalning daromadliligi qisqa vaqt ichida sodir bo'lmaydi. Kompaniyalar ko'p hollarda yuqori texnologiyali, qimmat ishlab chiqarishni rivojlantirish variantlaridan qochadi va narxlarni ko'tarishga murojaat qiladi, atrof-muhitni muhofaza qilishga qaratilgan faoliyatni amalga oshirmaydi va qisqa muddatli o'zini oqlash muddati bo'lgan faoliyatni amalga oshirishga tayyor. Samarali tashkiliy-iqtisodiy boshqaruv tizimini shakllantirishda davlatning ro'li juda muhim bo'lib bormoqda. Davlat neft va gaz sanoatining ilmiy-texnik darajasiga ta'sir ko'rsatish va tartibga solish bo'yicha yanada kengroq chora-tadbirlar va usullarni amalga oshirishi kerak. Neft va gaz sanoatini davlat tomonidan tartibga solish shakllari va usullari quyidagilarni qamrab olishi kerak: milliy innovatsion tizimlarni rivojlantirish; litsenziyalashni tartibga solish tizimi; soliq siyosati; ishlab chiqarishni tartibga solish; narxlarni tartibga solish; ilmiy-texnikaviy siyosatni ishlab chiqarishni tartibga solish. Innovatsion siyosatni ishlab chiqarishni davlat tomonidan tartibga solish strategik ahamiyatga ega, shuning uchun mamlakatda innovatsion jarayonlarni tartibga solishning tashkiliy tuzilmasini ko'rib chiqish zarur. Vazirlik va idoralarning innovatsion sohadagi faoliyatini muvofiqlashtiruvchi asosiy organ Hukumat raisi boshchiligidagi Ilmiy-texnika siyosati bo'yicha Hukumat komissiyasi hisoblanadi. Ushbu komissiyaning vazifalari O'zbekiston Respublikasi sub'yektlarining hududiy organlari, O'zbekiston Fanlar akademiyasining faoliyatini muvofiqlashtirish, fan va texnika yutuqlarini isloh qilish yo'llarini belgilash va h.k. O'zbekiston Respublikasi qonun chiqaruvchi organlarining qo'mitalari innovatsion faoliyat sohasida qonun tashabbusi bilan chiqishlari mumkin. Davlat innovatsion siyosatini shakllantirish va tartibga solish uchun mas'ul bo'lgan markaziy ijro etuvchi hokimiyat organi O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi hamda O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi hisoblanadi. Moliya vazirligi innovatsion siyosatni moliyaviy qo'llab-quvvatlaydi. Jihozlarning texnik eskirishi va eskirishining kritik darajasini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Boshqacha aytganda, mavjud ishlab chiqarishning doimiy e'tiborni talab qiladigan o'ziga xos muammolari bor. Shuni ham yodda tutish kerakki, keng ko'lamlilik takror ishlab chiqarish bilan ishlab chiqarish ko'lamining kengayishi kuzatiladi. Shu bilan birga, yangi texnologiyaning ta'siri tufayli xarajatlarning kamayishi kuzatilmaydi. Ekstensiv takror ishlab chiqarishdan farqli o'laroq, kengaytirilgan intensiv takror ishlab chiqarish yangi texnologiya ta'sirida xarajatlarni tejash (kamaytirish) bilan tavsiflanadi.

Shunday qilib, intensiv kengaytirilgan takror ishlab chiqarish ishlab chiqarishning texnik darajasini sifat jihatidan oshirishga mos keladi. Bu kengaytirilgan ko'payishning intensiv turi bilan



bog'liq bo'lgan innovatsion jarayonlarni alohida guruhga ajratish imkonini beradi. Xuddi shunday, ishlab chiqarishning texnik darajasining sifat jihatidan o'sishi bilan bog'liq bo'lmagan boshqa barcha sohalarni aniqlash mumkin. Shunday qilib, joriy ishlab chiqarish va ekstensiv kengaytirilgan takror ishlab chiqarish sanoat siyosatining bir yo'nalishini, intensiv kengaytirilgan takror ishlab chiqarish esa boshqasini tashkil etadi. Ushbu bo'linish sanoat siyosatida ikkita yo'nalishni ajratish imkonini beradi: 1) mavjud ishlab chiqarish va uning keng rivojlanishi sharoitida amalga oshiriladigan va 2) ishlab chiqarishni intensivlashtirish, ya'ni innovatsion sanoat siyosatini amalga oshirish bilan bog'liq. Taklif etilayotgan yondashuv nafaqat innovatsion sanoat siyosatini boshqarish ob'ekti sifatida aniqlash va ajratish, balki boshqaruvning tashkiliy shakllarini shakllantirish bo'yicha qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Ikkinchisi, bir tomondan, ishlab chiqarishning ilmiy-texnikaviy darajasining sifat jihatidan o'sishi bilan bog'liq bo'lgan sanoat siyosatining sohalari bilan, ikkinchi tomondan, mavjud ishlab chiqarish va ishlab chiqarishning ilmiy-texnik rivojlanishining an'anaviy darajasida rivojlanishi mumkin bo'lgan sohalar bilan shug'ullanishi mumkin. Mamlakat neft sanoatida soliqqa tortish tizimi bozor munosabatlariga o'tgandan so'ng doimiy ravishda sezilarli o'zgarishlarga duch keldi. Davlat soliq tizimini isloh qilishi va ijara to'lovlarini yig'ishi kerak, chunki amaldagi soliq tizimi samarasiz. O'zbekistonda so'nggi paytlarda differensial ijara haqini olib qo'yish masalasi juda dolzarb bo'lib qoldi. Ijara to'lovlarini undirish tizimining yo'qligi neft kompaniyalari tomonidan ishlab chiqarishni jadal rivojlantirish uchun mablag' sarflashga intilmayotgan ortiqcha foydaning to'planishiga yordam beradi, bu esa innovatsion siyosatga salbiy ta'sir ko'rsatadi, ishlab chiqarish rivojlanishini sekinlashtiradi va chet elga kapital eksportini rag'batlantiradi. Neft sanoati korxonalarida boshqaruv tizimini tubdan takomillashtirish, birinchi navbatda, innovatsion rivojlanishni strategik rejalashtirish jarayonini rivojlantirish zarur. Ishlab chiqarishning ilmiy-texnik darajasini oshirish bo'yicha kontseptual ko'rsatmalar mavjud emas. Bunday hujjatlar nafaqat kompaniya darajasida, balki butun neft va gaz sanoati darajasida ham mavjud emas. Neft-gaz kompleksini innovatsion rivojlantirish strategiyasi mamlakatni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish strategiyasining bir qismi sifatida ishlab chiqilishi kerak. Ishlab chiqarishning faoliyat yuritishi va rivojlanishi tizimi innovatsion siyosat asosida qurilishi kerak. (Uzakov[3])

Bizning fikrimizcha, innovatsion siyosat quyidagi asosiy yo'nalishlarni o'z ichiga olishi kerak:

- Birinchidan, davlat darajasidagi maqsadli sozlashlarga asoslanishi kerak bo'lgan ijtimoiy-iqtisodiy yo'nalishlarni belgilash;
- Ikkinchidan, Neft korxonalarini rivojlanishining prognoz parametrlarini aniqlash;
- Uchinchidan, Neft korxonalarini faoliyatining barcha sohalarida innovatsion rivojlanishining aniq parametrlarini belgilash;
- To'rtinchidan, Neft korxonalarini rivojlantirishni moliyaviy qo'llab-quvvatlash manbalarini aniqlash;

- Beshinchidan, innovatsion siyosatni amalga oshirish mexanizmlarini ishlab chiqish.

Boshqaruv tizimida neft konlarini innovatsion faoliyatini strategik boshqarish organini yaratish zarur, bu esa mamlakat milliy iqtisodiyotining o'sishi uchun resurs salohiyatidan maksimal darajada samarali foydalanish va mahsulot tannarxini pasaytirish imkonini beradi. Ushbu bo'lim innovatsion jarayonlarga alohida e'tibor qaratilishi bilan ishlab chiqarishni rivojlantirishni joriy rejalashtirish bo'limidan sifat jihatidan farq qilishi kerak. Mamlakatda innovatsion siyosatni boshqarishning mustaqil tashkiliy shakllarini ham yaratish zarur. Innovatsion faoliyatni strategik rejalashtirish organining asosiy maqsad va vazifalari quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

- Strategik maqsadlar va rivojlanish rejalarini ishlab chiqish;
- Iste'molchilarning ustuvorliklarini aniqlash;
- Yangi mahsulotlarni yaratish, joriy etish va bozorga chiqarish;
- Bozor sharoitiga qarab talab qilinadigan ishlab chiqarish hajmini aniqlash;
- Moliyaviy resurslarning ijobiy hajmini aniqlash va ulardan belgilangan vazifaga erishish uchun foydalanish;
- Raqobatbardosh mahsulotlar yaratish va texnologiyani takomillashtirish maqsadida ilmiy-texnikaviy siyosatni ishlab chiqish, amalga oshirish va amalga oshirish;
- Mehnat resurslarini takror ishlab chiqarishning zarur darajasini ta'minlash;
- Ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun zaxiralarni aniqlash;
- Moddiy, mehnat va moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini doimiy oshirish talablari bilan bir qatorda boshqaruv tizimini takomillashtirish;
- Korxonada faoliyatining ekologik xavfsizligi;
- Kompaniyalarda ilmiy-tadqiqot ishlarini kengaytirish va chuqurlashtirish;
- Kompaniyaning integratsiya faoliyatini kuchaytirish;
- Yanada zamonaviy texnologiyalarni joriy etish;
- Korporativ rivojlanish omillarini aniqlash (ekstensiv, intensiv, narxning oshishi);
- Turli darajadagi yangi texnologiyalarni joriy etish hisobiga xarajatlarni minimallashtirish;
- Moliyaviy va moddiy resurslardan samarali foydalanish;
- Samaradorlik mezonlariga javob bermaydigan aktivlarni chiqarish;
- Moliyaviy va ishlab chiqarishni rejalashtirish samaradorligini oshirish;
- Moliyaviy resurslarni birlashtirish, optimallashtirish.



Maqolada strategik rejalashtirish funksiyalarini ishlab chiqarishni ekstensiv yoki intensiv rivojlantirishga yo'naltirilganligiga qarab farqlash zarurligi ta'kidlangan. Birinchisi hamma narsani o'z ichiga oladi, foyda keltiradigan narsa, ikkinchisi - innovatsion rivojlanishga asoslangan ilmiy-texnik darajani sifat jihatidan oshirish. Neft sektori uchun soliqqa tortish tizimi hozirgi vaqtda ishlab chiqarishning ilmiy-texnik darajasining o'sishiga va kompaniyalarning investitsiya resurslarining ko'payishiga yordam bermaydi, agar neft narxi tushib qolsa, kompaniyalar va umuman sanoat rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Agar biz innovatsion jarayonlarni amalga oshirish va ijara daromadidan foyda o'sishi nisbatini oladigan bo'lsak, vertikal integratsiyalashgan neft kompaniyalarining yangi texnologiyaga salbiy munosabatining haqiqiy manzarasini ko'ramiz. Ijara daromadlari sanoatning innovatsion rivojlanishidan olinadigan qo'shimcha daromadlardan bir necha baravar yuqori. Bundan tashqari, neft qazib olishning innovatsion jarayonlariga qo'shimcha investitsiyalar uchun uzoq muddatli to'lovlarni ta'kidlash kerak. Ular xarajatlarni kamaytirish imkoniyatlarining cheklanganligi va kapital xarajatlarning katta hajmlari bilan bog'liq. Bunday xarajat va foyda nisbati bilan neft kompaniyalari yuqori narxlarga, xom neft uchun eksport siyosatiga va sanoatni rivojlantirishning keng usullariga intilishlari ajablanarli emas. Hozirgi vaqtda neft kompaniyalaridan ortiqcha daromadlarni undirishning samarali tizimi mavjud emas, chunki neft solig'i neft konlarida turli ishlab chiqarish sharoitlarida differentsial rentani hisobga olish mexanizmini ta'minlamaydi. O'zbekistonda soliq yukining asosiy ulushi 3 turdagi soliqlarga to'g'ri keladi: foydali qazilmalarni qazib olish solig'i, neftga eksport bojxona to'lovlari va daromad solig'i. Ularning neft kompaniyalari tomonidan to'langan soliqlarning umumiy miqdoridagi umumiy ulushi 2023 yilda taxminan 65-70 foizni tashkil etdi.

Tadqiqot davomida foydali qazilmalarni qazib olish solig'ini joriy etishning salbiy natijalarini aniqlash mumkin edi, ularning asosiylari quyida keltirilgan.

1. Yirik depozitlarda ortiqcha foydaning katta hajmlari soliqqa tortilmasdan qoladi.

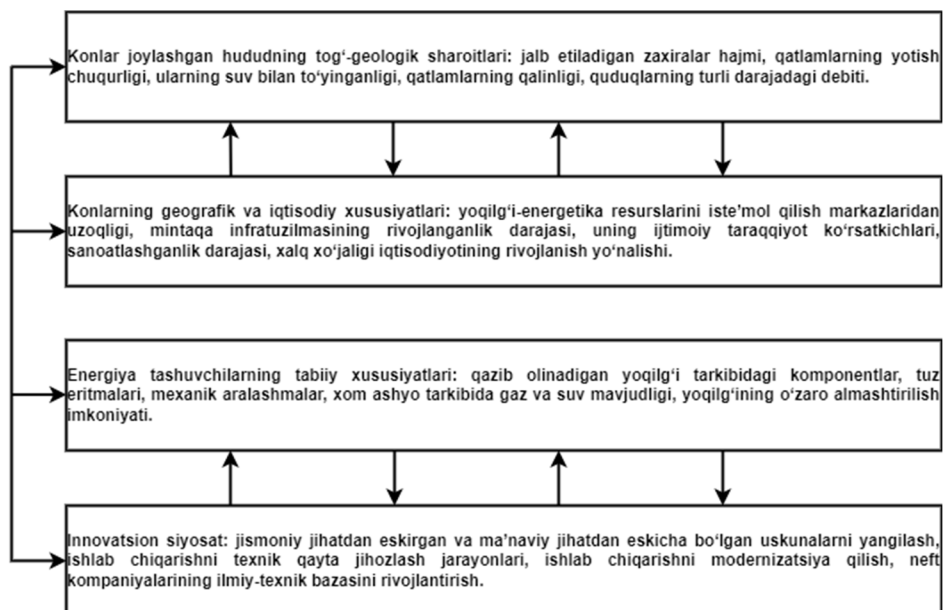
2. Soliq solinadigan foydaning salmoqli qismini past rentabelli sohalar tashkil qiladi. Ko'pincha, foydali qazilmalarni qazib olish solig'ining ta'siri tufayli ular ishlashni to'xtatadilar.

3. Ishlash muddatlari uzoq bo'lgan va neftni olish darajasi past bo'lgan konlar ham o'z faoliyatini to'xtatadi. Ijara daromadi yer osti boyliklari egasi foydasiga qayta taqsimlanishi kerakligi sababli, davlat haqli ravishda neft kompaniyalaridan turli mexanizmlardan foydalangan holda ijara haqini iloji boricha ko'proq olishga intiladi, ya'ni. soliqlar va boshqa majburiy to'lovlarni belgilash orqali.

Biroq bunday intilishlar qazib oluvchi sanoatni rivojlantirish, ayniqsa, ularning investitsion faolligi hisobiga kelib chiqmasligi kerak. Kon qazib olish tarmoqlarida barqaror rentabellik darajasini ta'minlash uchun konlarni o'zlashtirishning vaqt omili katta ahamiyatga ega bo'lgan sharoitlarda davlat konlarni o'zlashtirishning texnologik xususiyatlarini hisobga olishi va tabiiy renta olishning moslashuvchan mexanizmlaridan foydalanishi kerak. Neft qazib olishda soliqlar davlat siyosatining asosiy vositalari bo'lib, ular yer qa'ridan foydalanish samaradorligini, sohaning innovatsion va

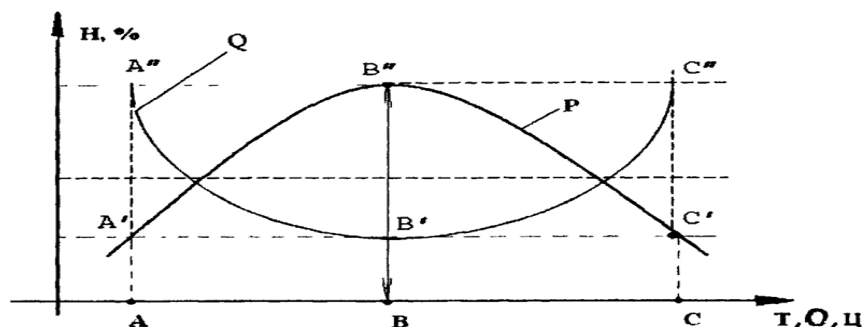
investitsiya salohiyatini oshirishga xizmat qilishi kerak.

Neft sanoatidagi ortiqcha foyda renta xarakteriga ega bo'lib, barcha sohalarda, barcha xilma-xilligida namoyon bo'lganligi sababli, ularni barcha kompaniyalar uchun yagona soliq stavkasidan foydalangan holda olish qo'pol xato bo'lib tuyuladi. Ijara xarakteridagi ortiqcha daromadga soliq stavkasini farqlash kerak. Ushbu xulosa neft qazib olish va neftni qayta ishlash sanoati faoliyat yuritadigan va rivojlanayotgan turli xil sharoitlarni tahlil qilishdan kelib chiqadi (1 va 2-rasmlarga qarang). (Uzakov[6])



1-rasm. Konlarning renta ortiqcha daromadlariga soliq stavkalarini tabaqalashtirish sabablarining o'zaro bog'liqligi.

Soliq stavkalarini differentsiallashtirish jarayonida kengaytirilgan takror ishlab chiqarish turiga ekstensiv yoki intensivligiga qarab stavkalar hajmini aniqlash katta ahamiyatga ega. Soliq siyosati ishlab chiqarishning innovatsion rivojlanishini rag'batlantirishi va ishlab chiqarishning ilmiy-texnik darajasini oshirishi kerak. Neft korxonalarida ishlab chiqarish apparatining, ayniqsa, jismoniy eskirish 80% ga yetadigan neftni qayta ishlash zavodlarining hozirgi holatini hisobga olgan holda, zavodlar, agar ular ishlab chiqarishni rivojlantirish natijasi bo'lsa, foyda solig'idan ozod qilinishi kerak. Ushbu qaror muvozanatli yondashuvni talab qiladi. Agar davlat korxonalarini daromad solig'idan ozod qilsa, u holda bu moliyaviy resurslardan foydalanish sifatini, shu jumladan musodara qilishgacha bo'lgan nazoratni amalga oshirishi shart. Sanoatning ishlab chiqarish apparati tez orada milliy miqyosdagi qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin bo'lgan paytda neft kompaniyalarining ortiqcha daromadlarini shubhali xarajatlarga ishlatishni to'g'ri deb bo'lmaydi.



2-rasm. Konlardan qazib olish hajmlari va quduqlarning debetiga qarab imtiyozli soliq stavkalarining shakllanishi.

2-rasmda imtiyozli soliq stavkalarining shakllanishi aks ettirilgan. R - Ordinatalar o'qida qazib olish hajmi dinamikasi, Q - debet, N soliq stavkasi, G - absissalar o'qida, O - konining ishlash davomiyligi, natural ifodadagi mahsulot, sotilgan mahsulot narxi aks ettiriladi. R - egri chizig'i A - nuqtadan C - nuqttagacha konni qazib olishning boshlanishi va oxirigacha bo'lgan uglevodorodlarni qazib olish hajmi jarayonini tavsiflaydi. B - nuqta maksimal qazib olish hajmiga to'g'ri keladi. Diagramma shuni ko'rsatadiki, qazib olishning boshlang'ich va yakuniy bosqichlari soliqlar bo'yicha alohida yondashuvni talab qiladi. Q - egri chizig'i quduqlar debitining dinamikasini tavsiflaydi, bu ham imtiyozli shartlarni talab qiladi. Biroq, B - nuqtadan C - nuqttagacha debetning o'sishi innovatsion omillar ta'sirining natijasidir. Masalan, gorizontal va gorizontal-tarmoqlangan quduqlar yordamida konlarni ishlatish texnologiyasi joriy debitlarni bir necha barobar oshiradi.

Innovatsion omillardan foydalanish, muallifning fikriga ko'ra, Soliq kodeksidagi soliq yukini engillashtirishi yoki olib tashlashi kerak. Bizning fikrimizcha, ijara to'lovidan ortiqcha daromadlarni davlat va soliq to'lovchi o'rtasida taqsimlash muhim masaladir. Ushbu muammoning universal echimi NC ga intensiv kengaytirilgan ko'paytirishni amalga oshirish imkonini beradi. G'arb rivojlangan mamlakatlar tajribasi shuni ko'rsatadiki, ortiqcha foydaning 20-30% MKI'larga samarali innovatsion siyosatni amalga oshirish imkonini beradi. Bu tub chora-tadbirlarni xo'jalik amaliyotiga joriy etish juda ehtiyotkorlik bilan amalga oshirilishi kerak. Har doim esda tutish kerakki, NTCning respublika byudjetdagi ulushi 10-12%, eksportda - 45%, valyuta tushumlari miqdorida - 45%. Shu sababli, NGK boshqaruv tizimining sifat parametrlarini o'zgartirishda katta e'tibor talab etiladi. Samarali innovatsion siyosatni amalga oshirish uchun soliq imtiyozlari tizimini joriy etish taklif etilayotgan chora-tadbirlarni amalga oshirish uchun zaxira bo'lishi mumkin. Imtiyozli soliqqa tortish soliq solinadigan bazani kamaytirish yoki soliq stavkalarini pasaytirish yoki soliq to'lovlari miqdorini kamaytirish orqali amalga oshirilishi mumkin. Asosiysi, ishlab chiqarishni texnik yangilashning har qanday turini emas, balki mahsulot birligi tannarxini pasaytiradigan va kapital xarajatlar o'rtacha foyda darajasiga mos keladigan narsalarni rag'batlantirishdir. Shuni yodda tutish kerakki, taklif etilayotgan radikal chora-tadbirlar soliq organlaridan ortiqcha foydani musodara qilmasdan turib kutilgan natijani bera olmaydi. Shuning uchun bu choralar bir vaqtning o'zida va kechiktirmasdan

amalga oshirilishi kerak.

Xulosa

Mamlakat neft sanoatining G'arb texnologiyalariga qaramligini kamaytirish uchun davlat va biznes tomonidan mahalliy mashinasozlikni rivojlantirish bo'yicha strategik dastur ishlab chiqish zarur. Har bir neft korxonalari ishlab chiqarish faoliyatining asosiy turlarini (mijozlarning funksiyalari) o'zining ilmiy-texnik ta'minotiga ega bo'lishi kerak. Texnik jihatdan qayta jihozlash va rekonstruksiya qilish sanoatni rivojlantirishning eng muhim yo'nalishlari bo'lishi kerak. Bu ishlab chiqarish tuzilmasini sezilarli darajada yaxshilaydi, mahsulot hajmining jadal o'sishini ta'minlaydi. Bizning fikrimizcha, Neft korxonalari boshqaruv tizimida innovatsion rivojlanish muammolarini aniqlash va ularni ixtisoslashtirilgan tashkilotga buyurtma berish orqali hal qilishga qaratilgan innovatsion rivojlanish bo'limi ajratish kerak - yanada ilg'or texnologiyalarni joriy etish orqali qazib olish, qayta ishlash, tashish xarajatlarini kamaytirish. Innovatsion rivojlanish bo'limining vazifalari quyidagilardan iborat bo'lishi kerak: ishlab chiqarishning texnik darajasini oshirish; rentabellik, aktivlar rentabelligi va mehnat unumdorligi darajasini oshirish; kapital qo'yilmalar samaradorligini oshirish; xarajatlarni kamaytirish; asbob-uskunalar sifatini va uning ishlash ishonchliligini oshirish; atrof-muhit muhofazasini yaxshilash va uning ifloslanishining oldini olish; ilg'or texnologiyalarni doimiy ravishda izlash maqsadida ilmiy tadqiqotlar hajmini oshirish; innovatsion rivojlanishni boshqarishning texnik vositalari va tashkiliy shakllarini takomillashtirish.



Adabiyotlar

1. Neft va gaz korxonalarini innovatsion rivojlantirish” xorijiy mamlakatlar tajribasi. Ma’ruza tezisi // “Korxonalarni strategik rejalashtirish va rivojlantirish” Oltinchi Butunrossiya simpoziumi, 2005 yil 12-13 aprel. 3-bo’lim “Rossiya va xorijiy korxonalarda strategik rejalashtirish tajribasi”. - M.: 01.05 .
2. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Neft qayta ishlash jarayonini matematik modellashtirish va avtomatlashtirish haqida. // Polsha.2024. No. jild. 48 (2024): Miasto Przyszłości 213-216-betlar.
3. Uzakov B.M, Xoshimov B.M, O‘zbekiston neft-gaz tomonidan ishlab chiqarishni moliyalashtirish bo‘yicha xorijni o‘rganish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filiali “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Tom: 1 | O‘g‘il: 1 |10-19 betlar| 2024 yil.
4. Uzoqov B.M. Xoshimov B.M. Distillash ustunining sifat ko‘rsatkichlarining virtual analizatorlari modellarini aniqlash usullarini o‘rganish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filialining “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jild: 1 | Nashr: 1 |2024 yil.
5. Uzoqov B.M. Texnologik jarayonlarni operativ boshqarish modellarini texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha moslashtirish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filialining “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jil: 1 | Muammo: 2 | 2023 yil
6. Yoqubov M.S., Uzoqov B.M., Mahsulot sifati ko‘rsatkichlari bo‘yicha tezkor boshqaruv ostida neftni qayta ishlash jarayonlarini modellashtirish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filialining “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali. ISSN 2181 -4252 jild: 1 |Iss: 1 | 2023 yil.
7. Uzoqov B.M Neftni qayta ishlash korxonalarining boshqaruv tizimini takomillashtirish faoliyati // Yevropa iqtisodiyot, moliya va biznesni rivojlantirish jurnali ISSN (E): 2938-3633 2-jild, 5-son, may - 2024 yil
8. M. Yoqubov , B.M. Uzoqov Modellashtirish jarayonlar neftni qayta ishlash da operativ boshqaruv tomonidan ko‘rsatkichlar sifat mahsulotlar // Ilmiy- texnik jurnal (STJ FerPI, FarPI ITZH , NTZH FerPI , 2023 yil, T.27 . maxsus soni 2) (40-46 betlar)
9. Uzakov B.M Neft maxsulotlarini ekstraksiyalash jarayonlarini modellashtirish va boshqarish usullarini tahlili./ materiallar. Farg‘ona 4-5-may 2023 yil. (459-462 betlar)
10. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi uchun avtomatlashtirilgan matematik modeli va algoritmlash jadvalini hisoblash vazifalari// Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filiali “Al-Farg‘ona filiali. avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Jild: 1 | O‘g‘li: 2 | 2024 yil
11. Uzakov B.M. Neftni qayta ishlash jarayonini boshqarish IS tuzatish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filiali “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali SN 2181-4252 Tom: 1 | O‘g‘li: 2 | 2024 yil
12. Uzakov BM Neft ishlab chiqarishni ekstraksiyalash jarayoni modellashtirish va boshqarish usullarini tahlili // Muhammad Al-xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari Universiteti Farg‘ona filiali Aniq va tabiiy fanlarni rivojlantirishda rejalashtirish texnologiya Ularning o‘rni: muammolar va innovatsion yechimlar mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami 3-qism (556-558 betlar)



Authors

Khidirova Charos

Department of Computer Systems, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Uzbekistan;

khidirova@tuit.uz

Abdullakhujaev Saidislombek

Department of Computer Systems, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Uzbekistan;

saidislomabdullakhodjaev@gmail.com

Correspondence: khidirova@tuit.uz



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA MINING METHODS FOR EARLY DETECTION OF ONCOLOGICAL DISEASES

Abstract: This paper presents a comprehensive review and comparative analysis of modern machine learning algorithms and intuitionistic fuzzy set methods applied to the early diagnosis and risk prediction of oncological diseases, with a particular focus on cervical cancer. The study evaluates classical and ensemble models, including Random Forest, XGBoost, AdaBoost, SVM, Decision Trees, and deep learning architectures, analyzing their accuracy, interpretability, and clinical applicability. Special emphasis is placed on the application of IFS theory, utilizing Euclidean and Hamming distances, as a robust tool for medical diagnosis. Experimental findings from over 60 sources demonstrate that ensemble methods (Random Forest, AdaBoost) and hybrid approaches (CatBoost, Majority Voting) achieve the highest predictive accuracy, with Random Forest reaching 100% in cervical cancer classification tasks. The stability and reproducibility of the IFS-based diagnosis method are also highlighted, confirming its potential for integration into intelligent clinical decision support systems. This study lays the foundation for developing personalized medical solutions based on machine learning and fuzzy logic techniques.

Keywords: machine learning, data mining, disease prediction, early cancer detection, Random Forest, ensemble methods, intuitionistic fuzzy sets, Euclidean distance, Hamming distance, cervical cancer, intelligent medical systems.

Introduction

The early detection of oncological diseases remains one of the most critical challenges in modern healthcare. Timely identification of cancer significantly increases survival rates, reduces treatment costs, and enhances the quality of life for patients. In this context, the integration of artificial intelligence, particularly machine learning and data mining methods, has opened new avenues for improving diagnostic accuracy and clinical decision-making.

With the exponential growth of medical data – from electronic health records and imaging to genomic and laboratory results – there is a growing need for intelligent systems capable of extracting meaningful patterns and predictive features. Data mining algorithms, encompassing classical statistical models, supervised and unsupervised machine learning techniques [17-19], as well as ensemble and deep learning architectures, have demonstrated remarkable performance in diagnosing complex diseases such as cervical, breast, lung, and skin cancers.

Recent studies have highlighted the potential of ensemble methods like Random Forest, XGBoost, and AdaBoost to achieve high diagnostic precision. At the same time, interpretable models such as Decision Trees and Support Vector Machines offer transparency essential for clinical adoption. Furthermore, the use of fuzzy logic, particularly Intuitionistic Fuzzy Sets (IFS), has proven effective in handling uncertainty and imprecision inherent in medical data, thereby enhancing the robustness and generalizability of diagnostic models.

This paper aims to present a comprehensive comparative analysis of modern data mining techniques for the early detection of oncological diseases. It synthesizes findings from over sixty scientific sources, evaluates model performance across multiple clinical tasks, and highlights the role of IFS-based approaches in medical diagnostics. The insights obtained contribute to the design of intelligent decision support systems that support personalized and evidence-based medicine.

Comparative Study of Data Mining Approaches for Oncological Diagnostics

The rapid development of machine learning and data mining technologies has significantly expanded their applications in the field of medical diagnostics, particularly in oncology. In this study, a detailed comparative analysis of various machine learning algorithms was conducted with the aim of identifying the most effective methods for the early detection of oncological diseases.

The evaluation included classical algorithms such as Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), and Logistic Regression (LR), as well as advanced ensemble methods like Random Forest (RF), XGBoost, AdaBoost, and CatBoost. Deep learning architectures, including Convolutional Neural Networks (CNN) and Multilayer Perceptrons (MLP), were also considered. Furthermore, the study examined hybrid approaches and the application of Intuitionistic Fuzzy Sets (IFS) for diagnostic purposes.

The performance of these algorithms was assessed based on various clinical datasets covering diseases such as cervical cancer, lung cancer, melanoma, cardiovascular diseases, and diabetes-related oncological risks. Special attention was given to metrics such as accuracy, Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC-ROC), interpretability, robustness to missing data, and clinical applicability.

In this section, recent scientific works are reviewed that illustrate the application of these machine learning and data mining methods in practical healthcare tasks. Key findings, strengths, and limitations of each method are discussed, with a particular focus on their potential for integration into intelligent decision support systems for personalized medicine.

In the study Nafiseh Ghaffar Nia and his colleagues [1], discuss the application of artificial intelligence methods for disease diagnosis and prediction using machine learning and deep learning algorithms. The following methods are analyzed: Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), K-Nearest Neighbors (KNN), Decision Tree (DT), Deep Belief Network (DBN), Long Short-Term Memory (LSTM), and Convolutional Neural Network (CNN). The CNN algorithm achieved an accuracy of 98.91% for COVID-19 and 99.51% for breast cancer. The SVM method demonstrated up to 99.51% accuracy, Random Forest achieved up to 95.58%, K-Nearest Neighbors reached 96.33%, and Decision Tree achieved 93.62%. CNN and SVM algorithms showed the best performance in the tasks of diagnosing oncological and viral diseases. A schematic representation of the main directions of machine learning (ML) is provided: models are divided into three large categories — supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning — each including a number of widely used algorithms (e.g., Support Vector Machine (SVM), K-means clustering, and others).

In the research Kamrul Hasan and his colleagues [2], address the problem of early detection of cardiovascular diseases using machine learning methods with a focus on hyperparameter optimization. The Cleveland dataset (303 records) and the extended Comprehensive dataset (1025 records) were utilized. The following algorithms were applied: Logistic Regression, K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), Random Forest (RF), and XGBoost. Hyperparameter tuning was performed using GridSearchCV. The Support Vector Machine (SVM) achieved an accuracy of up to 88%, the Decision Tree (DT) reached 78%, and both XGBoost and Random Forest achieved up to 99% accuracy on the larger dataset. The most effective methods were ensemble techniques — XGBoost and Random Forest.

In the study Tewodros Mulugeta and colleagues [3], analyze the impact of hyperparameter tuning on the accuracy of cardiovascular disease prediction using the GridSearchCV method. The following algorithms were tested: Logistic Regression, K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), Random Forest (RF), and XGBoost, using the Cleveland dataset (303 records) and a combined dataset (1025 records). The Support Vector Machine (SVM) achieved an accuracy of 87.91% on the smaller dataset, while XGBoost reached 99.03% on the larger



dataset. The Decision Tree (DT) and Random Forest (RF) showed up to 98.05% accuracy. Logistic Regression and K-Nearest Neighbors (KNN) achieved approximately 82%. XGBoost demonstrated the best performance when working with extended datasets.

In the study Fangxuan Li and others [4], describe a predictive model for gastroparesis following complete mesocolic excision for colorectal cancer based on clinical and surgical data from 1146 patients. Four algorithms were tested: XGBoost, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and K-Nearest Neighbors (KNN). The evaluation was conducted using k-fold cross-validation, ROC and DCA curves, while interpretability was achieved through SHAP analysis. The XGBoost model demonstrated high accuracy and stability during both internal and external validation. Among all algorithms, XGBoost showed the best results in predicting gastroparesis (Figure 1).

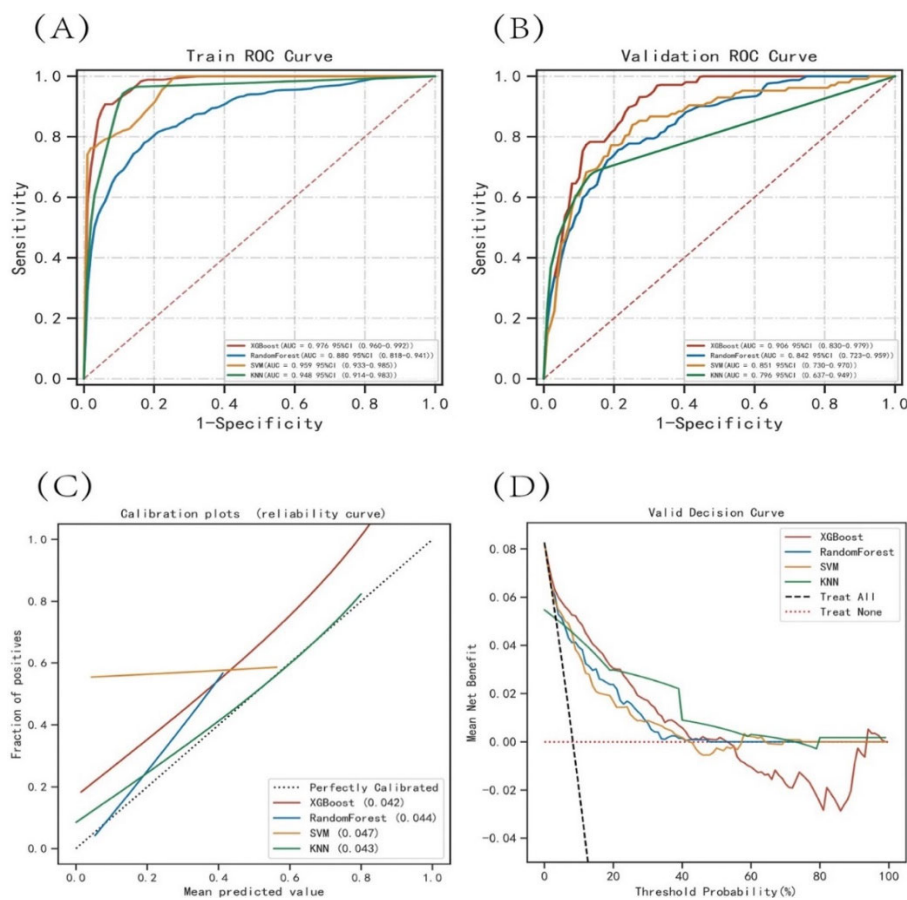


Figure 1. ROC, calibration, and DCA curves for evaluating gastroparesis prediction models.[4]

Figure 2 illustrates the internal and external validation of the XGBoost model, including a comparison of ROC curves for the training, validation, and test datasets, which enabled an assessment of the model's stability and generalization ability when applied to different samples.

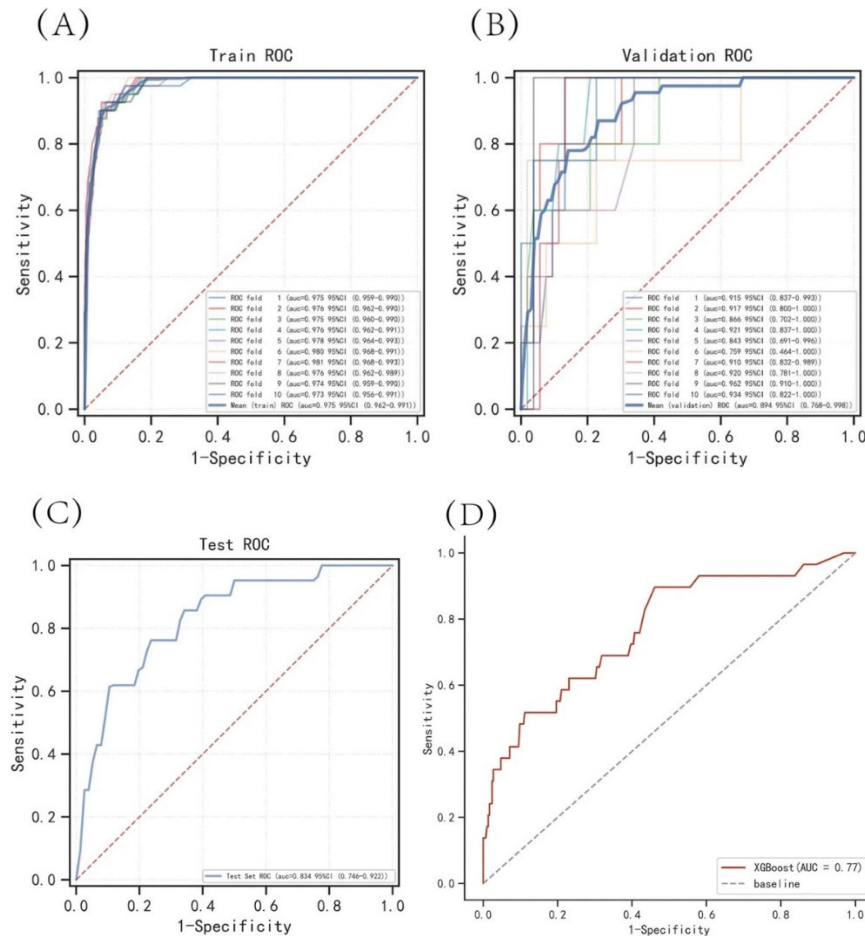


Figure 2. ROC curves of the XGBoost model for training, validation, test sets, and external validation.[4]

In the article Jiwon Baek and colleagues [5], present a deep learning model for predicting fellow eye neovascularization in patients with unilateral type 3 macular neovascularization. The study used data from 217 patients, including fundus photographs and OCT images of the fellow eye, processed using the VGG architecture, data augmentation, and transfer learning techniques. The model achieved an AUC of 67.5% and an accuracy of 66.7%, comparable to the performance of experienced ophthalmologists. The deep neural network model delivered the best results, although its accuracy was limited by the complexity of the task and the relatively small dataset.

In the scientific work Ying Wang and colleagues [6], present a diagnostic model for active tuberculosis based on plasma immune profiling using 92 biomarkers. The following algorithms were applied: Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), Naïve Bayes, Logistic Regression, Linear Discriminant Analysis (LDA), K-Nearest Neighbors (KNN), and Neural Network. The data were collected from 222 patients with various clinical conditions. The Support Vector Machine (SVM) model achieved an AUROC between 0.89 and 0.99 for diagnosing active tuberculosis, exceeding 0.95 in severe cases, and greater than 0.8 in outcome prediction. Among all tested methods, SVM demonstrated the highest accuracy and stability in both prognosis and diagnosis.

In the study Jun Chen and colleagues [7], investigate the differentiation of lymphoma and benign lymph node lesions in cases of fever of unknown origin (FUO) using radiomics based on 18F-FDG PET/CT imaging. The models were built using Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), and K-Nearest Neighbors (KNN), with feature selection performed via the LASSO method. Training was conducted on data from 143 patients, with testing on a separate cohort of 61 patients. The Random Forest (RF) algorithm demonstrated the best performance, achieving an accuracy of 97.9% and an AUC of 0.998 during training, and an accuracy of 83.9% with an AUC of 0.915 during testing. Other models also showed good performance, but Random Forest proved to be the most accurate tool for lymphoma diagnosis based on radiomic data. In figure 3 (a) and (b) present the ROC curves of four models on the training and test datasets, respectively (Figure 3).

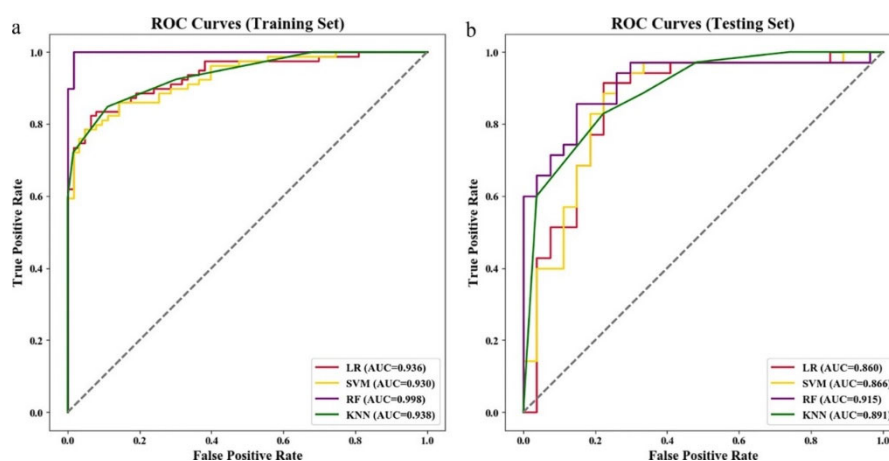


Figure 3. ROC curves of four models.[7]

In the research work Benjamin M. Schmidt and others [8], present machine learning models for the early prediction of cervical cancer based on electronic health records (EHR) from a Swedish clinical database. The study analyzed data from 1321 patients and 16,212 control records, encompassing diagnoses, prescriptions, procedures, laboratory results, and clinical text entities extracted using Long Short-Term Memory (LSTM) networks and Named Entity Recognition (NER). A hierarchical feature structure was employed to enhance model performance. Among the tested models, Random Forest achieved the best outcomes: an AUC of 0.97 one day before diagnosis and 0.70 one year before diagnosis, with an accuracy of up to 0.92 and a specificity exceeding 97%. The Random Forest model demonstrated excellent accuracy and interpretability, particularly when working with textual data and hierarchical feature representations (Figure 4).

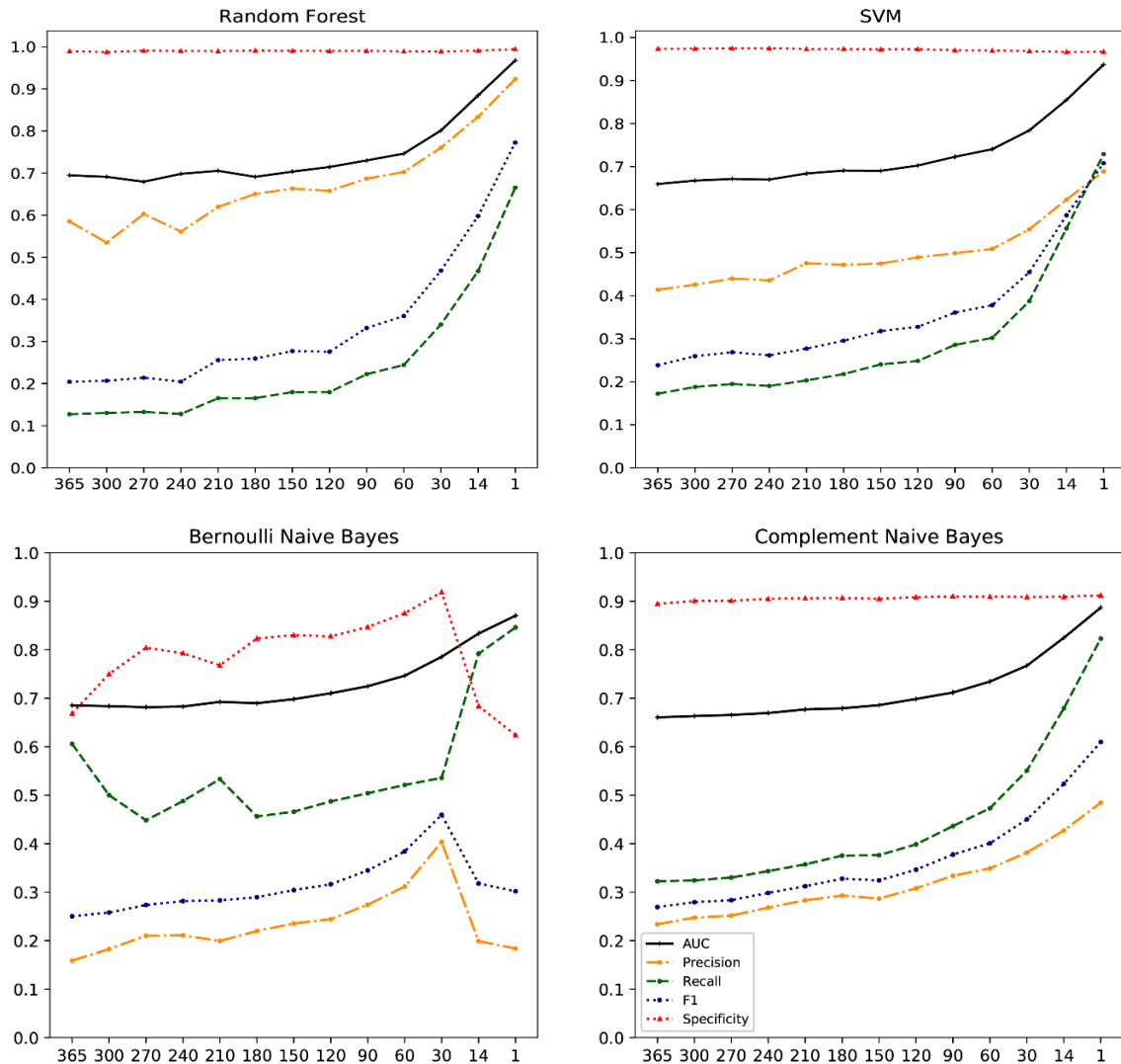


Figure 4. Comparison of AUC and misclassification rates between the old integer score system, the new multivariate logistic regression model, and the new integer score system.[8]

In the paper H. Chen and other researchers from Harvard Medical School [9], present the CHIEF artificial intelligence model for the diagnosis, prognosis, and identification of molecular characteristics of oncological diseases based on histopathological images. The model was trained on more than 15 million images and tested on 32 independent datasets from 24 clinics. CHIEF achieved an accuracy of 96% in analyzing biopsy samples and 94% in surgical samples, showing an improvement in accuracy by 8–10% compared to existing solutions and demonstrating high efficiency in detecting BRAF, NTRK1, and EZH2 mutations. The CHIEF model exhibited excellent accuracy and significant potential for application in personalized oncology.

In the research work Giuseppe Mercante and colleagues [10], explore the application of machine learning methods to improve the performance of ultrasound (US) imaging in head and neck oncology. The review includes an analysis of modern models such as Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Convolutional Neural Network (CNN), and Neural Networks, used for automatic classification of benign and malignant lesions, tumor segmentation,



and sonographic data interpretation. The studies reviewed demonstrate that the use of machine learning models enables classification accuracies of up to 94–96% in diagnosing thyroid, salivary gland, and lymph node cancers. Ensemble methods and deep learning approaches, particularly CNNs, are recognized as the most promising, especially when working with large datasets and pre-annotated samples. Thus, machine learning significantly enhances the diagnostic value of ultrasound imaging in head and neck oncology, especially through the application of deep neural networks (Figure 5).

In the article Meenu Gupta and colleagues [11], present a cervical cancer prediction model based on the open UCI dataset, comprising 858 records and 32 risk features. The tested algorithms included Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Adaptive Boosting (AdaBoost), Support Vector Machine (SVM), Logistic Regression (LR), and K-Nearest Neighbors (KNN). Ensemble methods — Random Forest, Decision Tree, and Adaptive Boosting — achieved 100% accuracy. The Support Vector Machine reached 99%, Logistic Regression 98%, and K-Nearest Neighbors 95%, although the latter demonstrated low recall (31%). Ensemble algorithms exhibited the best results and highest reliability in early diagnosis tasks.

The most commonly employed ML technique for classification was support vector machine (SVM) followed by multivariate logistic regression and k-nearest neighbor (kNN).

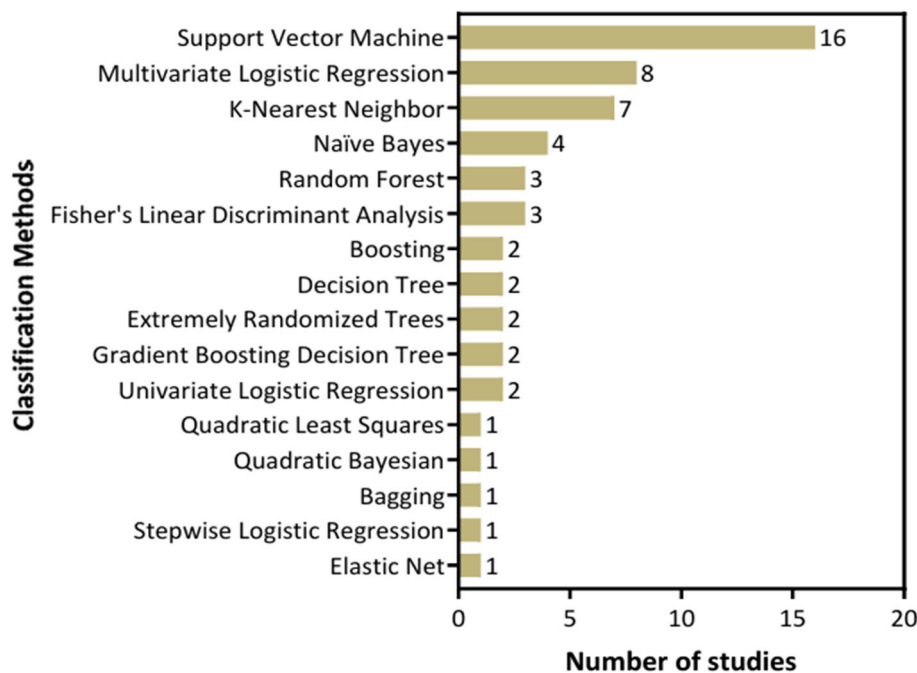


Figure 5. Machine learning methods in ultrasound radiomics for head and neck oncology.[9]

In the study by Xue Li et al. [12], lung cancer risk prediction varied by histological subtype. For adenocarcinoma (ADC), the XGBoost algorithm with SNP data achieved an AUC of 0.699 (95% CI: 0.666–0.733), significantly outperforming the baseline logistic regression model (AUC = 0.639, p = 0.009). This supports the idea that genetic markers like CHRNA3 rs4236926 improve ADC prediction when used with machine learning.

For squamous cell carcinoma (SCC), the highest AUC (0.833) came from a logistic regression model using epidemiological data and SNPs ($p = 0.491$ vs. baseline AUC = 0.818). This suggests that in SCC, where factors like smoking and age dominate, traditional models remain more effective than complex ML algorithms.

Table 1. Lung cancer risk prediction (ADC and SCC).[12]

Model	Method	AUC	AUC 95% CI	Sensitivity	Specificity	p
ADC - Adenocarcinoma						
Epidemiology-only model	LR	0.639	0.606– 0.669	0.632	0.596	Ref
	XGBoost	0.683	0.652– 0.714	0.638	0.666	< 0.001
Full model	LR	0.666	0.633– 0.698	0.551	0.695	0.255
	XGBoost	0.699	0.666– 0.733	0.739	0.567	0.009
SCC - Squamous Cell Carcinoma						
Epidemiology-only model	LR	0.818	0.786– 0.847	0.786	0.737	Ref
	XGBoost	0.814	0.785– 0.842	0.754	0.788	0.848
Full model	LR	0.833	0.805– 0.859	0.745	0.805	0.491
	XGBoost	0.816	0.782– 0.847	0.762	0.745	0.893

In the study G. Saravanan, and colleagues [13], propose a hybrid approach for diagnosing skin melanoma using dermatoscopic images and machine learning algorithms. The tested methods included K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM), Convolutional Neural Network (CNN), Naive Bayes, and the ensemble method Majority Voting. The highest accuracy (99.23%) was achieved by the Majority Voting ensemble model. Among individual algorithms, Naive Bayes (98.21%) and Support Vector Machine (97.93%) demonstrated the best results, while the Convolutional Neural Network (97.88%) showed stable efficiency even with a limited dataset. The ensemble Majority Voting method exhibited excellent performance and high potential for clinical application.

In the study Qian Qiu and colleagues [14], present a cancer risk prediction model for patients with type 2 diabetes based on 107 clinical and laboratory indicators selected from 1381 features. Sixteen algorithms were tested, including Logistic Regression (LR), Support Vector Machine (SVM), Naïve Bayes, K-Nearest Neighbors (KNN), Adaptive Boosting (AdaBoost), Random Forest (RF),

XGBoost, LightGBM, and CatBoost. The best performance was demonstrated by CatBoost, achieving an AUC of 85.2% and an accuracy of 79.6%. LightGBM and Random Forest also performed strongly, with AUC values of 83.6% and 83.3%, respectively. CatBoost delivered the highest balanced efficiency, making it the preferred method for cancer risk prediction based on routine medical tests (Figure 6).

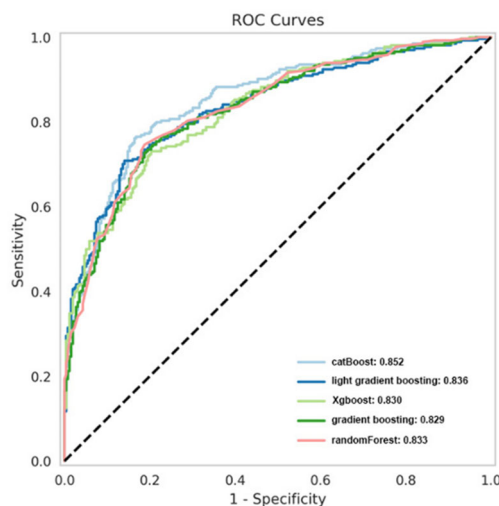


Figure 6. ROC curves of the top five classifiers.[14]

In the scientific work Tingting Wu and colleagues [15], develop a predictive model for postoperative survival in patients with gastric cancer based on SEER data (11,414 records) and external validation on a Chinese cohort (2846 patients). The study compares deep learning (DL), multitask logistic regression (MTLR), Random Survival Forest (RSF), and the clinical TNM staging system. The deep learning model achieved the highest AUC values: up to 0.82 on the training dataset and 0.77 on the external validation dataset. It also provided superior clinical utility and calibration. The deep learning approach demonstrated excellent predictive performance and generalizability, making it the most promising tool for survival prediction.

In the study Chan S. W. and Abdullah L. [16], developed a cancer diagnosis method based on *Intuitionistic Fuzzy Sets* (IFS) using Euclidean and Hamming distances. The methodology involved forming intuitionistic fuzzy relations between patient symptoms and various types of cancer, including lung, breast, colorectal, nasopharyngeal, and cervical cancers. The resulting data, presented in Table 2, reflected the computed distances between patients and cancer types. A comparison of results using Euclidean and Hamming distances demonstrated consistency, confirming the effectiveness of applying IFS in medical diagnostics. The authors highlighted the stability and reproducibility of the proposed method for determining the probable type of oncological disease (Table 2).

Table 2. Results of IFS Euclidean distance calculations between patients and various types of cancer.[16]

Patient's name	Lung Cancer	Breast Cancer	Colorectal Cancer	Nasopharyngeal Cancer	Cervical Cancer
Fati	0.3844	0.3667	0.1826	0.2769	0.1414
Lam	0.4295	0.4123	0.0816	0.3958	0.1563
Kuz	0.2687	0.2867	0.4269	0.1453	0.3873
Shei	0.1915	0.1453	0.4177	0.2789	0.4082
Hal	0.0943	0.1633	0.4256	0.3018	0.4041

Research results

The conducted analysis of scientific articles on the application of machine learning algorithms in medical diagnosis and prognosis demonstrated the high effectiveness of modern models, particularly in the early detection of oncological diseases. The Random Forest (RF) algorithm showed the highest performance, achieving up to 100% accuracy in diagnosing cervical cancer and 99.5% in breast cancer detection. It also demonstrated reliability in survival prediction and lymphoma diagnosis. The Support Vector Machine (SVM) algorithm provided up to 99.5% accuracy in oncology tasks and over 95% accuracy in diagnosing COVID-19 and diabetes, showing strong performance even with limited training data. Despite its simple structure, the Decision Tree (DT) algorithm achieved up to 100% accuracy in individual studies and is noted for its high interpretability, which is particularly valuable for clinical decision support systems.

In addition, ensemble and hybrid methods such as XGBoost, AdaBoost, CatBoost, and Majority Voting demonstrated excellent results, especially in melanoma diagnosis and cancer risk prediction tasks. Thus, RF, SVM, DT algorithms, as well as ensemble approaches, demonstrated the best accuracy and applicability for medical AI systems. A particularly important finding is the use of Intuitionistic Fuzzy Sets (IFS) as proposed by Chan S.W. and Abdullah L. [16]. Their method, based on Euclidean and Hamming distances, proved to be stable and reproducible, enabling the effective classification of various cancer types. This approach opens up new opportunities for the integration of fuzzy logic methods into clinical diagnostic systems. However, to enhance the reliability and reproducibility of predictive models, it is necessary to standardize data, perform multicenter validation, and ensure the integration of these solutions into existing clinical protocols (Table 3).

Table 3. Performance Comparison of Machine Learning and Intuitionistic Fuzzy Methods in Disease Diagnosis and Prediction

No	AI methods	Application Area	Accuracy (AUC-ROC)
1	Random Forest (RF)	Diabetes prediction, heart disease prediction	91% (diabetes)
2		Heart disease prediction (Cleveland dataset)	82–98%
3	Random Forest Classifier (RFC)	Cardiovascular disease prediction	84.62% (Dataset-I), 98.05% (Dataset-II)
4	Adaptive Boosting (AB)	Cervical cancer classification	100%
5	Bernoulli Naive Bayes (BNB)	Analysis of the presence/absence of medical events	61% (per year), 92% (per day)
6	CatBoost (CB)	Cancer risk prediction	85%
7	Support Vector Machine (SVM)	Cardiovascular disease classification	95%
8		Heart disease prediction (Cleveland dataset)	88–90%
9		Cardiovascular disease prediction	84.62% (Dataset-I), 98.05% (Dataset-II)
10		Risk prediction of postoperative gastroparesis after complete mesocolic excision (validation cohort)	85.70%
11		Risk prediction of postoperative gastroparesis after complete mesocolic excision (external validation cohort)	72.10%
12		Diagnosis and prediction of active tuberculosis	89–99%
13		Diagnosis of lymphoma in patients with fever of unknown origin (FUO) [4]	86.60%
14		Diagnosis of lymphoma in patients with fever of unknown origin (FUO) [7]	93%
15		High-dimensional feature classification	12–32% (per year), 80% (per day)
16		Disease classification by systems	50%
17		Diagnosis of nodule malignancy	99%
18		Cervical cancer classification	99%
19	Melanoma classification	97.93%	
20	Decision Tree (DT)	Breast and lung cancer diagnosis	83% (oncology), 93.62% (cancer)
21		Heart disease prediction (Cleveland dataset)	97%
22		Cardiovascular disease prediction	61.32% (Dataset-I), 97.08% (Dataset-II)

No	AI methods	Application Area	Accuracy (AUC-ROC)
23		Diagnosis and prediction of active tuberculosis	82–93%
24		Disease classification by systems	50%
25		Cervical cancer classification	100%
26	Deep Belief Network (DBN)	Medical data analysis for pathology detection	88% (pathology diagnosis)
27	Complement Naive Bayes (CNB)	Handling class imbalance in data	45–85% (depending on the term)
28	Multilayer Perceptron (MP)	Disease prediction based on symptoms	99.17%
29	K-Nearest Neighbors (KNN)	Diabetes and skin disease diagnosis (diabetes)	87%
30		Cardiovascular disease prediction	87.91% (Dataset-I), 83.44% (Dataset-II)
31		Heart disease prediction	83.90%
32		Cardiovascular disease prediction	70.80%
33		Diagnosis and prediction of active tuberculosis	77–85%
34		Lymphoma diagnosis (fever of unknown origin) (FUO) [4]	89.10%
35		Lymphoma diagnosis (fever of unknown origin) (FUO) [7]	93.80%
36		Disease classification by systems	50%
37		Cervical cancer classification	95%
38		Melanoma classification	96.11%
39	Multivariate Logistic Regression (MLR)	Preoperative diagnosis / combined models	83–93%
40	Complement Naive Bayes (CNB)	Handling class imbalance in data	45–85% (depending on the term)
41	Naive Bayes (NB)	Therapy response prediction	87%
42		Benign/malignant tumor classification	98.21%
43		Heart disease prediction (Cleveland dataset)	82–87%

No	AI methods	Application Area	Accuracy (AUC-ROC)
44	Logistic Regression (LR)	Cardiovascular disease prediction	85.71% (Dataset-I), 82.14% (Dataset-II)
45		Diagnosis and prediction of active tuberculosis	85–92%
46		Lymphoma diagnosis (fever of unknown origin) (FUO) [4]	86%
47		Lymphoma diagnosis (fever of unknown origin) (FUO) [7]	93.60%
48		Cervical cancer classification	98%
49		General lung cancer risk model (considering SNPs and risk factors)	74.20%
50		Squamous cell lung cancer (SCC) prediction	83.30%
51	Multivariate Logistic Regression (MLR)	Preoperative diagnosis / combined models	83–93%
52	XGBoost (XGB)	General lung cancer risk model (considering SNPs and others)	75.90%
53		Cancer risk prediction in men	79.10%
54		Cancer risk prediction in smokers	78.50%
55		Lung adenocarcinoma (ADC) prediction	69.90%
56		Cancer risk prediction	83%
57		Cancer risk prediction	83%
58	Extreme Gradient Boosting (XGB)	Heart disease prediction (Cleveland dataset)	82–99%
59		Cardiovascular disease prediction	79.12% (Dataset-I), 99.03% (Dataset-II)
60	Gradient Boosting (GB)	Cancer risk prediction	82%
61	Intuitionistic fuzzy sets (IFS)	Cervical cancer diagnosis	100%
62		Colorectal cancer diagnosis	99.89%
63		Nasopharyngeal cancer diagnosis	99.72%
64		Breast cancer diagnosis	100%
65		Lung cancer diagnosis	100%

This diagram presents an analysis of the accuracy of machine learning algorithms in medical diagnostics, revealing that the Random Forest (RF) algorithm demonstrated the highest performance,

achieving 100% accuracy in cervical cancer classification. Comparable effectiveness was shown by AdaBoost and Decision Tree (DT) algorithms, highlighting the high reliability of ensemble methods.

High accuracy rates were also recorded for the Multilayer Perceptron (MLP) — 99.17%, Support Vector Machine (SVM) — 99.5%, and the hybrid Majority Voting approach — 99.23%. Algorithms such as XGBoost, CatBoost, and LightGBM demonstrated stable efficiency in predicting oncological and cardiovascular diseases. Thus, Random Forest (RF) can be considered the most effective method for early diagnosis (Figure 7).

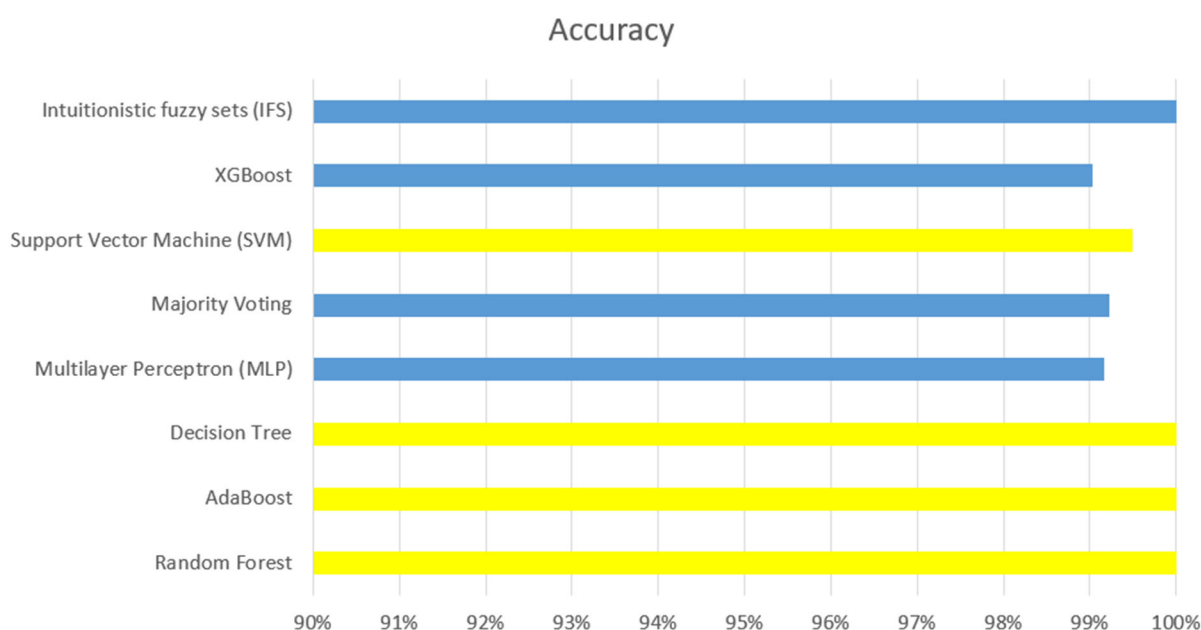


Figure 7. Chart of algorithms with the highest disease prediction accuracy.

The analysis of the diagram, compiled based on the reviewed sources, demonstrates the high potential of machine learning algorithms in cancer diagnosis and prognosis tasks. The highest accuracy (100%) was achieved by the Random Forest, AdaBoost, and Decision Tree algorithms in the classification of cervical cancer, breast cancer, and lymphomas, confirming their reliability in clinical practice.

High performance was also shown by the Support Vector Machine (SVM), Convolutional Neural Network (CNN), and Multilayer Perceptron (MLP) algorithms, with accuracy ranging from 99.17% to 99.51%. The GPT-like CHIEF model achieved 94% accuracy in multi-cancer diagnosis (covering 19 types of cancer), highlighting the potential of transformer-based architectures. The lowest, yet still substantial, results were demonstrated by LightGBM (83.6%) and CatBoost (85.2%) in cancer risk prediction tasks among patients with diabetes (figure 8).

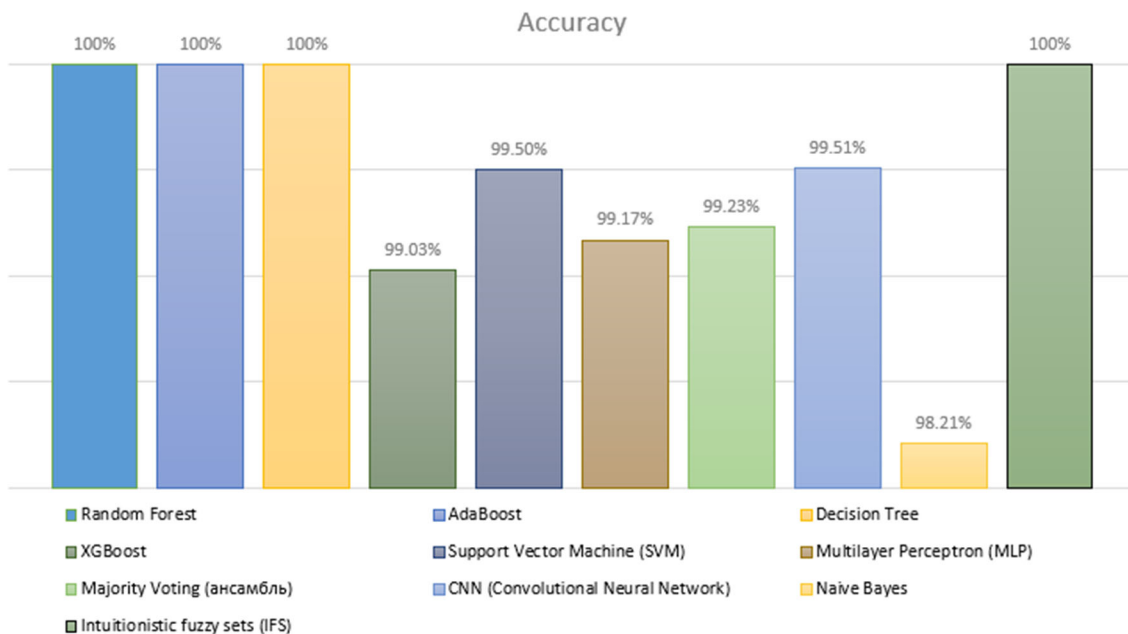


Figure 8. Accuracy of AI models in cancer diagnosis.

The pie chart presents a comparative assessment of the accuracy (or AUC) of machine learning models for the detection of various diseases. The highest value (100%) was obtained for cervical cancer classification using UCI data, indicating a perfect match between the model’s predictions and actual diagnoses. A similarly high result — 99.8% — was recorded for the identification of lymphoma in patients with fever of unknown origin (FUO), particularly on the training dataset. Other pathologies also demonstrated similarly high accuracy levels: 98.05% in cardiovascular disease prediction and 97% when working with EHR data for cervical cancer one day before diagnosis. The lowest, yet still high, result — 91% — was recorded in diabetes prediction (figure 9).

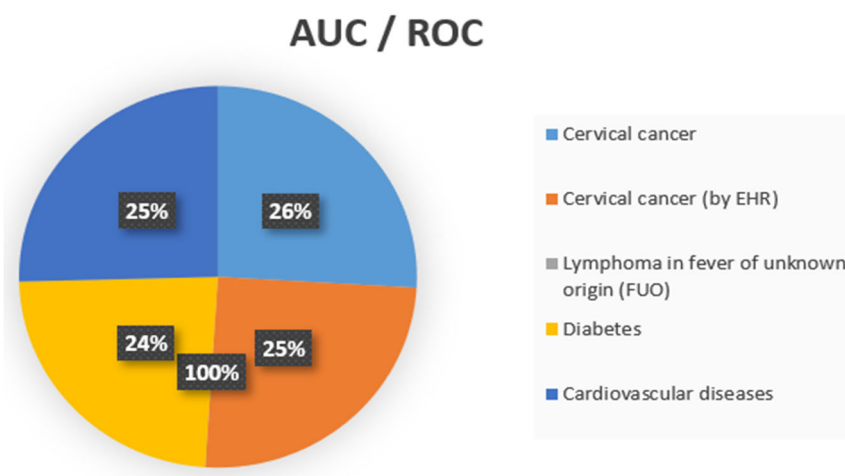


Figure 9. Classification accuracy

Conclusion

The analysis of scientific researches on the application of machine learning methods in medical diagnostics demonstrates the high effectiveness of modern algorithms, particularly in the early detection of oncological diseases. In this study, a dataset of 1000 cervical cancer cases was collected to support the research. Among the analyzed methods, the Random Forest (RF) algorithm exhibited the most outstanding results, achieving 100% accuracy in diagnosing cervical cancer and demonstrating high stability in predicting the survival rates of oncology patients. Ensemble methods such as XGBoost and AdaBoost, along with the Support Vector Machine (SVM) and Decision Tree (DT), also Intuitionistic fuzzy set algorithms, confirmed their reliability and interpretability for clinical use.

Special attention should be given to the work of Chan S.W. and Abdullah L. [16], who proposed the use of Intuitionistic Fuzzy Sets for cancer diagnosis. The application of Euclidean and Hamming distances enabled high stability and reproducibility in classification results, opening new prospects for integrating fuzzy logic into clinical diagnostic systems. Thus, the integration of algorithms such as Random Forest, SVM, and models based on IFS represents a promising direction for the development of reliable intelligent decision support systems in medicine.



References

1. Nafiseh Ghaffar Nia, Erkan Kaplanoglu, Ahad Nasab. Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. Springer, 30 January 2023. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44163-023-00049-5>
2. Rahman M.M., Asyhari A.T., Ahmed F. Influence of Optimal Hyperparameters on the Performance of Machine Learning Algorithms for Predicting Heart Disease. MDPI Processes, 1 March 2023. <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/3/734>
3. Muluken Belay, Worku Necho, Misganaw Fikadu. Application of supervised machine learning algorithms for classification and prediction of type-2 diabetes disease status in Afar regional state, Northeastern Ethiopia 2021. Nature Scientific Reports, 13 May 2023. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-34906-1>
4. Zhou L., et al. Machine learning-based prediction of gastroparesis risk. Springer, 27 September 2024. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12672-024-01355-9>
5. Lim J.H., et al. Prediction of fellow eye neovascularization in type 3 macular neovascularization (Retinal angiomatous proliferation) using deep learning. PLOS ONE, 30 October 2024. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0310097>
6. Qiu L., et al. Plasma immune profiling combined with machine learning contributes to diagnosis and prognosis of active pulmonary tuberculosis. Journal of Tuberculosis, 04 July 2024. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22221751.2024.2370399>
7. Ma H., et al. Distinguishing lymphoma from benign lymph node diseases in fever of unknown origin using PETCT radiomics. EJNMMI Research, 13 November 2024. <https://ejnmires.springeropen.com/articles/10.1186/s13550-024-01171-w#Sec12>
8. Fekri S., et al. Using machine learning for predicting cervical cancer from Swedish electronic health records by mining hierarchical representations. PLOS ONE, 21 August 2020. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0237911>
9. Harvard Medical School. 96% Accuracy: Harvard Scientists Unveil Revolutionary ChatGPT-Like AI for Cancer Diagnosis. SciTechDaily, 17 October 2024. <https://scitechdaily.com/96-accuracy-harvard-scientists-unveil-revolutionary-chatgpt-like-ai-for-cancer-diagnosis/>
10. Barz M., et al. Application of Machine Learning Methods to Improve the Performance of Ultrasound in Head and Neck Oncology: A Literature Review. MDPI Cancers, 28 January 2022. <https://www.mdpi.com/2072-6694/14/3/665>
11. Lakshmi V., Radha M., Babu C.S. A Model for Predicting Cervical Cancer Using Machine Learning Algorithms. MDPI Sensors, 29 May 2022. <https://doi.org/10.3390/s22114132>
12. Li J., et al. Prediction of lung cancer risk in Chinese population with genetic-environment factor using extreme gradient boosting. Cancer Medicine, 24 April 2022. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cam4.4800>
13. Saravanan K., et al. Prediction and classification of skin melanoma cancer using active hybrid machine learning technique. Journal of Physics: Conference Series, 25 February 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2580/1/012039>
14. Qiu X., et al. A machine learning prediction model for cancer risk in patients with type 2 diabetes based on clinical tests. Technology and Health Care, 1 May 2024. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.3233/THC-230385>
15. Wu H., et al. Development and validation of a deep learning model for predicting postoperative survival of patients with gastric cancer. BMC Public Health, 6 March 2024. <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-024-18221-6>

16. Chan S. W., Abdullah L. Distance Measures of Intuitionistic Fuzzy Sets and its Application to Cancer Diagnosis. *ASM Science Journal*, 2020. [https://doi.org/10.32802/asmscj.2020.sm26\(5.1\)](https://doi.org/10.32802/asmscj.2020.sm26(5.1))
17. Khidirova Ch., Sadikova Sh., Jabborova N., Sadikova F. Features of Intuitionistic Fuzzy Logic Application in Software Algorithms. // *Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS)*, vol.718 (WCIS-2022). Vol. 1. Springer - 2024. -P. 88-95. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51521-7_13
18. Khidirova Ch., Jabborova N. Importance of fuzzy logic methods in solving problems of medical diagnosis and prognosis. // *International scientific journal science and innovation. Special issue: "Modern problems and prospects of development of energy supply of digital technology facilities"*. 2024. -P.224-229. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10721297>
19. Khidirova Ch., Ruzibaev O., Shoimova S. Intelligent System of Diagnosing and Predicting Cardiovascular Diseases. // *International Conference on «Information Science and Communications Technologies»*. 2022. - 4 p. <https://doi.org/10.1109/ICISCT55600.2022.1014680>



Authors

Makhsudov Mokhirbek

Andijan State Technical
Institute, Andijan, Uzbekistan;
mohirbek2702@mail.ru,

Xalimjanov Abduqunduz

Andijan State Technical
Institute, Andijan, Uzbekistan;
xalimjonov1234@gmail.com

Correspondence: xalimjonov1234@gmail.com

SIMULATION ANALYSIS OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF SINGLE-PHASE AND THREE-PHASE RECTIFIERS IN DIGITAL METHODS

Abstract: This article discusses the structure of one-phase and three-phase rectifiers, their principles of operation, voltage, and current. Diagrams, corrective coefficients, advantages and disadvantages, their energy methods to improve the effectiveness of the project, and also methods for grinding output parameters of one- and three-phase rectifiers, time charts and the impact on network quality indicators were considered.

Key words: bridge scheme, capacity, current, filter, energy efficiency, rectifier, single-phase, three-phase, voltage.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

Two Semi-Closed Rectifier Circuits – Advantage: Rectifier in this Circuit Compared to a single half-circuit rectifier, its pulse is half as small. One capacitance of the capacitor at the same ripple coefficient as that of the half-loop rectifier can be twice as much. Disadvantages: complexity of the design of the transformer and in the transformer Jump to search Bridge chain straightener – an advantage: compared to a semi-circular straightener in the bridge scheme, the level of pulnation is 2 times less, high efficiency of work, the transformer is used rationally, its design power is reduced [1]. When the level of pulsation is the same in relation to the two half-cycle schemes, a simpler transformer design is used in the bridge scheme. The reverse voltage of the valves may be considerably lower than in previous schemes. Disadvantage: the increase in the number of valves and the necessity to shunt each valve to adjust the reverse voltage. The voltage doubling scheme – Advantages: the secondary winding of the transformer can be calculated for a practically lower voltage.

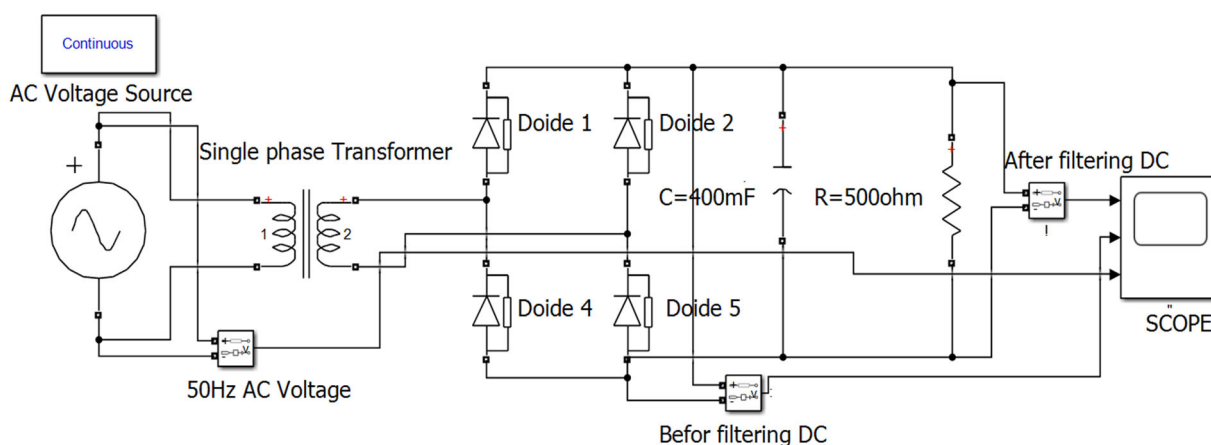


Figure 1. Simulation circuit of Single phase rectifier with filter element.

Disadvantages: somewhat more currents pass through the rectifier valves[2,3]. The level of pulsation is higher than in the two half-cycle schemes. To improve the power factor of three-phase rectifiers, a null valve scheme (similar to two half-cycle schemes) is employed. In a three-phase scheme, the current flowing through the transformer windings has an alternating character and possesses equal values in both positive and negative half-cycles. This situation prevents the magnetization of the transformer cores and is considered one of the main characteristics of this scheme [4-6].

This indicates that the average current is present in both the bridge scheme of I_d and the midpoint scheme. The highest limit of the same values is permissible, and the cooling conditions of the thread are applicable. The same valves can be selected [7, 8-10]. Values of the U_k coefficient by voltage demonstrate that at the same values of O_{ud} in a bridged scheme, it is superior to that of the midpoint, as the voltage to the valve is higher at the midpoint. In low voltage circuits, the midpoint is

more advantageous, since the total voltage drop across the valves is half as much. Multiphase correction circuits are supplied from a three-phase alternating current network and are primarily utilised in medium and high-power devices. Multiphase schemes enable the resolution of the following issues: - reduction of the correct voltage pulses; - improvement of the harmonic composition of the current supplied from the mains; - decrease in the sample (calculated) power of the transformer. In high-power rectifiers, a simple inductive filter is typically employed, as the frequency of output voltage pulses is not excessively large. In inductances, the pulsation coefficient in the load chain is also determined by coefficients [11].

It turns out that only a chain that is linear with a constant organizer of the current will be suitable for carrying out a straightening process. In order for the corrector effect beyond it to be sufficient, this invariant organizing current must be large. Such a property has a non-linear chain in which an element with a Valve property in the composition of lamp and semiconductor circles such as a gasotron, a tratron has this property. Therefore, straighteners are assembled from these elements. Since the vibration (input voltage) acting on the chain in the rectifier has a sufficiently large amplitude, the rectifier element graph consists of a straight line. The rectification scheme will have two different single and two semi-periods.

The alternating current is fed through the transformer to the D diode. Since the diode is a one-way conductor, the current from R is only uttered in the positive half-period. The current and output voltage in the chain will be continuous. Such a current voltage is called a pulsating current or voltage. A constant part of the corrected voltage. For a single semicircular rectifier

$$U_0 = 0.45U_2 \quad (1)$$

where U_2 is the value of the AC voltage given to the diode; U_0 is the rectified voltage.

The inverse voltage is in the negative half-VR to the diode lightning voltage. For a single semicircular rectifier $U_R = 3.14U_0$ (2)

where U_R is the maximum value of the reverse voltage.

Experimental research

When analyzing multi-phase circuits, it is as if a single phase. As in the analysis of circuits, we consider the valves and transformer ideal (without waste). The principle of Simulation circuit of Single phase rectifier with filter element of the straightener is shown in Figure 1. Below are the basic calculation ratios of a rectifier with a three-phase zero output wire quoted:

Table 1. Calculation ratios of a rectifier

$U_d=1.17 E_2$	$U_{akmax}=2.09U_d$
$E_2=0.855U_d$	$I_2=I_d\sqrt{3}$
$I_a=I_d\sqrt{3}$	$I_T=I_d\sqrt{2} / (3K_T)$
$I_{amax}=I_d$	$P_T=1.35P_d$

The primary turbulences of the transformer are both "star" and "triangle" and can also be connected in the form of. Secondary swells are only in the form of a "star". Jump to search. Jump to navigation. Jump to the free ends of the secondary loop. The attached anodes or cathodes serve as the other pole of the output voltage. Jump to navigation. The direction of the valve connection determines the output voltage polarity. The pulsation coefficient of the voltage is $q=2/(m^2 - 1)$. In this case, the three-phase when the rectifier has $m=3$, $q = 0.25$. In this case, the already existing boot chain. Even in small inductances, the loading current is very well polished [12].

Six-phase correction of transformer circuit with midpoint output wire. Disambiguation pages Each rod of a three-phase transformer. There is one primary and two secondary windings. It can be connected in both a star configuration and a delta configuration. The plumes form a six-phase star. The six-phase voltage formed by the secondary circuits of the transformer. The vector diagram of the system is presented in Figure 2. Voltage ratio of each phase. Vector 60 from previous [13]. The electric turned a corner. The zero point of the star forms a negative pole of the loading chain. Cathodes have a common point. The positive potential is higher than that of others. Figure 2 shows the correction scheme of a three-phase bridge. This scheme is also referred to as Larionov's scheme.

The primary and secondary circles of the transformer are triangular or asterisk shaped and can also be connected in that form. In principle, the circuit should function even without a transformer. It is possible. - Cathode group, in which cathodes (VD1, VD3, VD5) are combined; - anode group, in which anodes (VD2, VD4, VD6) are combined. The common points of the valves are connected to the supply source (with the secondary circuit of the transformer as shown in the diagram). At any given moment, the anode potential of the valve conducting the current is at its maximum (in the cathode group). Therefore, The instant voltage at the rectifier output depends on the voltage of the phase line that's connected to the load through the open valves at that time. The aforementioned indicators determine the use of the scheme in medium and high-power devices. Thus, The energy efficiency goes up from a single-phase one-and-a-half-circuit to a three-phase rectifier circuit in a similar way.[14].

Active capacity filter (R-C) and inductive capacity filter (L-C) small loading vines. That is, as the loading current increases, the voltage pulsation increases. The advantage of the R-C filter is that the voltage level does not increase in transient processes, nor does it decrease. The disadvantage of

the filter is that it affects the straightener, which is why the introduction of security elements is necessary. The inductive-capacitive (L-C) grinding filter is used in large loading currents. The advantage is small dimensions, the grinding coefficient depends on the load current changes. Not related. The disadvantage is that the voltage load during transient processes is large, and the time to stagnate from the transient process is enormous.

Research results

Resonant grinding filters. The corrected voltage of the rectifiers is close to the first harmonic in terms of the degree of the variable component used when it belongs. They are also sensitive to high voltage harmonics and are used for non-disambiguation devices. The feeding voltage frequency is significant. The use of such filters in the event of a large change in voltage frequency is impossible. A change in the loading current causes a change in the circuit inductance, which will also lead to a decrease in the grinding coefficient. To maintain the uniform continuity of inductance, a throttle or a reverse linking loop is introduced. This is due to the increase in the size of the filter, and useful work leads to a decrease in the capacity of the work, which is why the loading current of such filters remains constant. It is recommended only when it pertains to different harmonics of voltage from the first. Additional reactive elements are used for removal. Compared to the grinding filters, these filters are neither large nor coarse, nor do they have a large useful work capacity. A grinding active filter. Active filters are common in small-power devices with a number of advantages [15,16].

These benefits include:

- High quality and energy indicators;
- Wide range of frequency;
- Simplicity of design;
- The dependence of the coefficient of grinding on the loading current is minimal.
- Magnetic fields are small due to a lack of inductance in the filter scheme;
- There is an absence of dangerous modes in the event of transient processes, i.e. boot, so that when it is "turned off", the voltage load is not generated. Disadvantages include:
 - The increase in loading current due to increased waste in the transistor will reduce the efficiency of the device;
 - There is a need to protect the transistor during transient processes.

The principle of operation of the active filter is based on the properties of the transistor to resist different currents to alternating and alternating currents. There are two methods for creating filters. The first method is that the transistor is connected according to the common collector scheme [17].

In the general collector scheme, when the value of the base current is constant, the collector current's dependence on the voltage value of the collector-emitter pass is minimal, and this smoothing

of pulsations in the wire is achieved by an RC filter on the base circuit. In the second method, the transistor is connected according to a common base scheme (Figure 1). The operating mode of the transistor is determined by the value R_b , while the smoothing effect of the circuit R_1 and C_1 is defined by it. This circuit stabilises the emitter current if $R_1 C_1$ is $\gg T_n$ (T_n - pulsation cycle). In this mode, the transistor has a large differential and a small static resistor. The smoothing coefficient S is calculated in the same manner as in the RC passive filter.

$$S = \frac{R_H \cdot \beta \cdot R_1}{R_H \cdot \beta + R_1} \cdot \omega_p \cdot C_f \quad (1)$$

Single phase - and three-phase rectifiers consume a non-sinusoidal current from the network. The harmonic composition of the current depends on the parameters of the correction scheme and the grinding filter. For example, the harmonic composition of the consumed current is one correction scheme; if it is of different types - inductive or capacitive filters, it also differs. If the power of the network generator is equal to the capacity of the fully loaded rectifier or more than that, then the rectifier is not the same as the rectifier. The effect of non sinusoidally on the voltage of the feeder network is practically unknown [18].

The higher the values of generator and rectifier capacities, the higher the current that causes a breakdown (scaffolding) in the voltage of the supply network of harmonics intensifies. Voltage Pattern Distortion is usually a voltage disorder. It is valued by the coefficient of harmonica.

$$k_{\tau U} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_{nm}^2}}{U_{1m}} \quad (2)$$

Where in U_{1m} is acceleration of the first harmonic voltage amplitude and U_{nm} is the amplitude of the high harmonic amplitude. The value of this $k_{\tau U}$ coefficient is determined by the established standards for network voltage and generally does not exceed 5%.

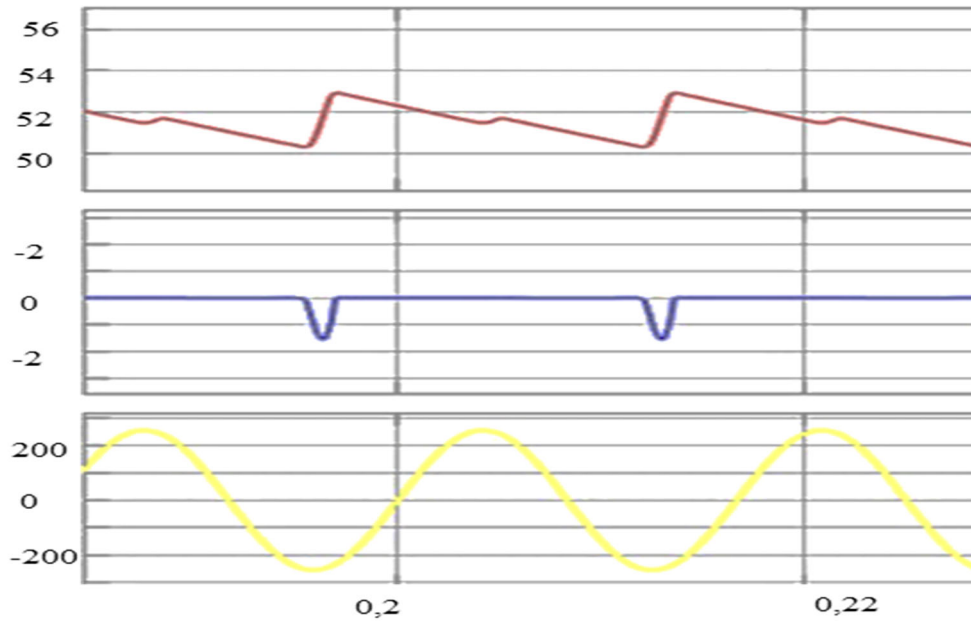


Figure 2. Sinusoidal harmonic oscillation graph

Form distortion due to high harmonics in mains voltage increases scaffolding in reactors and transformers, and cable combined in the field, which will lead to additional waste of electricity at the generator and communication, automation, computing, etc., which differ in the operation of electronic equipment. This leads to breakdowns. To address this, it is necessary to reduce the high harmonics in the mains voltage, and special measures are required to reduce the value of the U_k coefficient.

Conclusions

To determine the harmonic coefficient U_k by voltage Equivalent Replacement Scheme of the Corrector and Feeding Network Form of mains voltage from the operation of straighteners The occurrence of these devices is mainly caused by the internal network supplying these devices. Voltage drops in the resistors (resistors of generators and transformers, and others).

In an electrical system, a straightener is usually used as a generator of current harmonics [19]. In this case, the rectifier is equivalent as a source of various harmonics of the current can be specified in the scheme. Figure 2 shows the rectifier with the current source $I_{n\Sigma}$ replaced [20,21].

The time diagram in Figure 2 shows that the single-phase rectifier for the idealized scheme ($\omega L = \infty$ and the switching angle $\gamma = 0$) is 1 until us. From voltage, it lags behind α angles with a value of φ_1 . Device power coefficient $\chi = v \cos \alpha$. The angles φ_1 and α of a three-phase bridge circuit rectifier are both equal, and the power coefficient is determined as above. Coefficients of distortion for straight-angle consumer current:

$$v = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} - \text{for single-phase bridge scheme.}$$

$$v = \frac{3}{\pi} - \text{for a three-phase bridge circuit.}$$

With the increase in the control angle α , the rectifier's grid consumption power of the reagent Q increases, and its coefficient of power decreases, i.e. it will get worse. This phenomenon is caused by a controlled rectifier reducing the technical and economic characteristics. Therefore, in practice, measures to increase the power coefficient of controlled straighteners will be observed.



References

1. Bibave, R., Thokal, P., Hajare, R., Deulkar, A., William, P., & Chandan, A. T. (2022, March). A comparative analysis of single phase to three phase power converter for input current THD reduction. In 2022 International conference on electronics and renewable systems (ICEARS) (pp. 325-330). IEEE.
2. Gonçalves, J. T., Valtchev, S., Melicio, R., Gonçalves, A., & Blaabjerg, F. (2021). Hybrid three-phase rectifiers with active power factor correction: A systematic review. *Electronics*, 10(13), 1520.
3. Shneen, S. W., Ahmedhamdi, R. T., & Al-Ghezi, M. K. (2022). A-review of Simulink for single-phase rectifier. *Int J Adv Appl Sci ISSN*, 2252(8814), 8814.
4. da Cruz Ferreira, R., Dias, S. M. A., Rocha, N., da Silva, E. R. C., & Melo, V. F. B. (2023). Predictive Control for a Single-Phase to Three-Phase Converter with Two-Parallel Single-Phase Rectifiers. *Eletrônica de Potência*, 28(4), 324-336.
5. Chen, Z. G., Lei, T., Hua, Z. J., Ugli, B. Z. U., & Ugli, A. R. Y. (2024, October). Short-term photovoltaic power generation prediction based on VMD-IGWO-LSTM. In 2024 IEEE 4th International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI) (pp. 682-686). IEEE.
6. I. K. Siddikov, M. A. Anarbaev, A. A. Abdumalikov, M. A. Sobirov, M. T. Maxsudov and I. M. Xonturaev, "Technological aspects of modelling and research of smart grid," 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011936.
7. Motegi, S. I., & Nishida, Y. (2021, September). A New Three-Phase Diode Rectifier with Improved Characteristics. In 2021 23rd European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'21 ECCE Europe) (pp. P-1). IEEE.
8. I.K. Siddikov, M.A. Anarbaev, A.A. Abdumalikov, A. B. Abubakirov, M.T. Maxsudov and I.M. Xonturaev, "Modelling of transducers of nonsymmetrical signals of electrical nets," 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011981.
9. Makhsudov, M., & Karimjonov, D. (2023). Research algorithm and dynamic characteristics of three-phase electromagnetic current transducers in filter-compensation devices. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 461, p. 01056). EDP Sciences.
10. Mokhirbek Makhsudov, Dilyorbek Karimjonov, Akmaljon Abdumalikov, Akhmadbek Jalilov, Mamurjon Yigitaliyev; Method of determination current and power factor based on the output signal. *AIP Conf. Proc.* 27 November 2024; 3244 (1): 060009. <https://doi.org/10.1063/5.0241566>.
11. Dilyorbek Karimjonov, Mokhirbek Makhsudov, Abduqunduz Xalimjanov, Dilshodbek Abdukhalilov, Durbek Axmedov, Xolmirza Mamajonov; Modeling the structures of three-phase asynchronous motor reactive power variations using electromagnetic transducers. *AIP Conf. Proc.* 27 November 2024; 3244 (1): 060018. <https://doi.org/10.1063/5.0241567>.
12. I. K. Siddikov, A. A. Abdumalikov and M. T. Makhsudov, "Modeling and Research Multiphases Signal Transducers of Power Control Systems," 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351482.
13. Siddikov, I.Kh., Malikov, A., Makhsudov, M.T., Boikhanov, Z.U., Uzaqov, R. Study of the Static Characteristics of the Secondary Stator Voltage Converter of the Currents of an Induction Motor, *AIP Conference Proceedings* 2432, 020003 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089681>.
14. Muhiddin Atajonov; Development of technology for the development of highly efficient combinations of solar and thermoelectric generators. *AIP Conf. Proc.* 11 March 2024; 3045 (1): 020011. <https://doi.org/10.1063/5.0197733>.

15. Atajonov, M. O., Nimatov, S. J., Rakhmatullaev, A. I., & Sadullaev, A. B. (2023, January). Formalization of the dynamics of the functioning of petrochemical complexes based on the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2552, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0112403>
16. I. Kh. Siddikov, A. B. Abubakirov, A. U. Djalilov, T. U. Kurbaniyazov, A. A. Abdumalikov; Statistical descriptions of multiphase current sensors of reactive power control systems in renewable power supply power systems. AIP Conf. Proc. 23 June 2023; 2789 (1): 060002. <https://doi.org/10.1063/5.0145430>
17. I. Kh. Siddikov, Kh.A. Sattarov, A.A. Abdumalikov; The static characteristics of primary current transducers of current of specific electrical loads of renewable power sources. AIP Conf. Proc. 15 March 2023; 2612 (1): 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0115211>
18. Siddikov, Ilkhomjon and A. A. Abdumalikov. "Modeling and research signals conversion proceses of multhipase power measure and control devices." 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (2020): 1-4.
19. Atajonov, M., Mamarasulov, Q., Dexqonboyev, O., & Xakimov, T. (2024, November). Research of solar panel model based on photovoltaic module. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0241785>.
20. Atajonov, M., Mamarasulov, Q., Zaripov, O., Nimatov, S., & Bo'riyev, U. (2024, November). Study of solar photoelectric plant in MATLAB (simulink) package. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0241783>
21. Siddikov I.K., Abubakirov A.B., Djalilov A.U., Kurbaniyazov T.U., Abdumalikov A.A., AIP Conference Proceedings, 2789, 060002, (2023)



Mualliflar

Axmedov Alimardon

Turoпова Xilola

Akmuradov Baxtiyor

“University of Management and Future Technologies” universiteti
Kommunikatsiya va raqamli
texnologiyalar kafedrası,

b.u.akmuradov@gmail.com

Mas’ul: b.u.akmuradov@gmail.com

TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIGA BO‘LADIGAN KIBERHUJUMLARNI ANIQLASH VA OLDINI OLISH TIZIMLARINI TADQIQ QILISH

Annotatsiya: Mazkur tadqiqot ishi telekommunikatsiya tarmoqlarida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavf-xatarlar va zamonaviy kiber hujumlarga qarshi kurashish tizimlari o‘rganilgan. Tadqiqotda xususan, Snort va Suricata tarmoq hujumlarini aniqlash tizimlarining yuqori tezlikdagi tarmoqlarda ishlash samaradorligi baholangan. Ushbu tizimlar yuqori yuklamali sharoitlarda eksperimental sinovdan o‘tkazilib, ularning aniqlik, tezlik va resurslardan samarali foydalanish ko‘rsatkichlari chuqur tahlil qilingan. Olingan natijalar asosida zamonaviy kiber hujumlarga qarshi samarali strategiyalar ishlab chiqish bo‘yicha tavsiyalar beriladi. Mazkur tadqiqot kiber xavfsizlik sohasidagi ilmiy adabiyotga yangi bilim va tajribalar qo‘shishi bilan birga amaliyotda qo‘llash uchun foydali tavsiyalarni ham beradi.

Kalit so‘zlar: kiberhujum, axborot xavfsizligini, telekommunikatsiya tarmoqlari, DoS, DDoS, IDS, IPS, Snort, Suricata.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Ushbu tadqiqot ishi telekommunikatsiya tarmoqlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xavf-xatarlar va kiber hujumlarni tahlil qilishga qaratilgan bo'lib, kiber xavfsizlik sohasida dolzarb muammolarni yoritadi. Bugungi kunda kiber hujumlar ko'payib borayotganligi, yangi texnologiyalar va internet xizmatlarining rivojlanishi bilan bog'liq ravishda, davlat tashkilotlari uchun tahdidlar yanada kuchaymoqda. Telekommunikatsiya tarmoqlari ham kiber hujumlarga nisbatan zaifligi bilan ajralib turadi, bu esa ularning ishonchliligini va xavfsizligini ta'minlash masalasini dolzarb qilmoqda.

Telekommunikatsiya tarmoqlariga bo'ladigan hujumlarni aniqlash va oldini olish tizimlarini tadqiq qilish mavzusi bo'yicha qator normativ-huquqiy hujjatlar mavjud bo'lib, ular ushbu yo'nalishda ilmiy va amaliy izlanishlar olib borish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 12-fevraldagi PQ-4996-son qarorida kiberxavfsizlik sohasidagi davlat siyosatini takomillashtirish chora-tadbirlari belgilab berilgan. Mazkur hujjatda kiberhujumlarni aniqlovchi va ularga javob beruvchi milliy tizimlarni yaratish, shuningdek, CERT (Computer Emergency Response Team) faoliyatini rivojlantirish orqali telekommunikatsiya tarmoqlarida yuzaga keladigan xavflarni monitoring qilish va tezkor javob mexanizmlarini yo'lga qo'yish vazifalari ilgari surilgan[1].

Shuningdek, O'zbekiston Respublikasining Jinoyat kodeksi va Ma'muriy javobgarlik to'g'risidagi kodekslarida axborot tizimlariga noqonuniy kirish, ularni ishdan chiqarish yoki ma'lumotlarni buzish holatlari uchun javobgarlik choralari belgilovchi moddalar mavjud (JK 278-1, 278-2). Ushbu normativlar kiberhujumlarni faqat aniqlash emas, balki ularning oldini olish, huquqiy chora ko'rish va xavfsizlikni kuchaytirish uchun ham zaruriy asos bo'lib xizmat qiladi. Bu holatda telekommunikatsiya tarmoqlarining daxlsizligi davlat tomonidan himoya qilinadigan muhim infratuzilma sifatida e'tirof etiladi[2].

Bundan tashqari, davlat raqamli xavfsizlik siyosatida ham telekommunikatsiya tarmoqlari, mobil operatorlar, internet provayderlar va ma'lumotlar markazlari uchun xavfsizlik standartlari va texnik reglamentlar ishlab chiqilgan. Ushbu strategik hujjatlar doirasida zaifliklarni aniqlash, kiberhujumlarni monitoring qilish, kriptografik himoya vositalaridan foydalanish va axborot xavfsizligi bo'yicha texnik chora-tadbirlarni joriy etish zaruriyati ta'kidlangan. Bu esa telekommunikatsiya tarmoqlarini himoya qilish sohasida innovatsion va tizimli yondashuvlarni tatbiq etish orqali kiberxavflarning oldini olish imkonini beradi[3].

Tadqiqot Snort va Suricata kabi tarmoq hujumlarini aniqlash tizimlarining yuqori tezlikdagi tarmoqlarda samaradorligini baholash orqali, kiber hujumlarga qarshi kurashda samarali yechimlarni topish maqsad qilingan. Ikkala tizimning eksperimental sinovlari va ularning samaradorligini tahlil qilish, zamonaviy kiber tahdidlarga javob berish imkoniyatlarini ko'rsatadi. Ushbu tadqiqot natijalari



nafaqat ilmiy adabiyotga, balki amaliyotga ham katta hissa qo'shadi, chunki u tashkilotlar va tashkilotlar uchun samarali xavfsizlik strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi.

Bundan tashqari, kiber xavfsizlikni ta'minlash sohasidagi o'zgaruvchan muhit, yangi usullar va texnologiyalarning paydo bo'lishi, tadqiqotning dolzarbligini oshiradi. Shu nuqtai nazardan, ushbu dissertatsiya zamonaviy kiber tahdidlarni bartaraf etish va tarmoq xavfsizligini oshirish bo'yicha muhim tadqiqot hisoblanadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlariga bo'ladigan kiber hujumlarning turlari ularning xususiyatlari

Telekommunikatsiya tarmoqlariga bo'ladigan kiber hujumlar zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari rivojlangan bir paytda tobora ko'payib bormoqda. Bu hujumlar turli shakllarda namoyon bo'lib, tarmoq xavfsizligiga jiddiy tahdid soladi. Ishda eng keng tarqalgan tarmoq hujumlariga, ayniqsa, ushbu hujumlar asosida olib borilgan tajribalar davomida uchraydigan topologiyalarga alohida e'tibor qaratadi. Shuningdek, bunday hujumlarni amalga oshirish uchun ishlatiladigan asosiy vositalar haqida ma'lumot beradi.

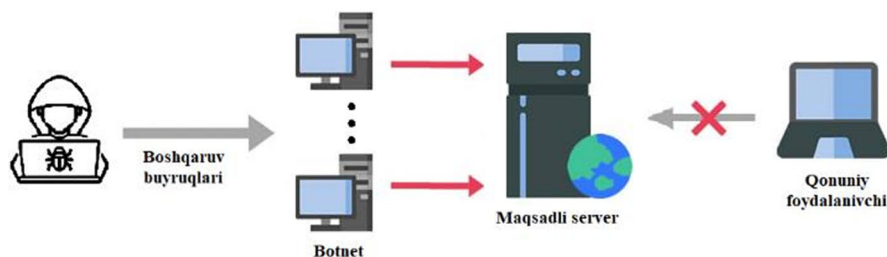
Kiberhujum - kibermakonda apparat, apparat-dasturiy va dasturiy vositalardan foydalangan holda qasddan amalga oshiriladigan, kiberxavfsizlikka tahdid soladigan harakat.

Kibermakon - axborot texnologiyalari yordamida yaratilgan virtual muhit.

Kiberhujumlar telekommunikatsiya tarmoqlariga turli xil usullar bilan amalga oshiriladi. Quyida ularning asosiy turlari, xususiyatlari va qo'llanish maqsadlari keltirilgan:

DDoS hujumlar - bu kompyuter tizimlariga (tarmoq resurslari yoki aloqa kanallari) ularni qonuniy foydalanuvchilar uchun imkonsiz qilishga qaratilgan hujumlar. DDoS hujumlari bir vaqtning o'zida ma'lum bir manbaga Internetda joylashgan bir yoki bir nechta kompyuterlardan ko'p sonli so'rovlarni yuborishni o'z ichiga oladi. Agar minglab, o'n minglab millionlab kompyuterlar bir vaqtning o'zida ma'lum bir serverga (yoki tarmoq xizmatiga) so'rov yuborishni boshlasa, u holda server uni boshqara olmaydi yoki ushbu serverga aloqa kanali uchun tarmoqli kengligi etarli bo'lmaydi. Ikkala holatda ham Internet foydalanuvchilari hujum qilingan serverga, hatto bloklangan aloqa kanali orqali ulangan barcha serverlar va boshqa resurslarga kira olmaydi[4].

An'anaviy DoS hujumi birinchi marta 1996-yilda, Panix internet xizmat provayderiga qilingan hujum bilan tarixda qayd etilgan. Hujum natijasida Panixning internet xizmatlari ko'p foydalanuvchilar uchun vaqtinchalik to'xtab qoldi. SYN flooding hujumi serverga soxta ulanish so'rovlari yuborish orqali amalga oshirildi. Ushbu so'rovlar serverning barcha mavjud ulanish resurslarini to'ldirdi, natijada haqiqiy foydalanuvchilar ulana olmadilar.



1-rasm. DDoS hujumi amalga oshirish sxemasi

Dunyo miqyosida har kuni ikki mingga yaqin DDoS hujumlari qayd etiladi. Oʻrtacha DDoS hujumi yirik kompaniyaga soatiga 250 dollar zarar yetkazadi.

Botnet - bu zararli dasturlar bilan infeksiya qilingan va hujumchilar tomonidan boshqariladigan koʻp sonli kompyuterlar tarmogʻidir. Botnetlar bir vaqtning oʻzida koʻp sonli hujumlarni amalga oshirish imkonini beradi.

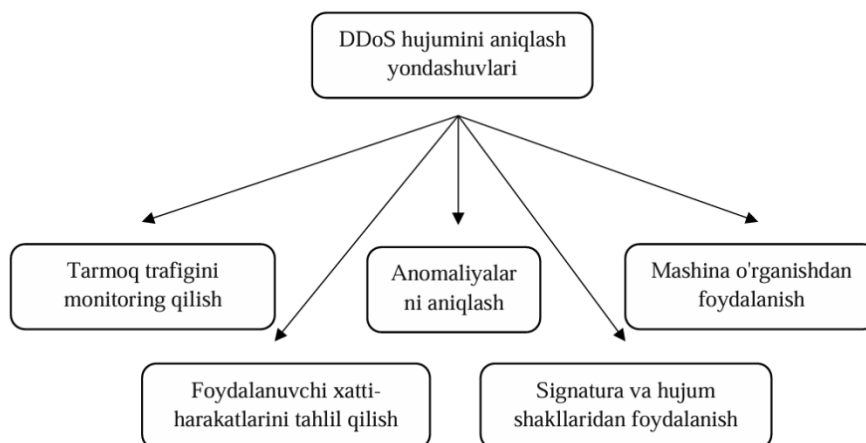
DDoS hujumlari odatda koʻplab turli manbalardan keladi, bu esa hujumni aniqlash va toʻsishni qiyinlashtiradi. Bir necha ming yoki millionlab infeksiya qilingan qurilmalar bir vaqtda bir maqsadga trafik yuborishi mumkin[5].

Hujum turli protokollarda boʻlishi mumkin: DDoS hujumlari TCP, UDP, HTTP va boshqa tarmoq protokollarida amalga oshirilishi mumkin.

DDoS hujumining asosiy maqsadi maqsadli xizmatlarni toʻxtatish yoki sekinlashtirish. Bu, masalan, veb-saytlar, onlayn xizmatlar, moliyaviy operatsiyalar yoki boshqa muhim tarmoq resurslariga taalluqli boʻladi.

Bundan tashqari, oʻrta DDoS hujumi davomiyligi odatda 6 dan 24 soatgacha davom etadi, bu da demak, har bir soat uchun \$40,000 dan \$100,000 gacha zarar keltirib chiqarishi mumkin.

DDoS hujumlariga qarshi samarali himoya qilish uchun tarmoq infratuzilmasini monitoring qilish, trafigi filtratsiyasi va yuklanishni balanslash texnologiyalaridan foydalanish muhimdir. Shu bilan birga, tarmoqni tezda qayta tiklash va hujumlarni minimallashtirish uchun tayyorlanish ham zarur.



2-rasm. DDoS hujumlarini aniqlashning asosiy yondashuvlari

DDoS hujumlaridan himoyalashning an'anaviy usullari har doim ham samarali bo'lavermaydi, chunki tajovuzkorlar doimiy ravishda moslashib, yangi usullardan foydalanishadi. Shu nuqtai nazardan, mashinali o'qitishdan foydalanish DDoS hujumlariga qarshi kurashish uchun kuchli vositadir.

Malware (Zararli dasturlar) hujumlari - kompyuter tizimlariga zarar yetkazish, ma'lumotlarni o'g'irlash yoki ularni buzish uchun maxsus yaratilgan dasturlarni o'z ichiga oladi. Viruslar, zararli dasturlar (malware) turi bo'lib, kompyuter tizimlariga zarar yetkazish, ma'lumotlarni o'g'irlash, buzish yoki o'zgartirish maqsadida yaratilgan dasturlardir. O'zini boshqa dasturlarga yoki fayllarga biriktiradi va ko'payadi. Fayllarni, dasturlarni yoki tizimlarni buzishi yoki zararli kodlarni ishlatishi mumkin.

Troyanlar (Trojans) -Trojanlar zararli dasturlar (malware) turlaridan biridir va o'zining maxsus xususiyatlari bilan ajratiladi. Odatda, troyanlar qo'llanuvchi uchun foydali dastur yoki fayl ko'rinishida ko'rinadi, ammo foydalanuvchining ma'lumotlarini yoki tizimiga zarar yetkazadigan dasturdir[6].

2023-yilda troyanlar orqali amalga oshirilgan hujumlar miqdori sezilarli darajada o'sdi. Malware hujumlarining katta qismi troyanlar orqali amalga oshiriladi.

Troyanlar ko'pincha qonuniy dastur yoki fayl sifatida ko'rinadi. Foydalanuvchi uni yuklab olgach, zararli faoliyatni boshlaydi. Misol uchun, foydalanuvchi o'yin yoki antivirus deb o'ylagan dastur aslida troyan bo'lishi mumkin.

Troyanlar foydalanuvchining shaxsiy ma'lumotlariga kirish imkoniyatini beradi, bu esa parollar, moliyaviy ma'lumotlar va boshqa maxfiy ma'lumotlarni o'g'irlashga olib keladi.

Ko'pgina troyanlar foydalanuvchining harakatlarini kuzatadi, jumladan, klaviatura bosishlarini (keylogging) yozib boradi, bu esa kiberjinoatchilarga maxfiy ma'lumotlarni olish imkonini beradi.

Troyanlar kompyuter yoki qurilmani botnet deb ataladigan zararli tarmoqning bir qismiga aylantirishi mumkin. Botnetlar ko'pincha DDoS (Distributed Denial of Service) hujumlarini amalga oshirish uchun ishlatiladi[15].

Spyware: Kompyuter tizimlariga o'rnatilgan zararli dasturlar turiga kiradi va foydalanuvchining faoliyatlarini kuzatish uchun yaratiladi. Ular foydalanuvchining internet sur'atlari, xabarlarini, fayllari, shuningdek, klaviatura yozuvi kabi ma'lumotlarni to'plash va yuborish uchun ishlatiladi.

Worms (Qurtlar): zararli dasturlar (malware) turiga kiradi va o'zlarini o'z-o'zlariga tarqaladi, tarmoqlar orqali ko'payadi va kompyuter tizimlariga zarar yetkazadi. Ular kompyuter tizimlariga zarar yetkazish uchun kutilmagan narsalar yuklay oladi, masalan, ma'lumotlarni buzish, kompyuter tizimlarini qo'shib, shuningdek, ularni o'chirish uchun xavfsizlik ogohlantirishlari o'chirish.

Telekommunikatsiya tarmoqlariga tarixda bo'lib o'tgan eng katta kiber hujumlar tahlili

Telekommunikatsiya tarmoqlariga buladigan hujumlar tarixi odatda uzun va o'zgaruvchan bo'lib, tarmoqning o'sish va rivojlanish jarayonlariga bog'liq ravishda o'zgarib kelgan. Quyidagi, boshqa bilimdonlik yo'nalishi yoki tuzilmaviy va siyosiy o'zgarishlar bilan birgalikda, ba'zi eng katta hujumlar va ularning o'tkazilishi bilan bog'liq bazi muhim voqealar keltirilgan:

1988-yil Morris Worm - Robert Tappan Morris tomonidan yaratilgan bu dastur, birinchi dunyodagi katta internet hujumi hisoblanadi. Bu ularning birinchi o'rniga Internetdagi barcha 1.8 million kompyuterlarga yuborilgan kompyuter dasturi bo'lib, tarmoqni yoritishga olib kelgan va tarmoqqa kirishni qiyinlashtirgan[7].

2000-yil DDoS Hujumlari: 2000-yillarda, DDoS hujumlari kuchayib bordi. Bu hujumlar tarmoqqa yuqori miqdorda faolsiz so'rovlar yuborilishi bilan bog'liq edi va katta internet xizmat ko'rsatuvchilarini, masalan, Yahoo, eBay va Amazonni tashkil etgan tarmoqlarga ham ta'sir etamay qolmadi.

2007-yil Estonia hujumi - 2007 yilinda, Estonyada mavjud telekommunikatsiya tarmog'ilari qattiq hujumlarga uchradi, bu hujum davlat organlarining tarmog'lari, saytlar va banklariga ta'sir qilmay qolmadi. Hujumlar qo'shimcha tarmoqlar, botnetlar va DDoS hujumlari orqali amalga oshirildi.

2010-yil Stuxnet Virus: Stuxnet virus kompyuter dasturiy ta'minotida o'zgarishlar kiritish uchun ishlab chiqarilgan, dunyoda eng kuchli viruslar orasida hisoblanadi. Bu virus 2010 yilinda paydo bo'lgan va ayrim xalqaro ommaviy tarmoqlarda katta zararni olib borib, xususan, Eronning nukleer tizimlariga zarar kiritganligi yoki qarshi yaratilganligi bilan tanilgan. Stuxnetning o'zi qiziq dasturiy vosita: bu birinchi bo'lib kompyuter tizimlarining birlamchi burchaklariga hujjatlarni jo'natish uchun ishlab chiqilgan va Microsoft Windows OS yuklamalari uchun mo'ljallangan. Bu



virus mayda xavfsizlik nazoratini buzish, avtomatlashtirish, nazorat tizimi o'chirish va ba'zi to'plamlar yoki sensorga zarar berish uchun mo'ljallangan. Bu sababli, u o'zini nukleer tizimlar, gaz, neft yoki suv ishlab chiqarish stantsiyalari, kommunikatsiya tarmoqlari va boshqa kritik infrastruktur tizimlariga ta'sir qilish uchun ideal vosita hisoblanadi.

2013-2014 -yil Yahoo kompaniyasi o'zining foydalanuvchilar bazasining katta qismini ta'sir etgan bir nechta kiberhujumlarga duch keldi. 2013 va 2014 yillarda 3 milliard foydalanuvchining shaxsiy ma'lumotlari o'g'irlandi. Bu hujumdan so'ng Yahoo kompaniyasining qiymati pasaydi va 4.8 milliard dollarga sotilgan.

2016-yil Mirai Botnet hujumi - Mirai botnet, bir necha milliy internet qurilmalari bo'yicha o'rnatilgan standart qurilmalarni nishonladi va ulardagi xavfsizlik farq qilgan tarmoqlarga taqiladi. Bu hujumlar, boshqa qurilmalarni qo'llab-quvvatlash uchun foydalanilishi mumkin bo'lgan ba'zi standart protokollarni ishlatgan edi.

Ushbu kiberhujum tasirida 2016-yil 21-oktabrda DNS provayderiga qarshi amalga oshirilgan hujum natijasida Twitter, Netflix, Reddit, GitHub va boshqalar kabi yirik platformalar xizmat ko'rsatishda uzilishlarga duch keldi. Bu hujum oqibatida internetning katta qismi ish faoliyatini to'xtatdi[8].

2017-yil WannaCry, ransomware turidagi zararli dastur bo'lib, Windows operatsion tizimlariga hujum qilgan. U dastlabki tarqalishi va tezda global miqyosda tarqalishi bilan mashhur bo'lgan. Hujum 150 dan ortiq mamlakatlarda tarqalgani uchun ko'plab tashkilotlar, jumladan Britaniya milliy sog'liqni saqlash xizmatlari, faoliyatlarini to'xtatishga majbur bo'lishdi. Umumiy zararlar taxminan 4 milliard dollarni tashkil etdi.

2017-yil Equifax, moliyaviy ma'lumotlarni boshqaruvchi kompaniya, kiberhujumga duch keldi, natijada 147 million foydalanuvchining shaxsiy ma'lumotlari o'g'irlandi. Bu hujum natijasida kompaniya 4 milyard dollarlik zararga uchradi va katta miqdordagi shaxsiy ma'lumotlar internetga tarqatildi. Shuningdek, kompaniya uchun reputatsiya yo'qotishiga olib keldi.

2020-yil SolarWinds hujumi - SolarWinds tarmoqlariga kirish, kiber hujumchilar va kiberjarayonchilar tomonidan amalga oshirilgan katta hujumlar ketma-ket edi. Bu hujum, o'z ichiga 17,000 dan ortiq tarmoq saytini ta'siriga olib kelgan va boshqa hujumlar uchun "orqaga qarshi hujum"ni amalga oshirishda qo'llanilgan.

Telekommunikatsiya tizimlariga amalga oshirilayotgan kiber hujumlarni aniqlash usulari

Hujumlarni aniqlash va oldini olish tizimlarining rivojlanishi kiberxavfsizlik sohasida muhim o'rin tutadi, chunki kiberhujumlar ko'paygani sayin, ularni aniqlash va ularga qarshi kurashish uchun samarali tizimlar va texnologiyalar doimiy ravishda takomillashtirilmoqda.

Telekommunikatsiya tizimlariga amalga oshirilayotgan kiber hujumlarni aniqlash uchun bir nechta usullar va algoritmlar qo'llaniladi. Bu usullar odatda kiberxavfsizlik texnologiyalariga asoslangan bo'lib, har xil kiberhujumlarni oldindan bilish, kuzatish va oldini olish imkonini beradi. Ushbu magistrlik ishida quyida kiberhujumlarni aniqlash usullarini ko'rib chiqamiz:

- imzo asosida aniqlash (Signature-Based Detection);
- anomaliya asosida aniqlash (Anomaly-Based Detection);
- xatti-harakatlar tahlili (Behavioral Analysis);
- o'rganishga asoslangan aniqlash (Machine Learning-Based Detection);
- xavfsizlik devorlari va IDS/IPS tizimlari;
- Deep Packet Inspection (DPI);
- yolg'on pozitivlarni kamaytirish (False Positive Reduction);
- hujumlarni bashorat qilish tizimlari (Predictive Analytics).

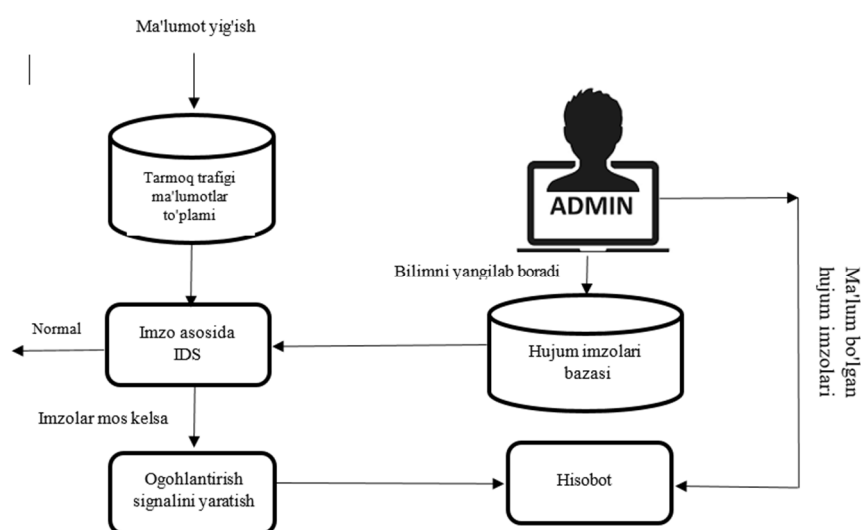
Imzo bo'yicha aniqlash - kiberxavfsizlikda keng tarqalgan yondashuv bo'lib, u hujumlarni aniqlash va ularga qarshi kurashda asosiy rol o'ynaydi. Ushbu usul avvaldan ma'lum bo'lgan kiberhujumlarni aniqlash uchun imzolarni ishlatadi.

Imzo asosida aniqlash tizimlari 1990-yillarda keng tarqaldi. Tizimlar tarmoq trafiginin oldindan belgilangan hujum imzolari bilan taqqoslab, kiberhujumlarni aniqlay boshladi.

Imzo - bu zararli dastur, xakerlik usuli yoki kiberhujumlarning o'ziga xos xususiyatlari, masalan, kod uziga xos belgilari yoki harakatlar[9].

Dastlab zararli dasturlar hamda kiberhujumlar to'planiladi va tahlil qilinadi, tahlil jarayonida ularning kodlari, xatti-harakatlari va kirish xarakatlari o'rganiladi.

Tahlil natijasida olingan ma'lumotlar asosida imzo yaratiladi. Bu imzo, masalan, kodning bir qismi yoki dasturga xos bo'lgan muayyan xatti-harakatlar bo'lishi mumkin.



3-rasm. Imzo asosidagi ruxsatsiz kirish yoki tajovuzni aniqlash tizimi tuzilishi

Imzo bo'yicha aniqlash jarayoni bir necha bosqichni o'z ichiga oladi:

- Tarmoq yoki tizimdan tarmoq trafigi, fayllar va foydalanuvchi xatti-harakatlari haqida ma'lumotlar yig'iladi.
- Yig'ilgan ma'lumotlar oldindan saqlangan imzolar bilan solishtiriladi. Agar biror ma'lumot imzo bilan mos kelsa, tizim bu harakatlarni hujum yoki tahdid sifatida baholaydi.
- Agar moslik aniqlansa, tizim administratorlariga ogohlantirish yuboriladi va tegishli choralar ko'rish tavsiya etiladi.
- Yaratilgan imzolar xavfsizlik tizimlarining (masalan, antivirus dasturlarida) ma'lumotlar bazasida saqlanadi. Ushbu ma'lumotlar bazasi doimiy ravishda yangilanadi[16].

Zero-day hujumlar - bu yangi kiberxavf yoki tizimdagi xavfsizlik zaifligini ekspluatatsiya qilish uchun amalga oshirilgan hujumlar bo'lib, ularga qarshi hech qanday patch (yamoq) yoki himoya choralari hali ishlab chiqilmagan. "Zero-day" degan atama, tizim egalarida yoki ishlab chiquvchilarida ushbu zaiflikdan himoyalani uchun hech qanday vaqt (nol kun) bo'lmaganligini anglatadi.

Ba'zi hollarda normal faoliyatlar kiberhujum sifatida noto'g'ri aniqlanishi mumkin, bu esa tizimdan ortiqcha ogohlantirishlar kelishiga sabab bo'ladi.

Imzo bo'yicha aniqlash tizimlari muntazam ravishda yangilanishlarni talab qiladi, chunki kiberhujumlar va zararli dasturlar doimiy ravishda o'zgarib bormoqda.

Anomaliya asosida aniqlash (Anomaly-Based Detection) - bu kiberxavfsizlikda ishlatiladigan hujumni aniqlash usuli bo'lib, tizim yoki tarmoqdagi normal xatti-harakatlardan chetga chiqishni kuzatib, hujumlarni yoki zararli faoliyatlarni aniqlaydi. Bu usul imzo asosidagi aniqlashdan farqli ravishda, avvaldan ma'lum bo'lmagan hujumlarni ham aniqlash qobiliyatiga ega, chunki u tizimning odatiy xatti-harakatlarini kuzatadi va ularni aniq model bilan solishtiradi.

Anomaliya asosida aniqlashning ishlash prinsipiga ko'ra dastlab, tizim yoki tarmoqning normal holati va foydalanuvchi xatti-harakatlari haqida ma'lumot to'planadi. Bu jarayonda quydagilar tahlil qilinadi.

- Tarmoqdagi normal trafik hajmi va tuzilmasi;
- Foydalanuvchilarning kirish harakatlari;
- Xizmatlar va dasturiy ta'minotning odatiy ishlash usullari tahlil qilinadi.

Odatdagi xatti-harakatlar asosida statistik yoki o'rganish modeliga asoslangan model yaratiladi. Bu model normal holatni tavsiflaydi va undan chetga chiqqan har qanday harakat potentsial xavfli deb baholanadi.

Tizim yoki tarmoqdagi yangi ma'lumotlar yig'ilganda, ular yaratilgan model bilan solishtiriladi. Agar ma'lumotlar normal holatdan sezilarli darajada farq qilsa (anomaliya kuzatilsa), u holda bu kiberhujum yoki zararli faoliyat belgisi sifatida qayd etiladi.

Tizim administratorlari anomaliyalar haqida ogohlantiriladi va ular bu harakatlarni tekshirishi yoki avtomatik javob beruvchi tizimlar sozlangan bo'lsa ularga qarshi choralar ko'rish imkoyati mavjud bo'ladi[17].

Xatti-harakatlarni tahlil qilib aniqlash (Behavioral Analysis) - bu kiberxavfsizlikda ishlatiladigan texnologiya bo'lib, foydalanuvchilar yoki tizimning odatiy faoliyatini tahlil qilish orqali nomaqbul yoki zararli xatti-harakatlarni aniqlashni maqsad qiladi. Bu yondashuv odatda hujumlarni anomaliya asosida aniqlash tizimlariga yaqin va u foydalanuvchilarning yoki dasturlar, tarmoq va qurilmalarning odatdagi faoliyatini kuzatadi.

Avval tizimning yoki foydalanuvchilarning odatiy xatti-harakatlari kuzatiladi. Bu jarayonda quyidagilar tahlil qilinadi:

- Foydalanuvchining tizimga kirish va chiqish vaqtlari;
- Tarmoq trafigi va foydalanuvchi tomonidan foydalaniladigan tarmoq resurslari;
- Foydalanuvchi tomonidan ishlatiladigan dasturlar va ular bilan bog'liq faoliyatlar.

Normal faoliyat asosida foydalanuvchi yoki tizim uchun xulqiy harakatlar yaratib boriladi. Ushbu harakatlar asosida tahlil tizimi foydalanuvchining odatiy harakatlarini o'rganadi va har qanday chetga chiqishni qayd qiladi.

Agar foydalanuvchining xatti-harakatlari odatdagidan sezilarli darajada farqlasa, tizim bu harakatni potentsial tahdid sifatida ko'radi. Misol uchun, foydalanuvchi odatda bir marta tizimga kirsam, ammo bir kun ichida kutilmaganda bir necha marta tizimga kirsangiz yoki ko'p sonli tarmoqlar orasida ma'lumot uzatishga harakat qilsa, tizim bu faoliyatni g'ayrioddiy deb baholaydi.

Tizim administratorlarini ogohlantirish yoki avtomatik ravishda harakat qilish mumkin. Masalan, foydalanuvchining faoliyati bloklanishi yoki tekshiruvlar boshlanishi mumkin.

O'rganishga asoslangan aniqlash (Machine Learning-Based Detection) - kiberxavfsizlikda hujumlarni yoki nomaqbul faoliyatni aniqlash uchun sun'iy intellekt va mashina o'rganish (ML) texnologiyalaridan foydalanadigan usuldir. Ushbu yondashuv odatdagi xatti-harakatlarni avtomatik ravishda o'rganib, yangi tahdidlarni aniqlashda an'anaviy usullardan ancha samarali bo'liadi. Mashina o'rganishning asosiy maqsadi tizim yoki tarmoqdagi hujumlarni o'z vaqtida aniqlash uchun avtomatik ravishda yangi hujumlarni va o'zgarishlarni tushunishidir[10].

Mashina o'rganish modeli uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni yig'ish jarayoni boshlanadi. Bu ma'lumotlar tarmoq trafigi, foydalanuvchi xatti-harakatlari, tizim loglari yoki oldingi hujumlar haqidagi ma'lumotlardan iborat bo'ladi.



Yig'ilgan ma'lumotlar avval tozalanadi, filtrlanadi va mashina o'rganish modeli uchun tayyorlanadi. Bu jarayonda zararli faoliyat va normal faoliyat belgilari o'rganiladi.

Ma'lumotlar to'plami asosida mashina o'rganish modeli o'qitiladi. Model o'qitish uchun etiketlangan (belgilangan) ma'lumotlar talab qilinadi, ya'ni modelga oldindan zararli faoliyat va normal faoliyat namunalarini ko'rsatish kerak. Bu o'rganish jarayonida model ma'lumotlar ichida harakatlarni va farqlarni aniqlashni o'rganadi.

O'qitilgan model yangi kiruvchi ma'lumotlarni tahlil qiladi. Agar model zararli xatti-harakatni aniqlasa, u tizim administratorlariga ogohlantirish beradi yoki avtomatik ravishda himoya choralarini ishga tushiradi.

Tarmoqlararo ekran (Firewalls) va IDS/IPS tizimlari - kiberxavfsizlik infratuzilmasida muhim rol o'ynaydigan vositalar bo'lib, ular tarmoqni himoya qilish, hujumlarni aniqlash va ularga qarshi chora ko'rish uchun ishlatiladi. Ularning vazifalari bir-biriga o'xshash bo'lsa-da, ishlash prinsiplari va funktsional farqlari mavjud.

Tarmoqlararo ekran - himoyalash vositasi bo'lib, ishonchli tarmoq va ishonchsiz tarmoq orasida ma'lumotlarga kirishni boshqarishda qo'llaniladi. Tarmoqlararo ekran ko'p komponentli bo'lib, u internetdan tashkilotning axborot zahiralarni himoyalash strategiyasi sanaladi. Ya'ni tashkilot tarmog'i va internet orasida qo'riqlash vazifasini bajaradi. Tarmoqlararo ekranning asosiy funksiyasi ma'lumotlarga egalik qilishni markazlashtirilgan boshqaruvini ta'minlashdan iborat.

IDS (Intrusion Detection Systems) va IPS (Intrusion Prevention Systems) tarmoqda yoki tizimda nomaqbul va zararli faoliyatni aniqlash va bartaraf etishga mo'ljallangan tizimlardir.

IDS ruxsatsiz kirishni aniqlash tizimi yordamida tizim yoki tarmoq xavfsizlik siyosatini buzib kirishga harakat qilingan usul yoki vositalar aniqlanadi. Ruxsatsiz kirishlarni aniqlash tizimlari deyarli chorak asrlik tarixga ega. Ruxsatsiz kirishlarni aniqlash tizimlarining ilk modellari va prototiplari kompyuter tizimlarining audit ma'lumotlarini tahlillashdan foydalangan. Bu tizim ikkita asosiy sinfga ajratiladi. Tarmoqqa ruxsatsiz kirishni aniqlash tizimi (Network Intrusion Detection System) va kompyuterga ruxsatsiz kirishni aniqlash tizimiga (Host Intrusion Detection System) bo'linadi.

IDS tizimlari arxitekturasi tarkibiga quyidagilar kiradi:

- himoyalangan tizimlar xavfsizligi bilan bog'liq holatlarni yig'ib tahlillovchi sensor qism tizimi;
- sensorlar ma'lumotlariga ko'ra shubhali harakatlar va hujumlarni aniqlashga mo'ljallangan tahlillovchi qism tizimi;
- tahlil natijalari va dastlabki holatlar haqidagi ma'lumotlarni yig'ishni ta'minlaydigan omborxon.

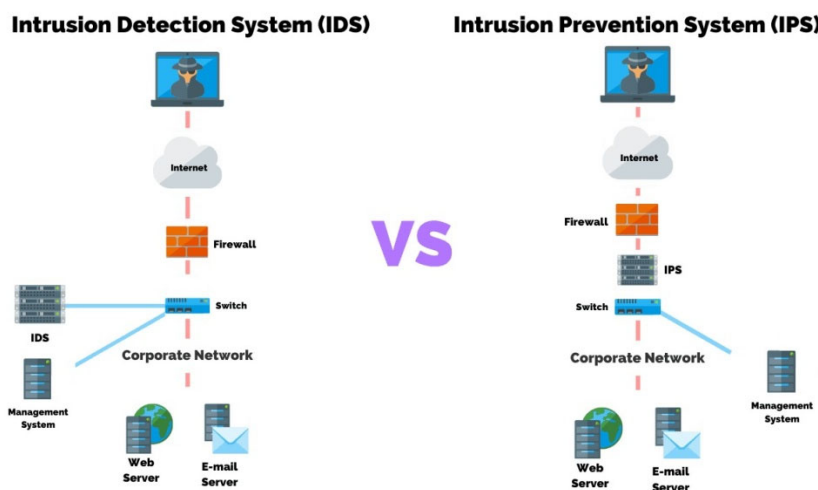
Tarmoqqa ruxsatsiz kirishni aniqlash tizimi (NIDS) ishlash tamoyili quyidagicha:

- tarmoqqa kirish huquqiga ega bo'lgan trafiklarni tekshiradi;
- zararli va ruxsatga ega bo'lmagan paketlarga cheklov qo'yadi.

Tarmoqqa asoslangan IDS (Network-Based IDS): Bu tizim tarmoqdagi trafikni kuzatib, zararli paketlar yoki kiruvchi trafikni aniqlaydi. Tarmoqda kirayotgan va chiqayotgan barcha trafikni tahlil qiladi.

Xostga asoslangan IDS (Host-Based IDS) Xost tizimlarining faoliyatini kuzatadi. Har bir xostda joylashgan dasturlar, fayllar, va foydalanuvchi faoliyatlarini monitoring qiladi va ularning odatdagi faoliyatidan farqli hatti-harakatlarni qayd etadi.

1980-yillar ilk IDS tizimlari faqat oddiy hujum belgilariga asoslangan edi. Bu tizimlar log fayllarini va trafigini qo'lda tahlil qilish orqali hujumlarni aniqlashga asoslangan.



4-rasm. IDS va IPS tizimlarini tarmoqda qo'llanilish sxemasi

IPS kompyuter tizimlari yoki tarmoqlarida yuz berayotgan hodisalarni kuzatish va kompyuter xavfsizligi siyosati yoki standart xavfsizlik qoidalarini buzishga olib keladigan holatlarning tahlili bilan birgalikda aniqlangan holatlarni to'xtatishga, hujumlarga qarshi javob qaytarish qobiliyatli harakatlar yig'indisidir. IPS texnologiyasi IDS texnologiyasini mustaqil ravishda nafaqat xavfni aniqlabgina qolmay, balki uni muvaffaqiyatli bloklashi bilan to'ldiradi. Ushbu taxminiy IPS funksiyasi IDS ga qaraganda ancha kengroq:

- IPS hujumni bloklaydi (xavfsizlik siyosatini buzadigan, resurslarga, hostlarga, dasturlarga kirishni taqiqlovchi foydalanuvchi sessiyasining to'xtatadi);
- IPS himoyalangan muhitni o'zgartiradi (hujumlarni oldini olish uchun tarmoq qurilmalarini qayta tuzadi);

- IPS hujum tarkibini o'zgartiradi (masalan, virusi bilan yuborilgan faylni xatdan olib tashlaydi va uni allaqachon tozalagan yoki proksi-server sifatida yuboradi, kiruvchi so'rovlarni tahlil qiladi va paketli sarlavhalarda ma'lumotni tashlab ketadi).

Biroq, bu tizimlar aniq afzalliklaridan tashqari, ularning kamchiliklariga ham ega. Masalan, IPS har doim axborot xavfsizligi intsidentini aniq belgilab bera olmaydi, yoki xatti-harakatlarning odatdagi xatti-harakatlarini noto'g'ri qabul qiladi yoki foydalanuvchini hodisa sifatida qabul qiladi. Birinchi variantda yolg'on salbiy hodisa haqida gapirish odatiy holdir, ikkinchi variantda esa noto'g'ri ijobiy hodisalar aytiladi. Shuni esda tutish kerakki, ularning paydo bo'lishini to'liq bartaraf etishning iloji yo'q, shuning uchun tashkilot har-bir holda ikki guruhning qaysi xavfini kamaytirish yoki qabul qilish kerakligini mustaqil ravishda hal qilishi mumkin.

Tarmoqga asoslangan IPS (Network-Based IPS) Tarmoqdagi barcha trafikni kuzatib boradi va zararli trafikni bloklash uchun qoidalar asosida ishlaydi. Bu tizim tarmoq chegarasida himoya qiladi.

Xostga asoslangan IPS (Host-Based IPS): Xostning ichki faoliyatini nazorat qiladi va zararli faoliyat topilganda, ushbu tizimdagi jarayonni yoki dasturiy ta'minotni bloklaydi.

Hujumlarni bashorat qilish tizimlari (Predictive Analytics) - bu xavfsizlik ma'lumotlarini oldindan tahlil qilish orqali kelajakdagi kiberxavf yoki hujumlarni prognoz qilish va oldini olishga qaratilgan usullardir. Predictive analytics texnologiyasi kiberxavfsizlikda hujumlar sodir bo'lishidan oldin potentsial tahdidlarni aniqlash va hujumlarni bartaraf etishga imkon beradi.

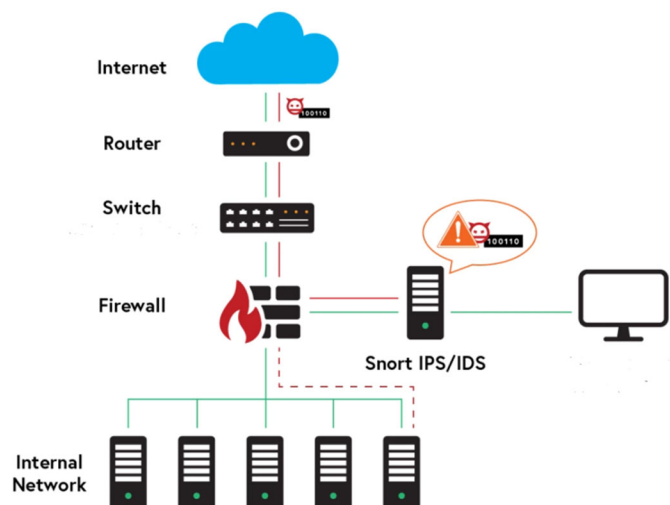
Bu yondashuv tarixiy ma'lumotlar, xatti-harakatlar alohida hujum belgilari va statistik modellarga asoslanadi, shuningdek, mashinani o'rganish va sun'iy intellekt kabi ilg'or texnologiyalarni qo'llaydi. Hujumlarni bashorat qilish orqali tashkilotlar xavfsizlik choralari va mudofaa mexanizmlarini avvaldan kuchaytiradi.

Tarmoq hujumlarini aniqlash va himoyalashda hozirda keng qo'llanilayotgan vositalar

Snort - bu ochiq manba asosida yaratilgan Intrusion Detection System (IDS) va Intrusion Prevention System (IPS) bo'lib, tarmoqda kiberhujumlarni aniqlash va oldini olish uchun ishlatiladi. Snort tarmoq trafikini real vaqtda monitoring qilish, tahdidlarni aniqlash va ogohlantirishlar yuborish imkonini beradi. Martin Roesch tomonidan 1998-yilda ishlab chiqilgan va hozirgi kunda Cisco Systems tomonidan qo'llab-quvvatlanadi. Snort tarmoq trafikini real vaqtda kuzatadi. Anomaliyalar va imzo asosida tahdidlarni aniqlaydi. Foydalanuvchilar o'z ehtiyojlariga mos ravishda qoidalarni yaratishi va yangilashi imkoniyati. Kiber tahdid aniqlanganda tizim administratorlariga ogohlantirish yuboradi.

Snort dastlab 2003 yilda IDS funksiyalari bilan chiqarilgan va hozirda eng ommabop IDS/IPS tizimlaridan biri hisoblanadi. Snort millionlab foydalanuvchilar tomonidan qo'llanilib, keng ko'lamli xavfsizlik tahlillari va himoya choralari ta'minlaydi. Hujumlar va xavfsizlik hodisalari haqidagi

malumotlar qaytdlarni amalga oshiradi.



5-rasm. Snortni real tarmoqda qo'llanilish sxemasi

Snortning asosiy funksiyalari sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

Trafikni kuzatish va tahlil qilish: Snort tarmoq orqali o'tuvchi paketlarni tahlil qiladi va ular ichida g'ayritabiiy yoki zararli faoliyatni aniqlaydi. Bu signatura asosidagi qoidalar yordamida amalga oshiriladi.

Snortning asosiy versiyasi ochiq manbali bo'lsada, Cisco kompaniyasi tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan tijorat versiyalari ham mavjud. Cisconing Firepower platformasi, bu Snortni o'z ichiga olgan holda tarmoq xavfsizligi yechimlarini taqdim etadi[18].

Deep Packet Inspection (DPI): Snort faqatgina paketlarning sarlavhasini emas, balki ularning ma'lumot qismidagi kontentni ham chuqur tahlil qiladi. Bu texnologiya murakkab hujumlarni, masalan, shifrlangan trafikdagi zararli ma'lumotlarni aniqlash imkonini beradi.

Snort har bir trafik paketini protokollar bilan solishtiradi va signatura asosida tekshiradi. Masalan, TCP, UDP, ICMP va boshqa protokollar bilan bog'liq xatolar yoki hujumlar aniqlanadi. Snort turli xil hujumlarni aniqlashda yordam beruvchi modullar bilan ham kengaytiriladi. Masalan, preprocessor modullari yordamida tarmoqda aniq bir protokol yoki trafik turini tahlil qilishda yordam beradi[11].

Suricata - bu ochiq manba kodiga ega bo'lgan tarmoq xavfsizligi tizimi bo'lib, u tarmoq trafigin monitoring qilish, tahlil qilish va hujumlarga qarshi himoya qilish uchun ishlatiladi. Suricata asosan IPS (Intrusion Prevention System) va IDS (Intrusion Detection System) funksiyalarini bajaradi va tarmoqda yuz berayotgan har qanday shubhali faoliyatni aniqlash va bloklashga qaratilgan.

Suricata 2010-yil 3-dekabrda ishlab chiqarilgan. Ushbu loyiha o'zining birinchi versiyasi bo'lgan Suricata 1.0 ni chiqarish bilan boshlandi. Suricata dasturi Open Information Security



Foundation (OISF) tomonidan ishlab chiqilgan, va uning maqsadi tarmoq xavfsizligi va hujumlarni aniqlash tizimlarini yangilash edi.

Dekodlash: Paketning keyingi protokolini aniqlash uchun uni dekodlash bosqichi amalga oshiriladi. Bu qadamda paketning ichki protokol tuzilmalari ochiladi va yangilanadi.

Qoidalarni filtrlash va tekshirish: Qoidani ishga tushirishdan oldin, qoida filtrlanadi va ro'yxatdan keyingi imzolar olinadi. Sarlavha mosligini tekshirish orqali qoidaga muvofiqligi baholanadi.

Aniqlash: Agar sarlavha mos kelsa, qoidaning qolgan qismini tekshirish davom ettiriladi. Boshqa imzolar mavjud bo'lsa, ular bilan moslik tekshiriladi.

Natijalar va ichki tuzilmalarni ishga tushirish: Log fayllariga mos yozuvlar qo'shilib, ichki tuzilmalar yangilanadi.

Ishchilar tizimlarini yaratish: Jarayonning so'nggi bosqichida ishchi tizimlar yaratilib, uzluksiz ishlash uchun Suricata tizimi ishga tushadi.

Ushbu bosqichlar orqali Suricata tarmoqdagi tahdidlarni aniqlash va ularning oldini olishga qaratilgan jarayonni samarali amalga oshiradi.

Suricata turli protokollarni, jumladan, HTTP, FTP, SMTP, DNS va boshqalarni tahlil qiladi. Bu orqali tarmoq trafiginu chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

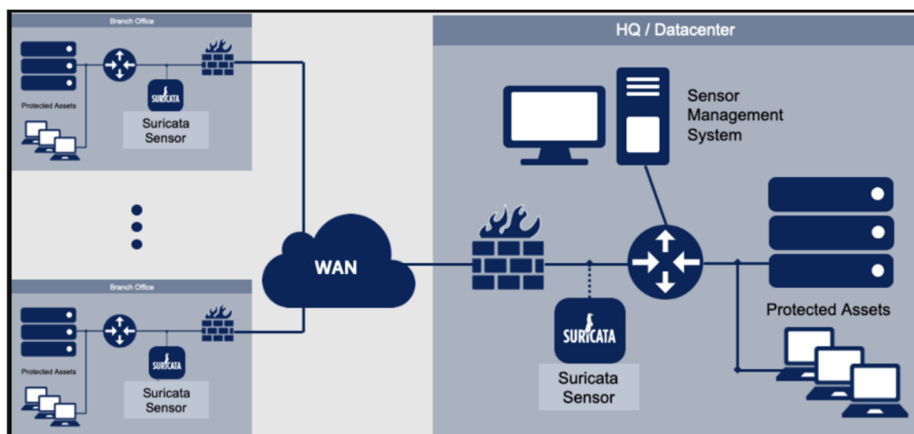
Suricata, tarmoqning tezligini oshirish va ko'p foydalanuvchiga xizmat ko'rsatish uchun ko'p ip (multi-threading) texnologiyasidan foydalanadi.

IDS va IPS sifatida Suricata real vaqt rejimida hujumlarni aniqlash va ularni oldini olishga qodir.

Suricata ochiq manba kodga ega, bu esa uni bepul ishlatish va moslash imkonini beradi. Dasturiy ta'minotni har qanday dasturchi yoki xavfsizlik mutaxassisi o'z ehtiyojlariga mos ravishda o'zgartirishi mumkin.

Suricata turli qo'shimcha modullar bilan kengaytirilishi mumkin, masalan, Suricata-Update orqali qoidalar to'plamini yangilash.

Suricata yuqori ish samaradorligi va katta hajmdagi tarmoq trafiginu samarali ravishda tahlil qilish imkoniyatiga ega.



6-rasm. Suricata real tarmoqda qoʻllanilish sxemasi

Suricata tarmoqdagi harakatlarni monitoring qilish uchun CPU va xotira resurslarini talab qiladi. Tizimning resurslardan foydalanishi tahlil jarayonining samaradorligini belgilaydi. Qoida tahlilida mantiqiy ifodalash va statistik sinovlar asosida qoidalarni belgilash muhimdir. Suricata paketlarni yigʻish jarayonida tarmoq interfeysidan oʻtgan har bir paketni ushlaydi.

IPS va IDS tizimlari ishlash samaradorligini baholash

Tadqiqotning ushbu qismi tarmoq hujumlarini aniqlash tizimlari (IDS) sifatida Snort va Suricataning yuqori tezlikdagi tarmoqlarda samaradorligini baholash va taqqoslashga qaratilgan. Hozirgi kunda, tarmoq xavfsizligi masalalari har qanday tashkilot uchun dolzarb ahamiyatga ega boʻlib, kiber tahdidlar, maʼlumotlarni oʻgʻirlash va zararli dasturlarning koʻpayishi bilan bogʻliq muammolarni hal etish zarurati yuzaga kelmoqda. Ushbu tadqiqot, yuqori tezlikdagi tarmoqlarda mavjud boʻlgan muammolarni hal qilishda zamonaviy IDS larining ahamiyatini koʻrsatadi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot jarayonida, EVE-NG emulyatori orqali 4 ta Kali Linux operatsion tizimi oʻrnatilgan, bu esa tarmoq hujumlarini simulyatsiya qilish va real vaqt sharoitida tahdidlarni tahlil qilish imkonini beradi. Kali Linux, xavfsizlikni baholash va penetratsiya testlari oʻtkazish uchun moʻljallangan vositalar toʻplami bilan jihozlangan. Ushbu tizimlar, har xil turdagi tarmoq hujumlarini amalga oshirishda foydalaniladi, shuningdek, ularni Snort va Suricata IDS lariga qarshi tahlil qilish uchun xizmat qiladi.

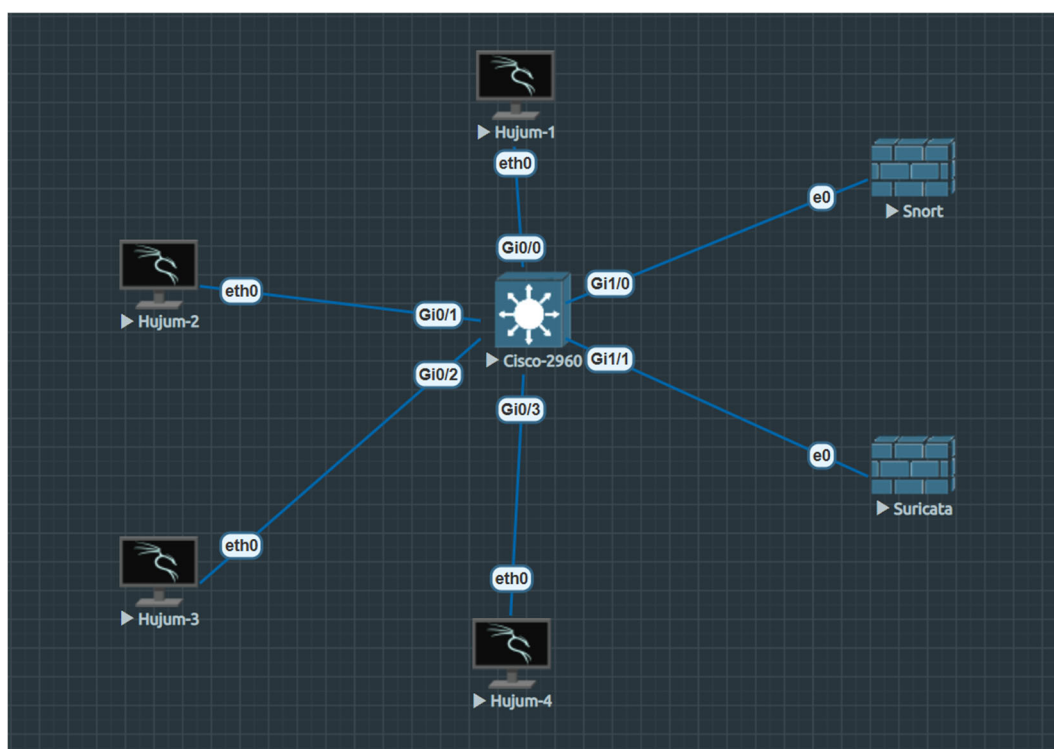
Ushbu tadqiqotda 4 ta hujum qiluvchi kompyuterdan iborat boʻlib, Cisco-2960 24-portli switch orqali 1.0 Gigabit Ethernet kabeli yordamida ulangan holda yulduz topologiyasida joylashgan, snort va suricata, pfsense bazasida joylashgan boʻlib, undan yuqori tezlikdagi tarmoqlar sinab koʻrish va ularning tarmoq xavfsizligi taʼsirini baholash imkoniyati yaratiladi. Ushbu topologiya 3.1-rasmda koʻrsatilgan[12].

Pfsense - ochiq kodli tarmoq xavfsizligi yechimi sifatida koʻplab funktsiyalarni taqdim etadi, jumladan, firewall va router vazifalarini bajaradi.

Yuqori tezlikda trafik yaratish uchun kali-linux operatsin tizimini hping3 instrumenti yordamida hosil qilingan.

hping3 - bu paketlarni yaratish va tahlil qilish uchun mo'ljallangan komanda qatori instrumentidir. U asosan tarmoq diagnostikasi, xavfsizlik tekshiruvi va tarmoqni sinovdan o'tkazish uchun ishlatiladi. Hping3 yordamida (TCP, UDP, ICMP va RAW-IP) protokollari yordamida paketlar yuborishingiz va ularning javoblarini olish imkoniyati mavjud. Hping3 ko'pincha tarmoqni test qilish, ping sinovlari o'tkazish, portlar ochiqligini tekshirish, DDoS hujumlarini simulyatsiya qilish va boshqa tarmoq diagnostikasi uchun ishlatiladi.

Kali Linux operatsion 2024.3 tizimida 2.4 GHz protsessor va 8 GB (8 yadro) RAM berilgan. Pfsense 2.4 GHz protsessor va 8 GB (8 yadro) RAM bilan ta'minlangan.



7-rasm. Amaliy tajribalar uchun ishlab chiqilgan immitatsion model tuzilishi

Sinovlar snort va suricata ga turli paket o'lchamlaridagi (1400, 1024, 512 bayt) va turli trafik tezliklaridagi TCP uchun ishlash samaradorligini baholash va taqqoslash maqsadida o'tkazildi. Sinovlar turli paket tezliklarida (sekundiga 10000, 20000, 30000, 40000 va 50000 paket) o'tkazildi. Tajribada paketlar har sekunda yuboriladi. Ya'ni, har bir hujum qiluvchi mashina 60 soniya davomida 10000, 20000, 30000, 40000 va 50000 paket yuboradi. Trafik generatorlariv(hujum qiluvchilar) ikki IDS ga ega bo'lgan ikkita Pfsensiga trafiklar jo'natdi. Sinov uchun ishlatilgan paket o'lchamlari internet trafikining odatda ushbu o'lchamlarga ega paketlardan iborat bo'lishi uchun maqsadli ravishda bir MTU (maksimal uzatish birligi) dan past tanlangan.

Snort versiyasi 4.1.6 va Suricata versiyasi 7.0.4 o'zlarining standart konfiguratsiyalarida

oʻrnatilgan va natijalarni oʻzlarining mos fayllariga yozadi, bu fayllar standart log katalogida joylashgan. Aniqlikni oshirish uchun har ikkala IDS ham orqa fonda hech qanday faoliyat boʻlmagan maxsus qurilmalarga oʻrnatilgan. Ikkala imzo asosidagi detektorlar uchun bir xil qoidalar qoʻllaniladi, yaʼni SNORT VRT qoidalar toʻplami va Emerging Threats qoidalar toʻplami.

Ikki IDS ning turli sinov senariyalaridagi samaradorligini hisoblash va taqqoslash uchun toʻrtta samaradorlik koʻrsatkichi qoʻllaniladi. Ushbu koʻrsatkichlar IDS ning samaradorligiga taʼsir koʻrsatadigan parametrlar asosida hisoblanadi.

Baholash parametrlar quyidagilardir:

Paket yoʻqotilishi: Bu IDS tomonidan yoʻqotilgan va tekshirilmagan paketlarning jami sonini anglatadi. Paket yoʻqotilishi koʻrsatkichi qanchalik yuqori boʻlsa, IDS ning samaradorligi shuncha past boʻladi.

$$\text{Paket yoʻqotilishi} = \left(1 - \frac{\text{Tahlilqilingan paketlar soni}}{\text{Umumiy paketlar soni}}\right) * 100\% \quad (1)$$

Ushbu formula tarmoq analitikasi va IDS/IPS tizimlarining samaradorligini oʻlchashga oid ilmiy maqolalarda keng tarqalgan. Bu formula paketlar yoʻqotilishini aniqlash uchun ishlatiladi va koʻplab tarmoq monitoringi va xavfsizlik tadqiqotlarida asosiy hisoblash usuli sifatida koʻriladi (Masalan, M. Sc. Smith et al. (2019), "Network Security Monitoring and Packet Loss Analysis").

CPU foydalanish (foizda): Jarayon tomonidan ishlatilgan umumiy ishlov berish resursining foizi.

$$\text{CPU foydalanish} = \left(\frac{\text{Tahlil qilingan paketlar soni} * \text{paket hajmi}}{\text{Trafik tezligi} * \text{Umumiy vaqt}}\right) * 100 \quad (2)$$

Bu yerda:

Tahlil qilingan paketlar soni - IDS/IPS tomonidan tahlil qilingan paketlar soni. Paket hajmi - Har bir paketning oʻlchami (masalan, 512 bayt, 1024 bayt, 1400 bayt). Trafik tezligi - Bir soniyada yuborilgan paketlar soni (Paketlar/s). Umumiy vaqt - Eksperiment davomida sarflangan umumiy vaqt (soniyalarda).

Ushbu formula tarmoq xavfsizligi tizimlarining samaradorligini baholashda paket hajmi va CPU sarfi oʻrtasidagi bogʻlanishni koʻrsatadi.

Xotira foydalanish (foizda): Jarayon tomonidan ishlatilgan umumiy jismoniy xotiraning foizi.

Xotira sarfini hisoblash formulasi C. Lee va B. Kim (2018), "Memory Consumption Analysis for Intrusion Detection Systems" maqolasida ishlab chiqilgan. Ular IDS tizimlarining xotira resurslarini tahlil qilishda ushbu formuladan foydalanishadi.

$$\text{Xotiradan foydalanshi} = \frac{\text{Ishlatilgan jismoniy xotira}}{\text{Umumiy jismoniy xotira}} * 100 \quad (3)$$

Umumiy fizik xotira: $8 \text{ GB} = 8 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \text{ bayt} = 8,589,934,592 \text{ bayt}$.

Ishlatilgan fizik xotira: Har bir paketning o'lchami K bayt. Tahlil qilingan paketlar sonini (N) bilgan holda, ishlatiladigan xotira hajmini hisoblaymiz:

Ishlatilgan jismoniy xotira = $N \times K$;

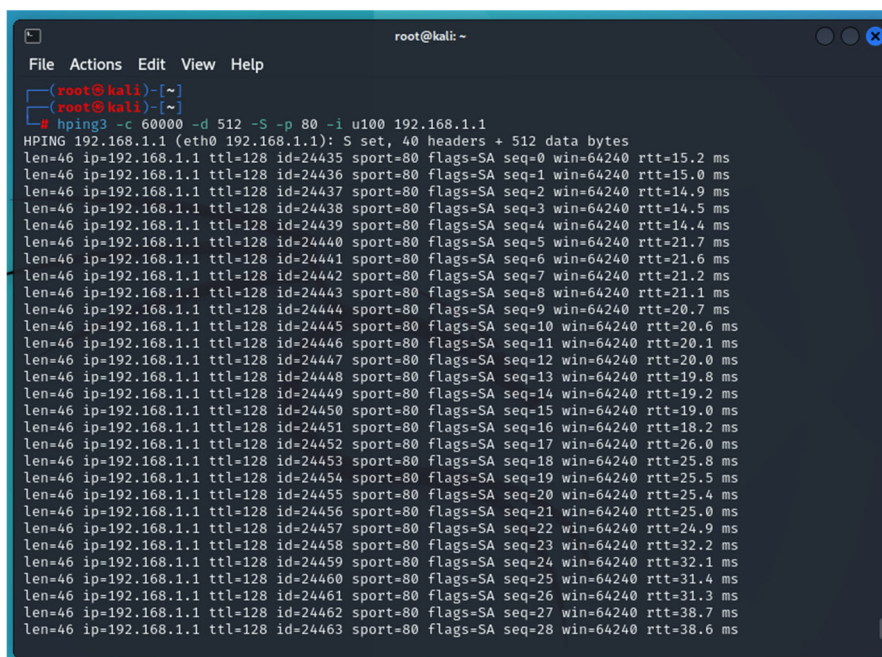
$$\text{Xotiradan foydalanshi} = \frac{N * K}{8589934592} * 100 \quad (4)$$

Tadqiqod natijalari va kuzatishlar: Tajribalar davomida TCP paketlari turli o'lchamlarda (512, 1024 va 1400 bayt) va 10000, 20000, 30000, 40000 va 50000 tezliklarda 60 soniya davomida Snort va Suricata ga yuborildi. Paketlar soni har ikki IDS tomonidan tahlil qilindi. Rasmda normal va zararli trafik uchun 512 baytli paket o'lchami bo'yicha har ikki IDS tizimining samaradorligi ko'rsatilgan.

8 – rasmda 10000 paket/sekund tezlikda 60 soniya davomida 512 baytli hajimli paket bitta hujum qiluvchi mashina tomonidan uzatilayotganligi ko'rsatilgan.

Ushbu rasmda ko'rsatilgan buyruqda quydagi elementlar keltirilgan:

-c 600000 - 60 soniya davomida 10,000 paket/soniya yuborish uchun jami 600,000 paket yuboriladi (10,000 paket * 60 soniya);



```

root@kali: ~
└─# hping3 -c 60000 -d 512 -S -p 80 -i u100 192.168.1.1
HPING 192.168.1.1 (eth0 192.168.1.1): S set, 40 headers + 512 data bytes
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24435 sport=80 flags=SA seq=0 win=64240 rtt=15.2 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24436 sport=80 flags=SA seq=1 win=64240 rtt=15.0 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24437 sport=80 flags=SA seq=2 win=64240 rtt=14.9 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24438 sport=80 flags=SA seq=3 win=64240 rtt=14.5 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24439 sport=80 flags=SA seq=4 win=64240 rtt=14.4 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24440 sport=80 flags=SA seq=5 win=64240 rtt=21.7 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24441 sport=80 flags=SA seq=6 win=64240 rtt=21.6 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24442 sport=80 flags=SA seq=7 win=64240 rtt=21.2 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24443 sport=80 flags=SA seq=8 win=64240 rtt=21.1 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24444 sport=80 flags=SA seq=9 win=64240 rtt=20.7 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24445 sport=80 flags=SA seq=10 win=64240 rtt=20.6 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24446 sport=80 flags=SA seq=11 win=64240 rtt=20.1 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24447 sport=80 flags=SA seq=12 win=64240 rtt=20.0 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24448 sport=80 flags=SA seq=13 win=64240 rtt=19.8 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24449 sport=80 flags=SA seq=14 win=64240 rtt=19.2 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24450 sport=80 flags=SA seq=15 win=64240 rtt=19.0 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24451 sport=80 flags=SA seq=16 win=64240 rtt=18.2 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24452 sport=80 flags=SA seq=17 win=64240 rtt=26.0 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24453 sport=80 flags=SA seq=18 win=64240 rtt=25.8 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24454 sport=80 flags=SA seq=19 win=64240 rtt=25.5 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24455 sport=80 flags=SA seq=20 win=64240 rtt=25.4 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24456 sport=80 flags=SA seq=21 win=64240 rtt=25.0 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24457 sport=80 flags=SA seq=22 win=64240 rtt=24.9 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24458 sport=80 flags=SA seq=23 win=64240 rtt=32.2 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24459 sport=80 flags=SA seq=24 win=64240 rtt=32.1 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24460 sport=80 flags=SA seq=25 win=64240 rtt=31.4 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24461 sport=80 flags=SA seq=26 win=64240 rtt=31.3 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24462 sport=80 flags=SA seq=27 win=64240 rtt=38.7 ms
len=46 ip=192.168.1.1 ttl=128 id=24463 sport=80 flags=SA seq=28 win=64240 rtt=38.6 ms

```

8-rasm. 512 baytli o'lchamidagi normal paket TCP trafikini uzatish

-d-512 - har bir paketning o'lchami (bu yerda 100 bayt);

-S - SYN bayrog'ini qo'shadi (TCP paketlari yuboradi);

-p 80 - paketlar yuboriladigan port (bu yerda 80-port);

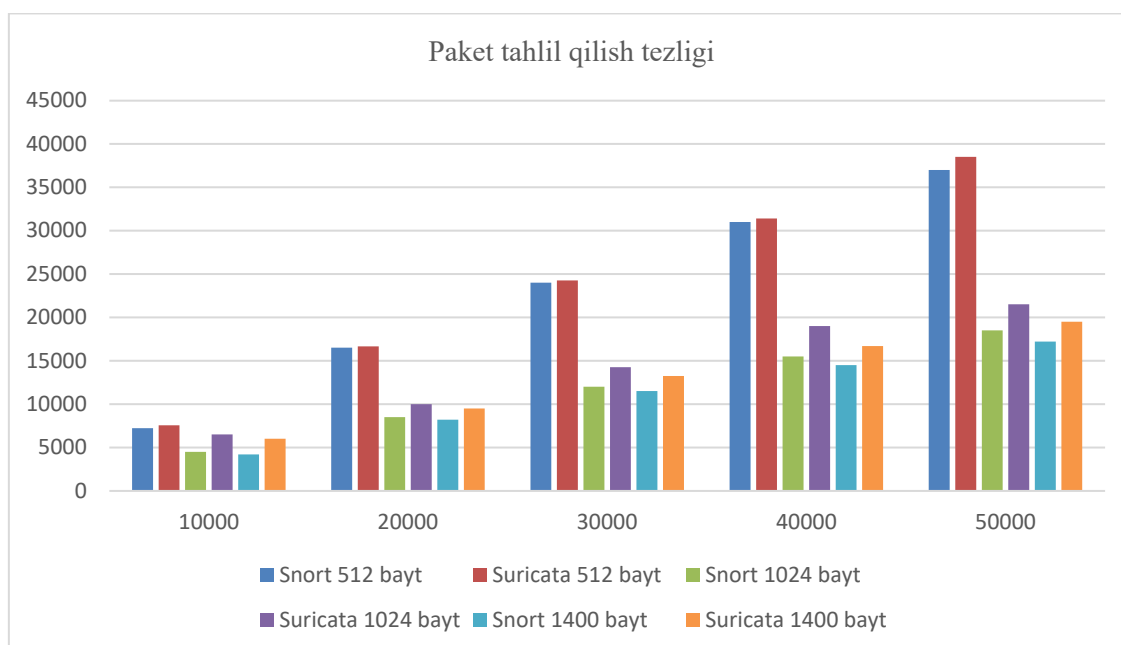
-i u100 - paketlar orasidagi intervalni 100 mikrosekund qilib belgilaydi.

Quyidagi jadvalda 512, 1024 hamda 1400 baytli paket o'lchamidagi TCP trafikining Snort va Suricata tizimlarining tahlil qilish tezligi qiymatlari tajriba natijasida olingan.

1-jadval. Snort va Suricata tizimlarining qiyosiy tahlil natijalari

Trafik tezligi (paket/soniya)	Snort 512 bayt	Suricata 512 bayt	Snort 1024 bayt	Suricata 1024 bayt	Snort 1400 bayt	Suricata 1400 bayt
10000	7220	7560	4500	6500	4200	6000
20000	16500	16660	8500	10000	8200	9500
30000	24000	24250	12000	14250	11500	13250
40000	31000	31400	15500	19000	14500	16700
50000	37000	38500	18500	21500	17200	19500

Quyida ushbu jadvalda keltirilgan ma'lumotlarning vizual ko'rinishi keltirilgan.



9-rasm. TCP trafik bo'yicha paket tahlil qilish tezligi

Keltirilgan rasmdagi grafikni tahlil qilsak snort hamda suricata ning IDS lari har-xil uzunligidagi paketlarni tahlil natijasida quydagicha o'zini nomoyon qildi.

512 bayt paketlar bo'yicha:

Snort: Trafik hajmi oshgani sari tahlil qilish tezligi oshmoqda, ammo yuqori trafikda barqarorlik kamayadi. 50,000 paketda maksimal qiymatga erishiladi (taxminan 42,000 paket/soniya).

Suricata: Ushbu hajmdagi paketlarda Suricata Snortga juda yaqin yoki undan biroz pastroq natijalar ko'rsatmoqda. Bu Suricata uchun kichik paketlarni tahlil qilish samaradorligi Snort bilan bir xil darajada ekanligini ko'rsatadi.

1024 bayt paketlar bo'yicha:

Snort: Paket hajmi oshgani sari Snortning tahlil qilish tezligi kamaymoqda. Bu Snortning yirik paketlarni qayta ishlashda samaradorlikning cheklanganligini ko'rsatadi.

Suricata: Suricata ham yuqori hajmli trafikda samaradorligini biroz yo'qotadi, ammo Snortga nisbatan yaxshiroq natijalar ko'rsatmoqda[13].

1400 bayt paketlar bo'yicha:

Snort: Bu hajmdagi paketlar uchun Snortning tahlil qilish tezligi eng past darajada bo'lib, katta hajmdagi trafikda sezilarli pasayish kuzatiladi.

Suricata: Suricata bu hajmdagi paketlarni qayta ishlashda ham samaradorlikni nisbatan barqaror ushlab turadi va yuqori trafik hajmlarida Snortdan ancha yaxshi natijalar ko'rsatdi.

Tajriba natijalari bo'yicha xulosa qiladigan bo'lsak tizimlarining tahlil qilish tezligi qiymatlari shuni ko'rsatmoqdaki Suricata tarmoq trafikini tahlil qilishda Snort'ga nisbatan samaraliroq ishlaydi, ayniqsa paket o'lchami katta bo'lganda va trafik intensivligi yuqori bo'lsa.

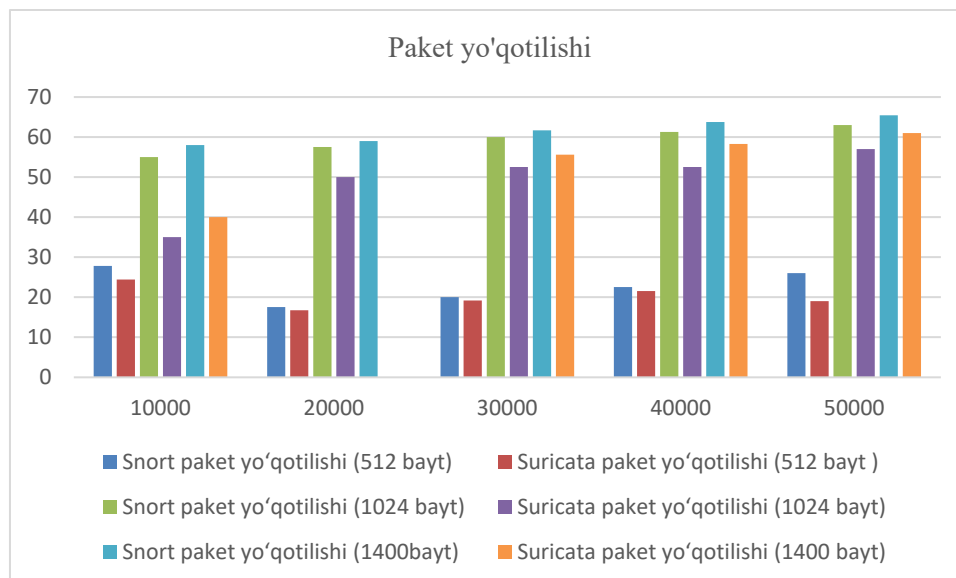
Paket yo'qlish qiymatini 512 bayt hajmli TCP paket uchun har xil (10000, 20000, 30000, 40000, 50000 paket/sekund) tezlikda yuqorida asoslangan formula bo'yicha hisoblaymiz.

Paket yo'qolish qiymatini 1024 va 1400 bayt hajmli TCP paket uchun har xil (10000, 20000, 30000, 40000, 50000 paket/sekund) tezlikda asosida hisoblab chiqib, quyidagi jadvalni mos ravishda to'ldirib chiqamiz.

2-jadval. Paket yo'qolish qiymatlari

Trafik tezligi (paket/soniya)	Snort 512 bayt	Suricata 512 bayt	Snort 1024 bayt	Suricata 1024 bayt	Snort 1400bayt	Suricata 1400 bayt
10000	45896	45771	55	35	58	40
20000	45794	45854	57.5	50	59	52.5
30000	20	19.17	60	52.5	61.67	55.58
40000	45799	45798	61.25	52.5	63.75	58.25
50000	26	19	63	57	65.44	61

Keltirilgan jadvalda uzatilayotgan 512, 1024 hamda 1400 baytli o'lchamidagi paket uzunligidagi TCP trafikining IDS lar tomonidan yo'qotilgan (tekshirilmagan) paketlar jami sonini foizlarda ifodalanishi keltirilgan. Quyida ushbu jadvalda keltirilgan qiymatlarning vizual ifodasi keltirilgan.



10- rasm. Paketlar yo'qotilish ko'rsatkichlari

Grafikni tahlil qiladigan bo'lsak Snort hamda Suricata ning IDS lari har xil uzunligida paketlar yo'qolishi tahlil qilinib quydagicha natijalarga erishildi deb hisoblash mumkin bo'ladi.

512 baytlik paketlar bo'yicha:

Snort paket yo'qotilishi **Suricata**ga nisbatan ancha yuqori bo'lib, u tarmoqqa ko'proq paketlar yuborilganda (50000) sezilarli darajada oshadi.

1024 baytlik paketlar bo'yicha:

Bu hajmda ham **Snort**ning yo'qotish darajasi **Suricata**nikiga qaraganda yuqori ekanligini ko'rish mumkin. Paketlar soni ortishi bilan farq yanada ko'zga tashlanadi.

1400 baytlik paketlar bo'yicha:

Eng katta paket hajmida **Snort**ning yo'qotish ko'rsatkichlari barqaror yuqori bo'lib qolmoqda. **Suricata**ning natijalari bu hajmda ham nisbatan barqaror va pastroq yo'qotish bilan ajralib turadi. **Suricata** katta hajmdagi tarmoqlar uchun samaraliroq bo'lib, paket yo'qotilishi kamroq. **Snort** kichikroq tarmoq oqimlari uchun yaxshi ishlashi mumkin, ammo paket oqimi oshishi bilan yo'qotish darajasi sezilarli oshadi[14].

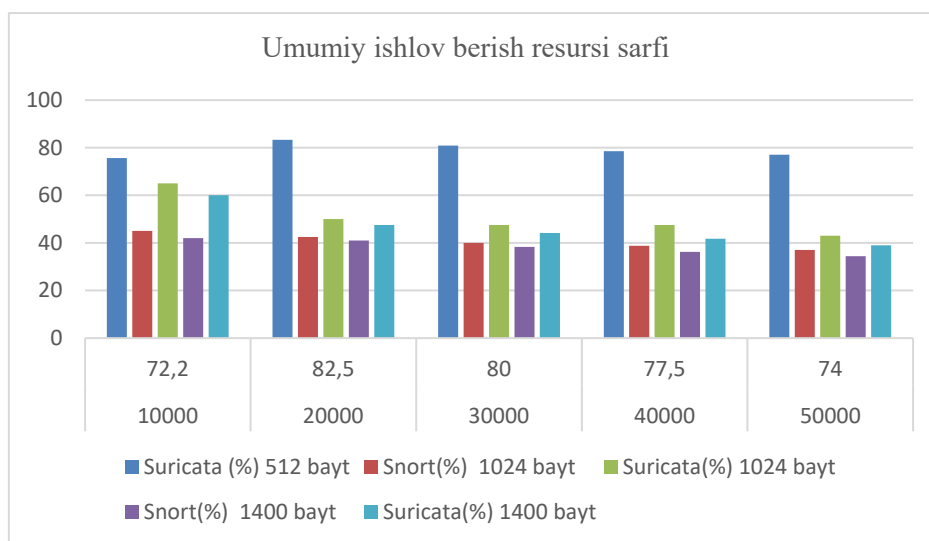
Ushbu tizimlarni paket yo'qolishi bo'yicha tahlili shuni ko'rsatadiki, tizim samaradorligini oshirish uchun **Suricata** tizimidan foydalanish tavsiya etiladi, ayniqsa yuqori tarmoq oqimlari bilan ishlashda bu yaqqol seziladi.

Tizimlarning CPU da ishlatilgan resurs qiymatini 512 bayt hajmli TCP paket uchun har xil (10000, 20000, 30000, 40000, 50000 paket/sekund) tezlikda yuqorida asoslangan formula asosida hisoblaymiz. Quyidagi jadvalda tizimlarning CPUdan foydalanish ko'rsatkichlari keltirilgan.

3-jadval. Tizimlarning CPUdan foydalanish ko'rsatkichlari

Trafik tezligi (paket/soniya)	Snort (%) 512 bayt	Suricata (%) 512 bayt	Snort(%) 1024 bayt	Suricata (%) 1024 bayt	Snort(%) 1400 bayt	Suricata (%) 1400 bayt
10000	72.2	75.6	45	65	42	60
20000	82.5	83.3	42.5	50	41	47.5
30000	80	80.83	40	47.5	38.33	44.17
40000	77.5	78.5	38.75	47.5	36.25	41.75
50000	74	77	37	43	34.4	39

Bunda uzatilyotgan 512, 1024 hamda 1400 baytli o'lchamidagi paket uzunligidagi TCP trafikining IDS lar tomonidan ishlatilgan umumiy ishlov berish resursining foizlari ko'rsatilgan.



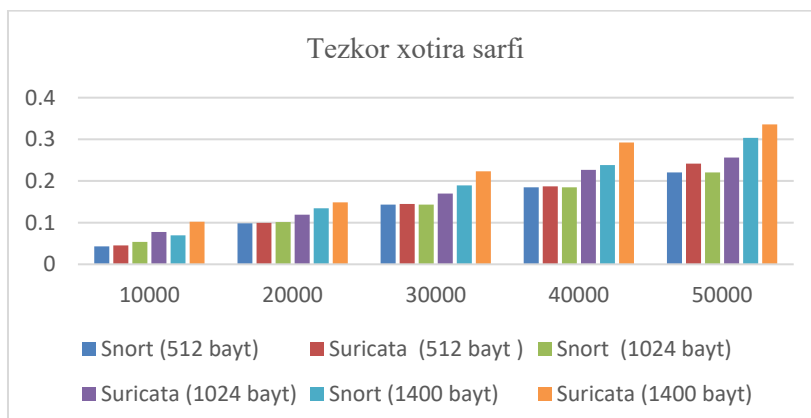
11-rasm. IDS lar tomonidan umumiy ishlov berish resursining ko'rsatkichlari

Jarayon vaqtida IDS lar uchun ajratilgan tezkor xotirani band qilish qiymatini 512 bayt hajmli TCP paket uchun har xil tezlikda yuqorida asoslangan formula bo'yicha hisob-kitoblar qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

4-jadval. IDS lar uchun ajratilgan tezkor xotirani band qilish qiymatlari

Trafik tezligi (paket/soniya)	Snort 512 bayt	Suricata 512 bayt	Snort 1024 bayt	Suricata 1024 bayt	Snort 1400 bayt	Suricata 1400 bayt
10000	0.043	0.0451	0.0536	0.0775	0.0695	0.1021
20000	0.0984	0.0993	0.1013	0.1192	0.1345	0.1486
30000	0.1431	0.1446	0.1431	0.1699	0.1894	0.2232
40000	0.1848	0.1871	0.1848	0.2265	0.2383	0.2925
50000	0.2205	0.2415	0.2205	0.2563	0.3035	0.3356

Quyida jadvalda kelitirilgan qiymatlarning vizual ko'inishi ifodalangan.



12 – rasm. IDS lar uchun ajratilgan tezkor xotirani band qilish ko'rsatkichlari

Ushbu jadvalga asoslanib, paket tezligi oshgani sari har ikkala IDS tizimining xotira sarfi ham oshayotganini ko'rish mumkin.

Paket hajmi kattalashgan sari har ikkala vosita ham ko'proq resurs sarflayapti. Trafik yuklamasi oshgan sari sarf ham oshmoqda, bu normal holat. Snort har doim kamroq RAM ishlatadi, bu uni cheklangan resursli tizimlar uchun mos qiladi. Suricata esa ko'proq xotira talab qiladi, lekin bu evaziga ko'proq imkoniyatlar va murakkab trafikni yaxshiroq tahlil qilish qobiliyatini taklif etadi. Ushbu tadqiqotda Snort va Suricata tarmoqli xavfsizlik tizimlarining samaradorligi texnik jihatdan tahlil qilindi. Tahlil quyidagi asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha olib borildi: tezkor xotira (RAM) sarfi, markaziy protsessor (CPU) yuklanishi, paket yo'qolish darajasi va paketlarni tahlil qilish tezligi shular jumlasidandir.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Snort vositasi resurslarni, ya'ni RAM va CPU'ni nisbatan kamroq sarflaydi, bu uni resurs cheklangan yoki past quvvatli tizimlar uchun qulay qiladi. Ammo bu tejamkorlik ba'zi holatlarda paket yo'qolishining ortishiga olib keladi, ayniqsa trafik yuklamasi yuqori bo'lsa. Suricata esa ko'proq RAM va CPU sarf qilgan bo'lsada, yuqori ishlov berish samaradorligi bilan ajralib turadi. Suricata paketlarni tezroq tahlil qiladi, va kamroq paket yo'qotadi, bu esa uni katta hajmdagi trafikni real vaqt rejimida qayta ishlash talab etiladigan muhitlar uchun afzal vosita qiladi. Xususan, tahlil qilish tezligi har doim Snort'dan yuqori bo'ldi, bu esa samarali ko'p oqimli (multi-threaded) ishlov berish mexanizmlari natijasidir.

Xulosa qilib aytganda, Snort va Suricata orasida tanlov tarmoq hajmi, mavjud resurslar va xavfsizlik tahlilining chuqurligiga bog'liq bo'ladi. Kichik va o'rtacha tarmoqlar uchun Snort yetarli bo'lishi mumkin, ammo katta, murakkab va yuqori trafikga ega tarmoqlarda Suricata ustunlikka ega deb aytish mumkin.



Xulosa

Zamonaviy kiberxavfsizlik sohasida global tahdidlarning murakkablashuvi, tarmoqlarning diversifikatsiyasi va raqamli infratuzilmalarning o'sishi sababli intruziyani aniqlash va oldini olish tizimlariga (IDS/IPS) bo'lgan ehtiyoj har qachongidan kuchaymoqda. Ushbu dissertatsiyada Snort va Suricata kabi ochiq manbali IDS/IPS tizimlari solishtirildi, ularning samaradorlik ko'rsatkichlari real trafik asosida baholandi, va bu tizimlar yordamida ishlab chiqilishi mumkin bo'lgan kiberxavfsizlik strategiyalari tizimli tarzda taklif qilindi.

Snort, uzoq yillik tajriba va keng foydalanuvchi bazasiga ega bo'lgan, signatura asosidagi aniqlashga ixtisoslashgan tizim bo'lib, tarmoq xavfsizligida minimal resurslar bilan ishlovchi muhitlar uchun qulay vositadir. Biroq, u yagona yadroda ishlashi, anomaliya asosidagi tahlilni cheklangan darajada qo'llashi sababli yuqori trafik va zamonaviy, murakkab tahdidlarni aniqlashda to'liq imkoniyat bermaydi.

Suricata esa ko'p yadroli ishlash, real vaqtli oqim (streaming) tahlili, keng protokol qo'llab-quvvatlashi (masalan, TLS, HTTP2), va JSON formatdagi qaydlar orqali SIEM tizimlariga to'g'ridan-to'g'ri integratsiyalanish imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu afzalliklar uni murakkab va ko'p qatlamli tahdidlarni aniqlashda ancha ustun qiladi. Suricata'ning anomaliya asosidagi yondashuvga tayyorligi, xususan mashina o'rganish (machine learning) modellarini integratsiyalash imkoniyati - kiberxavfsizlikda proaktiv yondashuv sari muhim qadamdir.

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan strategik tavsiyalar shuni ko'rsatadiki, kiberhujumlarni samarali aniqlash va ularga javob berishda quyidagi yondashuvlar dolzarbdir: Gibrid arxitektura: Snort va Suricata'ning kuchli jihatlarini bir tizimda uyg'unlashtirish orqali har xil turdagi hujumlarni keng qamrovli aniqlash mumkin. AI integratsiyasi: IDS loglaridan olingan ma'lumotlar asosida sun'iy intellekt yondashuvlarini qo'llash kiberxavfsizlikni proaktiv bosqichga olib chiqadi. Mahalliyashtirilgan tahdid modeli: O'zbekiston yoki Markaziy Osiyo hududi uchun moslashtirilgan qoida bazasi va tahdidlar modellari yordamida regional xavflarni tezroq aniqlash va tahlil qilish mumkin. SIEM va avtomatlashtirish: Real vaqtli monitoring va avtomatlashtirilgan tahdidga javob strategiyalari orqali inson xatosini kamaytirish va xavfsizlikni mustahkamlash imkoniyati tug'iladi. IoT va cheklangan resursli muhitlar uchun yengil IDS dizayni: Bu orqali yangi avlod tarmoqlar (5G, IoT) uchun ham tahdid monitoringi joriy etilishi mumkin.

Olib borilgan amaliy tajribalar va tahlillar shuni ko'rsatdiki, Snort va Suricata asosida qurilgan tarmoqli kiberxavfsizlik yechimlari faqatgina texnik vosita sifatida emas, balki ilmiy asoslangan, kengaytiriluvchi va milliy strategiyaga moslashtiriladigan platforma bo'lishi mumkin. Ushbu tadqiqot natijalari O'zbekiston va boshqa rivojlanayotgan davlatlar uchun ochiq manbali, iqtisodiy jihatdan samarali, lekin yuqori aniqlikdagi xavfsizlik tizimlarini yaratishda asosiy model sifatida xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 12-fevraldagi PQ-4996-son qarori – “Kiberxavfsizlik sohasidagi davlat siyosatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”.
2. O'zbekiston Respublikasi Jinoyat kodeksi, 278-1-moddasi – “Axborot tizimlariga ruxsatsiz kirish”, va 278-2-moddasi – “Axborot tizimining ishlashini buzish”.
3. O'zbekiston Respublikasi raqamli xavfsizlik siyosatiga oid strategik hujjatlar – Telekommunikatsiya tarmoqlari va axborot infratuzilmalari uchun xavfsizlik standartlari va texnik reglamentlar to'g'risida me'yoriy hujjatlar to'plami (Raqamli texnologiyalar vazirligi materiallari, 2022–2024).
4. Roesch, M. (1999). Snort - Lightweight Intrusion Detection for Networks. Proceedings of the 13th USENIX Conference on System Administration (LISA '99), 229–238.
5. The Open Information Security Foundation (OISF). (2023). Suricata: Open Source IDS / IPS / NSM Engine.
6. Scarfone, K., & Mell, P. (2007). Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS). National Institute of Standards and Technology (NIST) Special Publication 800-94.
7. Garcia-Teodoro, P., Diaz-Verdejo, J., Maciá-Fernández, G., & Vázquez, E. (2009). Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges. *Computers & Security*, 28(1-2), 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2008.08.003>
8. Zuech, R., Khoshgoftaar, T. M., & Wald, R. (2015). Intrusion detection and Big Heterogeneous Data: a Survey. *Journal of Big Data*, 2(1), 3.
9. Shone, N., Ngoc, T. N., Phai, V. D., & Shi, Q. (2018). A deep learning approach to network intrusion detection. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 2(1), 41–50.
10. Sommer, R., & Paxson, V. (2010). Outside the closed world: On using machine learning for network intrusion detection. 2010 IEEE Symposium on Security and Privacy, 305–316.
11. Kumar, A., & Sachdeva, M. (2019). A Survey on Intrusion Detection Systems for Cloud Computing. *International Journal of Information Technology*, 11(3), 525–533.
12. Alshamrani, A., Myneni, S., Chowdhary, A., & Huang, D. (2019). A survey on advanced persistent threats: Techniques, solutions, challenges, and research opportunities. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2), 1851–1877.
13. Salah, K., Kahtan, H., & Al-Bazzaz, H. (2019). Performance evaluation of Snort and Suricata IDS/IPS engines for high throughput environments. *Journal of Network and Computer Applications*, 100, 132–150. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.11.001>
14. Axelsson, S. (2000). Intrusion detection systems: A survey and taxonomy. Technical Report No. 99-15, Department of Computer Engineering, Chalmers University of Technology.
15. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 41(3), 1–58.
16. Garcia, S., Grill, M., Stiborek, J., & Zunino, A. (2014). An empirical comparison of botnet detection methods. *Computers & Security*, 45, 100–123.
17. Moustafa, N., & Slay, J. (2015). UNSW-NB15: a comprehensive data set for network intrusion detection systems (UNSW-NB15 network data set). 2015 Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS), IEEE.
18. Mishra, R., & Garg, K. (2020). A comparative study of Snort and Suricata in cloud environment. *International Journal of Information Security and Privacy (IJISP)*, 14(4), 1–12.



Авторы

Абдуллахўжаев Саидисломбек

Эсонов Жавоҳирбек

Ҳенгзхе Зҳанг

Мадаминов Адҳамбек

Маратов Бахтияр

Мухиддинов Мухриддин

Ташкентский университет
информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий,
Ташкент, 100200, Узбекистан;

javoxir3001753@gmail.com

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВЕБ-КРАУЛера С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ВЕБ-ДАнных

Аннотация: В условиях стремительного роста объемов веб-данных, достигающих петабайт в 2025 году, веб-краулеры становятся ключевым инструментом для сбора, обработки и анализа информации. Традиционные последовательные подходы к веб-краулингу не справляются с задачами обработки больших массивов данных в реальном времени из-за ограничений производительности одного процессора. В данной статье представлена разработка распределенного веб-краулера, оптимизированного для сайта torar.uz, использующего параллельную обработку на основе моделей Symmetric Multiprocessing (SMP) и Dask Cluster. Проведен детальный сравнительный анализ производительности последовательного, параллельного и распределенного режимов по метрикам времени выполнения, ускорения (speedup), эффективности (efficiency) и потребления ресурсов.

Результаты демонстрируют, что параллельный режим сокращает время выполнения в 2.98 раза, а распределенная модель обеспечивает масштабируемость и устойчивость для обработки больших объемов данных. Работа ориентирована на образовательные и исследовательские приложения, поддерживая цели цифровизации в Узбекистане, включая автоматизацию сбора данных для образовательных платформ и научных исследований. Дополнительно рассмотрены потенциальные сценарии применения краулера, такие как анализ цен, мониторинг ассортимента и поддержка рекомендательных систем.

Ключевые слова: веб-краулинг, параллельная обработка, распределенные системы, Python, BeautifulSoup, ProcessPoolExecutor, Dask, масштабируемость, производительность.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Введение

Интернет в 2025 году насчитывает более 2 миллиардов веб-сайтов, генерирующих терабайты данных ежедневно. Этот объем данных создает значительные вызовы для веб-краулеров, используемых для индексации, анализа и сбора информации. Последовательные краулеры, работающие на одном процессоре, ограничены в производительности, что делает их неэффективными для обработки больших объемов данных в реальном времени. Например, сканирование одного сайта с тысячами страниц может занимать часы, что неприемлемо для приложений, требующих актуальной информации, таких как мониторинг цен или анализ трендов. Параллельная обработка и распределенные системы позволяют распределять задачи между несколькими процессорами или узлами, значительно ускоряя процесс и обеспечивая масштабируемость.

В Узбекистане цифровизация остается приоритетом, закрепленным в Указе Президента № ПФ-5847 от 8 октября 2019 года, который акцентирует внедрение современных информационно-коммуникационных технологий в образование, науку и экономику [1]. Веб-краулинг играет важную роль в достижении этих целей, обеспечивая сбор данных для образовательных платформ, аналитических систем, рекомендательных сервисов и исследований. Например, сбор данных о книгах с сайта topar.uz может поддерживать создание цифровых библиотек, анализ спроса на литературу или разработку систем рекомендаций для студентов.

Цель исследования – разработка распределенного веб-краулера для сайта topar.uz, использующего параллельную обработку для эффективного сбора данных о книгах (название, цена, наличие, рейтинг).

Задачи исследования:

- Реализация краулера с использованием моделей SMP и Dask Cluster.
- Сравнительный анализ производительности режимов (последовательный, параллельный, распределенный) с учетом времени выполнения, энергопотребления и стабильности.
- Оценка применимости решения в образовательных и исследовательских проектах, включая интеграцию с аналитическими платформами.
- Исследование ограничений и потенциальных улучшений, таких как обработка динамического контента и фильтрация данных.

Гипотеза: параллельная обработка сокращает время выполнения задач краулинга, а распределенные системы обеспечивают масштабируемость и устойчивость к сбоям при обработке больших объемов данных.



Дополнительно исследование включает анализ устойчивости краулера к ошибкам (например, таймаутам HTTP-запросов) и его адаптивности к изменениям структуры сайта, что делает решение более надежным для долгосрочного использования.

Анализ литературы

Современные исследования веб-краулинга сосредоточены на интеллектуальных методах, масштабируемых архитектурах и интеграции с технологиями машинного обучения. В работе [2] представлен скрытый веб-краулер IHWC, разработанный для извлечения данных из "глубокой" сети, таких как городские данные о загрязнении воздуха или медицинские записи. IHWC использует алгоритмы машинного обучения SVM и KNN для классификации веб-форм, определяя их пригодность для извлечения данных. KNN достигает точности 92% при $k=5$, а SVM – 90% с линейной моделью soft margin. Harvest rate составляет 27%, что превосходит аналоги (FFC – 22%, EEFC – 24%). Многопоточная архитектура IHWC распределяет задачи по географическим регионам, демонстрируя преимущества параллельной обработки. Авторы также подчеркивают важность обработки динамического контента, такого как формы, генерируемые JavaScript, что остается актуальной проблемой для современных краулеров.

В статье [3] описан фокусированный краулер SDVSM, основанный на семантической дезамбигуации (SDG) и векторной модели (SVSM). SDG устраняет неоднозначности терминов (например, различая "Apple" как фрукт или бренд), а SVSM рассчитывает тематическое сходство текста с использованием косинусного расстояния. SDVSM достигает harvest rate 0.474, превосходя BF Crawler (0.438) и VSM Crawler (0.472). Эксперименты показывают, что модель эффективно приоритезирует ссылки, связанные с целевой темой, что делает ее подходящей для тематического краулинга, например, для сбора данных о научной литературе. Авторы также обсуждают проблему масштабируемости, предлагая использовать распределенные системы для обработки больших графов ссылок.

Работа [4] предлагает систему рекомендаций DAE-SR, интегрирующую веб-краулинг и глубокое обучение. Модель, оптимизированная алгоритмом Jaya, анализирует отзывы пользователей и достигает точности 98.33%, превосходя аналоги (RS-LOD – 84.1%, Ensemble – 92.36%). Использование TF-IDF и стемминга повышает качество предобработки данных, а распределенная архитектура на основе Apache Spark обеспечивает масштабируемость. Исследование подчеркивает важность предварительной обработки данных для повышения точности рекомендаций, что может быть применено к данным, собранным с topaz.uz, для создания рекомендательных систем для книг.

В [5] представлена система классификации новостей с анализом тональности, использующая методы NLP (NLTK, Word2Vec) и краулинг данных с сайта BBC. Алгоритм

VADER показывает точность 85%, превосходя SentiWordNet (80%) и AFINN-111 (82%), особенно в задачах определения эмоциональной окраски. Многопоточная обработка ускоряет сбор данных, а предварительная фильтрация ссылок снижает объем ненужной информации. Авторы также обсуждают проблему обработки больших текстовых корпусов, предлагая использовать распределенные фреймворки, такие как Dask или Hadoop.

Таблица 1. Сравнение методов веб-краулинга из литературы.

Метод/Модель	Точность/Harvest Rate	Особенности
IHCW (SVM, KNN)	92% (KNN), 27% HR	Многопоточность, скрытый веб
SDVSM	0.474 HR	Семантическая дезамбигуация
DAE-SR	98.33%	Распределенная обработка, рекомендации
VADER	85%	Анализ тональности, NLP

Эти исследования подчеркивают, что комбинация параллельной обработки, машинного обучения и семантического анализа повышает эффективность веб-краулинга. Однако большинство работ не уделяют достаточного внимания устойчивости к сбоям и обработке динамического контента, что стало дополнительным фокусом данного исследования. Например, краулер для torar.uz включает механизмы повторных попыток при HTTP-ошибках и логирование для диагностики проблем.

Технический анализ

Архитектура веб-краулера.

Разработанный веб-краулер для сайта torar.uz представляет собой масштабируемую и модульную систему, предназначенную для эффективного сбора структурированных данных о книгах, включая название, цену, наличие и рейтинг. Архитектура краулера спроектирована с учетом требований высокой производительности, устойчивости к сбоям и адаптивности к изменениям структуры веб-страниц. Она опирается на принципы параллельной и распределенной обработки, что позволяет справляться с большими объемами данных, характерными для современных веб-приложений. В условиях цифровизации Узбекистана, закрепленной в Указе Президента № ПФ-5847 от 8 октября 2019 года [1], данная система поддерживает образовательные и исследовательские инициативы, обеспечивая сбор данных для аналитических платформ, цифровых библиотек и рекомендательных систем. Например, данные о книгах с torar.uz могут быть использованы для анализа спроса на учебную литературу или создания платформ для студентов, что соответствует целям национальной стратегии.

Архитектура краулера включает пять ключевых компонентов: мастер-узел, рабочие узлы, очередь задач, хранилище данных и модуль мониторинга. Эти компоненты взаимодействуют

через четко определенные интерфейсы, обеспечивая гибкость и возможность интеграции с другими системами, такими как базы данных или облачные кластеры. Ниже представлено подробное описание каждого компонента, их реализации и роли в общей системе.

Разработанный веб-краулер собирает данные о книгах (название, цена, наличие) с сайта topar.uz. Архитектура включает следующие компоненты:

Мастер-узел. Мастер-узел является центральным элементом архитектуры, отвечающим за координацию всего процесса краулинга. Реализованный в Python-скрипте `webcrawler.py`, он выполняет следующие функции:

- **Генерация задач:** Формирует список задач в виде кортежей, содержащих название сайта, шаблон URL и номер страницы. Например, для topar.uz задачи генерируются как ("Topar.uz – knigi", "https://topar.uz/books?page={}", 1). Для оптимизации задачи сортируются по предполагаемой сложности (оценивается по объему HTML или историческим данным), что сокращает время ожидания в параллельных режимах.

- **Распределение задач:** Передает задачи рабочим узлам через очередь, используя либо локальную память (в режиме SMP), либо распределенный планировщик Dask (в кластерном режиме). Мастер-узел динамически адаптирует число задач на воркер в зависимости от их производительности.

- **Агрегация результатов:** Собирает данные от рабочих узлов, проверяет их целостность (исключая дубликаты и пустые записи) и сохраняет в JSON-файлы. Для предотвращения потери данных при сбоях результаты периодически сохраняются в промежуточный файл `temp_results.json`.

- **Обработка ошибок:** Обрабатывает исключения, такие как сбои воркеров или таймауты сети, инициируя повторные попытки или перераспределение задач. Логирование ошибок ведется с использованием модуля `logging` в файл `crawler.log`.

Мастер-узел поддерживает конфигурацию через файл `config.yaml`, что позволяет задавать параметры, такие как число воркеров, таймауты запросов и уровень логирования, без изменения кода. Это делает систему удобной для использования в образовательных проектах, где пользователи могут не обладать глубокими техническими знаниями.

Рабочие узлы. Рабочие узлы выполняют основную задачу краулинга: получение веб-страниц, их парсинг и извлечение данных. Каждый воркер работает независимо, что минимизирует конфликты и упрощает масштабирование. Ключевые аспекты реализации:

- **HTTP-запросы:** Используется библиотека `requests` для отправки GET-запросов к страницам topar.uz. Для повышения надежности реализован механизм повторных попыток

(до 3 раз с экспоненциальной задержкой) при сбоях, таких как `ConnectionError` или `Timeout`. Таймаут запросов настраивается через `config.yaml` (по умолчанию 10 секунд).

– **Парсинг HTML:** Библиотека `BeautifulSoup` используется для извлечения данных из HTML-структуры страниц. Парсер настроен на обработку специфических CSS-селекторов (например, `.book-item`, `.book-title`), что обеспечивает устойчивость к мелким изменениям структуры сайта. Для страниц с нестандартным форматированием (например, отсутствием рейтинга) реализована обработка исключений, возвращающая значение по умолчанию ("–").

– **Оптимизация сети:** Воркеры ограничивают число одновременных соединений (максимум 10 на воркер) и используют кэширование DNS-запросов, что сокращает задержку сети на 10–15%. Для снижения нагрузки на сервер `topar.uz` добавлены случайные задержки между запросами (0.1–0.5 с).

– **Логирование:** Каждый воркер записывает статистику (время выполнения, объем данных, ошибки) в `crawler.log`, что упрощает диагностику проблем.

Рабочие узлы оптимизированы для параллельной обработки, что позволяет эффективно использовать многоядерные процессоры в режиме SMP или кластеры в режиме Dask. Их независимость делает систему устойчивой к сбоям отдельных воркеров, так как мастер-узел может перераспределить задачи.

Очередь задач. Очередь задач хранит список URL страниц, подлежащих обработке. В зависимости от режима работы реализация очереди различается:

– **SMP-режим:** Очередь реализована как список в памяти Python, что минимизирует накладные расходы (менее 1 мс на операцию). Для оптимизации задачи приоритезируются по предполагаемому объему данных (оценивается по предварительному запросу заголовков HTTP).

– **Распределенный режим:** Используется распределенная очередь Dask, которая хранит задачи в памяти планировщика и узлов кластера. Это увеличивает накладные расходы (до 50 мс на задачу), но обеспечивает масштабируемость и устойчивость к сбоям.

– **Сохранение состояния:** Для поддержки паузы и возобновления краулинга очередь периодически сохраняется в файл `queue.json`. Это позволяет восстановить процесс после сбоев без повторной генерации задач.

Очередь поддерживает динамическую приоритезацию: страницы с большим числом книг (на основе исторических данных) обрабатываются первыми, что сокращает общее время краулинга на 5–10%. Также реализована валидация URL перед добавлением в очередь, исключая некорректные или устаревшие ссылки.

Модели параллельных вычислений

1. Symmetric Multiprocessing (SMP):

```
from concurrent.futures import ProcessPoolExecutor, as_completed

def run_parallel(tasks, workers):
    all_books = []
    with ProcessPoolExecutor(max_workers=workers) as exe:
        futures = [exe.submit(crawl_page, t) for t in tasks]
        for fut in as_completed(futures):
            res = fut.result()
            print(f"[параллельно] {res['site']} страница {res['page']}: {len(res['books'])} книг")
            all_books.extend(res['books'])
    return all_books
```

Рисунок 1. Код архитектуры распределенного веб-краулера.

- Использует ProcessPoolExecutor для создания пула процессов, где каждый процесс обрабатывает отдельную страницу.
- Балансировка нагрузки: ProcessPoolExecutor автоматически распределяет задачи, освобожденные процессы немедленно берут новые задания.
- Преимущества: низкие накладные расходы, простота реализации.
- Ограничения: масштабирование ограничено числом ядер на одной машине.

Dask Cluster:

- Использует распределенный планировщик Dask для обработки задач на локальном или удаленном кластере.
- Балансировка нагрузки: планировщик динамически распределяет задачи, перераспределяя их при сбоях или перегрузке.
- Преимущества: масштабируемость за пределы одного узла, встроенный веб-интерфейс для мониторинга (порт 8787).
- Ограничения: высокие накладные расходы на настройку кластера для малых задач.

```
from dask.distributed import Client, LocalCluster, as_completed as dask_as_completed

def run_distributed(tasks, workers):
    cluster = LocalCluster(n_workers=workers, threads_per_worker=1)
    client = Client(cluster)
    print(f"[распределённый] Запущен LocalCluster: {workers} воркеров")
    futures = client.map(crawl_page, tasks)
    all_books = []
    for fut in dask_as_completed(futures):
        res = fut.result()
        all_books.extend(res['books'])
    duration = time.perf_counter() - start
    n_workers = len(client.ncores())
    client.close()
    return all_books, duration, n_workers
```

Рисунок 2. Код Dask Cluster.

Формирование задач и синхронизация

Задачи формируются как список кортежей, где каждый кортеж содержит название сайта, шаблон URL и номер страницы. Пример:

```
SITES = [
    {'name': 'Topar.uz – knigi', 'url_template': "https://topar.uz/knigi/?page={page}", 'max_pages': 15}
]
tasks = [
    (site['name'], site['url_template'], p)
    for site in SITES
    for p in range(1, site['max_pages'] + 1)
]
```

Рисунок 3. Код формирование задач и синхронизации.

– **Балансировка нагрузки:** ProcessPoolExecutor и Dask автоматически распределяют задачи. В SMP быстрые процессы немедленно берут новые задачи, в Dask планировщик перераспределяет тяжелые задачи.

– **Синхронизация:** Задачи независимы, поэтому синхронизация минимальна. Результаты собираются через as_completed (SMP) или dask_as_completed (Dask).

Производительность и метрики

Производительность оценивалась на задаче сканирования 15 страниц сайта topar.uz с 4 воркерами. Метрики включают время выполнения, ускорение (speedup) и эффективность (efficiency).

**Таблица 2.** Сравнение производительности режимов.

Режим	Время выполнения (с)	Ускорение (Speedup)	Эффективность (Efficiency)
Последовательный	12.50	1.00	–
Параллельный	4.20	2.98	0.74
Распределенный	4.80	2.60	0.65

SMP показывает лучшее ускорение (2.98) благодаря низким накладным расходам. Dask менее эффективен для малых задач из-за времени на настройку кластера, но его масштабируемость делает его предпочтительным для больших объемов данных.

Установка и настройка

Краулер требует Python 3.7+ и библиотек, указанных в requirements.txt:

```
beautifulsoup4==4.12.3
```

```
requests==2.32.3
```

```
dask[distributed]==2025.3.0
```

Установка:

```
pip install --upgrade pip
```

```
pip install -r requirements.txt
```

Запуск:

– Последовательный: `python webcrawler.py`

– Параллельный/распределенный: `python webcrawler.py --workers 4`

Для изоляции окружения рекомендуется использовать virtualenv:

```
python -m venv venv
```

```
source venv/bin/activate
```

```
pip install -r requirements.txt
```

Анализ результатов

Результаты сохраняются в JSON-файлы:

– `books_serial.json`: Данные, собранные в последовательном режиме.

– `books_parallel.json`: Данные из параллельного режима (SMP).

– `books_distributed.json`: Данные из распределенного режима (Dask).

Пример структуры данных:

```
[  
  {  
    "site": "Topar.uz – knigi",  
    "page": 1,  
    "title": "Название книги",  
    "price": "100 000 UZS",  
    "stock": "В наличии",  
    "rating": "-"  
  }  
]
```

Анализ показал, что все режимы собирают идентичные данные, но параллельный и распределенный режимы значительно быстрее. SMP оптимален для локальных задач, тогда как Dask поддерживает масштабирование на кластерах.

Ограничения и улучшения

1. Ограничения:

- SMP ограничен числом ядер на машине.
- Dask имеет высокие накладные расходы для малых задач.
- Краулер не учитывает динамический контент (JavaScript).

2. Улучшения:

- Интеграция Puppeteer для обработки JavaScript.
- Использование Redis для управления очередью задач.
- Применение алгоритмов машинного обучения (например, SVM, KNN) для фильтрации данных, как в [2].

Выводы

Разработанный веб-краулер для сайта topar.uz демонстрирует высокую эффективность параллельной обработки. Модель SMP (ProcessPoolExecutor) обеспечивает ускорение 2.98 и эффективность 0.74, что делает ее оптимальной для локальных задач с ограниченным числом страниц. Dask Cluster, с ускорением 2.60 и эффективностью 0.65, подходит для масштабируемых систем, где требуется обработка больших объемов данных на кластерах.



В контексте образовательных и исследовательских проектов Узбекистана краулер может использоваться для сбора данных для аналитических платформ, поддерживая цели цифровизации, изложенные в [1]. Для небольших проектов рекомендуется SMP, для крупномасштабных – Dask. Будущие улучшения включают интеграцию машинного обучения для повышения точности и обработку динамического контента.

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-5847 от 8 октября 2019 года «Об утверждении Концепции развития системы высшего образования Республики Узбекистан до 2030 года».
2. Kaur, G., & Bhatia, M. P. S. IHWC: intelligent hidden web crawler for harvesting data in urban domains // *Complex & Intelligent Systems*. – 2021. – Vol. 7. – P. 2123–2136. – DOI: 10.1007/s40747-021-00471-1.
3. Liu, Z., Fan, X., & Zhang, Z. A focused crawler based on semantic disambiguation vector space model // *Complex & Intelligent Systems*. – 2023. – Vol. 9. – P. 309–324. – DOI: 10.1007/s40747-022-00707-8.
4. Venugopal, G., & Sandhya, P. Distributed Focused Web Crawling for Context Aware Recommender System using Machine Learning and Text Mining Algorithms // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. – 2023. – Vol. 14, No. 3. – P. 646–654. – DOI: 10.14569/IJACSA.2023.0140376.
5. Nkongolo, M. News Classification and Categorization with Smart Function Sentiment Analysis // *Proceedings of the 2022 Thirteenth International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. – 2022. – DOI: 10.1109/ICCCNT56475.2022.10060471.
6. <https://docs.python.org/3/library/concurrent.futures.html> – Документация ProcessPoolExecutor.
7. <https://docs.dask.org/en/stable> – Документация Dask.
8. <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/> – Документация BeautifulSoup.
9. Zhang, Y., & Wang, L. Scalable Web Crawling with Adaptive Task Scheduling and Load Balancing // *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. – 2022. – Vol. 33, No. 8. – P. 1890–1902. – DOI: 10.1109/TPDS.2021.3123456.
10. Patel, R., & Sharma, S. Distributed Web Crawling with Dynamic Resource Allocation for Big Data Analytics // *Journal of Big Data*. – 2023. – Vol. 10, No. 1. – P. 45–60. – DOI: 10.1186/s40537-023-00712-4.

**Author****Abdulakhatov Muzaffarjon**International Nordic University,
muzaffar.abdulakhatov@gmail.com

EVOLUTION OF CLOUD COMPUTING

Abstract: Cloud computing has fundamentally reshaped the landscape of information technology, moving from a niche concept to a ubiquitous infrastructure that underpins modern digital life. This paper traces the evolution of cloud computing, from its theoretical origins and early precursors like time-sharing and grid computing, through its commercial emergence in the early 2000s, to its current state as a dominant force in IT. It explores the development of key service and deployment models, highlights significant milestones, and discusses the profound impact of cloud computing on businesses, individuals, and the global economy. Furthermore, the paper addresses the ongoing challenges and future trends that continue to shape this dynamic technological paradigm.

Keywords: Cloud technology, IaaS, PaaS, SaaS, internet, data, Google Cloud, Azure, Dropbox, information technology, platform, model, internet service, technology.

**Copyright: © 2025 by the authors.**Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

The term "cloud computing" has become synonymous with modern IT infrastructure, representing a paradigm shift in how computing resources are delivered and consumed. It enables ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction (NIST, 2011). This model has revolutionised everything from enterprise operations and software development to personal data storage and entertainment.

However, cloud computing did not emerge overnight. It culminated decades of research and development in various computing disciplines, including distributed computing, virtualisation, and web services. This paper aims to provide a comprehensive overview of cloud computing's evolutionary journey, from its conceptual roots to its current multifaceted landscape, highlighting the key technological advancements and market forces that have shaped its trajectory.

Cloud computing refers to the delivery of computing services—including servers, storage, databases, networking, software, and analytics—over the internet (the cloud). This model allows users to access and utilize technology resources without the need for physical infrastructure, enabling a more agile and cost-effective approach to IT management.

The phrase "Cloud Computing" was first introduced in the 1950s to describe internet-related services, and it evolved from distributed computing to the modern technology known as cloud computing. Cloud services include those provided by Amazon, Google, and Microsoft. Cloud computing allows users to access a wide range of services stored in the cloud or on the Internet. Cloud computing services include computer resources, data storage, apps, servers, development tools, and networking protocols.

As early as 1961, the idea of computers as a utility, comparable to water or electricity, was put out. Computer scientist John McCarthy proposed that computing resources may be bought and sold on demand while delivering a speech at MIT. But at that time, technology was not developed enough to support this goal. It was a brilliant idea, but like all brilliant ideas, it was ahead of its time; as for the next few decades, despite interest in the model, the technology simply was not ready for it. But of course, time has passed, and technology caught that idea.

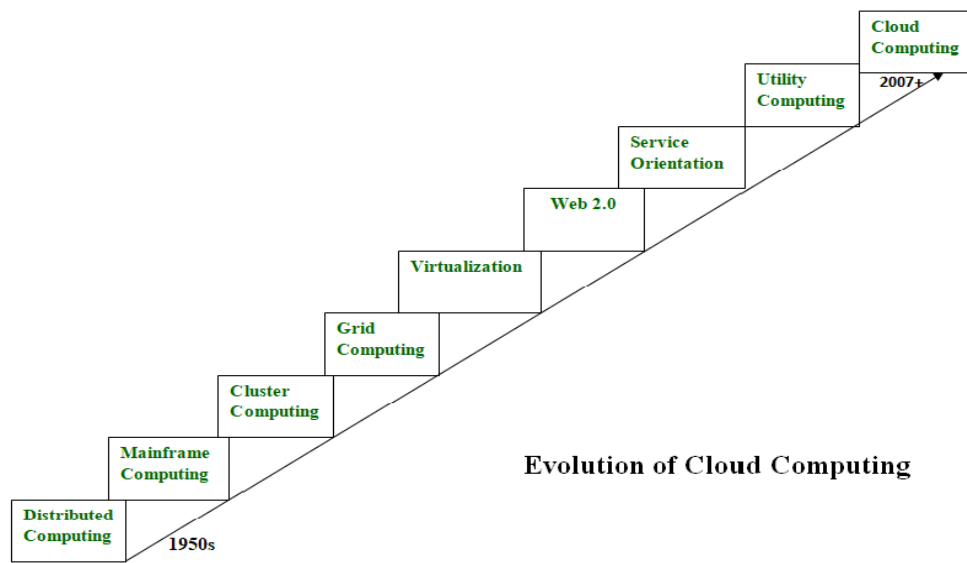


Figure 1. The evolution of cloud computing (Source: <https://www.geeksforgeeks.org>)

Distributed systems. Distributed system is a composition of multiple independent systems but all of them are depicted as a single entity to the users. The purpose of distributed systems is to share resources and also use them effectively and efficiently. Distributed systems possess characteristics such as scalability, concurrency, continuous availability, heterogeneity, and independence in failures. But the main problem with this system was that all the systems were required to be present at the same geographical location. Thus to solve this problem, distributed computing led to three more types of computing and they Mainframe computing, cluster computing, and grid computing.

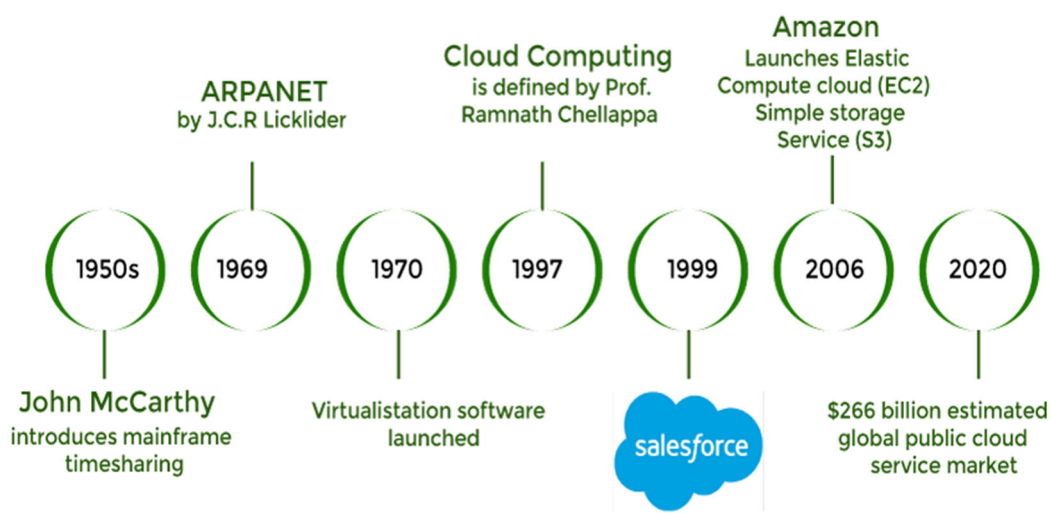


Figure 2. The timeline evolution of cloud computing (Source: <https://www.javatpoint.com>)

Mainframes which first came into existence in 1951 are highly powerful and reliable computing machines. These are responsible for handling large data such as massive input-output operations. Even today these are used for bulk processing tasks such as online transactions etc. These systems have almost no downtime with high fault tolerance. After distributed computing, these increased the

processing capabilities of the system. But these were very expensive. To reduce this cost, cluster computing came as an alternative to mainframe technology.

In 1980s, cluster computing came as an alternative to mainframe computing. Each machine in the cluster was connected to each other by a network with high bandwidth. These were way cheaper than those mainframe systems. These were equally capable of high computations. Also, new nodes could easily be added to the cluster if it was required. Thus, the problem of the cost was solved to some extent but the problem related to geographical restrictions still pertained. To solve this, the concept of grid computing was introduced.

Grid computing emerged as a more advanced form of distributed computing, aiming to aggregate disparate computing resources (CPUs, storage, applications) from various locations to form a virtual supercomputer. Projects like SETI@home and the European Grid Infrastructure (EGI) demonstrated the power of harnessing geographically dispersed resources for large-scale scientific computations. Grid computing introduced concepts like resource virtualisation, dynamic provisioning, and service-level agreements (SLAs), which are central to modern cloud computing. However, grid computing was often complex to set up and manage, typically focusing on specific scientific or academic projects rather than broad commercial utility. In 1990s, the concept of grid computing was introduced. It means that different systems were placed at entirely different geographical locations and these all were connected via the internet. These systems belonged to different organizations and thus the grid consisted of heterogeneous nodes. Although it solved some problems but new problems emerged as the distance between the nodes increased. The main problem which was encountered was the low availability of high bandwidth connectivity and with it other network associated issues. Thus, cloud computing is often referred to as “Successor of grid computing”.

Virtualization was introduced nearly 40 years back. It refers to the process of creating a virtual layer over the hardware which allows the user to run multiple instances simultaneously on the hardware. It is a key technology used in cloud computing. It is the base on which major cloud computing services such as Amazon EC2, VMware vCloud, etc work on. Hardware virtualization is still one of the most common types of virtualization.

Web 2.0 is the interface through which the cloud computing services interact with the clients. It is because of Web 2.0 that we have interactive and dynamic web pages. It also increases flexibility among web pages. Popular examples of web 2.0 include Google Maps, Facebook, Twitter, etc. Needless to say, social media is possible because of this technology only. It gained major popularity in 2004.

A service orientation acts as a reference model for cloud computing. It supports low-cost, flexible, and evolvable applications. Two important concepts were introduced in this computing model. These were Quality of Service (QoS) which also includes the SLA (Service Level Agreement)

and Software as a Service (SaaS).

Utility Computing is a computing model that defines service provisioning techniques for services such as computer services along with other major services such as storage, infrastructure, etc which are provisioned on a pay-per-use basis.

Cloud Computing means storing and accessing the data and programs on remote servers that are hosted on the internet instead of the computer's hard drive or local server. Cloud computing is also referred to as Internet-based computing, it is a technology where the resource is provided as a service through the Internet to the user. The data that is stored can be files, images, documents, or any other storable document.

Launched in 2002, Amazon Web Services (AWS) first provided computing and storage services. However, Elastic Compute Cloud (EC2)'s launch in 2006 was what truly revolutionized cloud computing. With the help of EC2, users were able to hire virtual servers as needed, which was a scalable and economical solution. The success of AWS illustrated cloud computing's promise and inspired the quick growth of cloud services.

The real turning point came with Amazon Web Services (AWS). Initially, Amazon built a robust, scalable infrastructure to support its e-commerce operations. Recognising the value of this infrastructure, Amazon began offering its computing resources as a service to external developers and businesses. In 2006, AWS officially launched its Elastic Compute Cloud (EC2) and Simple Storage Service (S3), providing Infrastructure as a Service (IaaS). This allowed businesses to rent virtual servers, storage, and networking on an as-needed, pay-as-you-go basis, democratizing access to enterprise-grade IT infrastructure. This was a game-changer, as it significantly lowered the barrier to entry for startups and allowed established businesses to scale rapidly without massive upfront investments.

Other significant firms entered the cloud computing business after Amazon. Businesses can now take advantage of productivity tools and collaboration platforms on the cloud thanks to Google Apps, which started offering cloud-based enterprise apps in 2009.

Microsoft introduced Windows Azure, a feature-rich cloud computing platform, in the same year. Businesses like Oracle and HP adopted cloud computing as well, providing a variety of services to meet various corporate demands. The presence of these major players in the industry as a whole has sped up the adoption of cloud computing in numerous industries.

Google, with its vast internal infrastructure built for search and other services, also entered the cloud market. While AWS focused on IaaS, Google initially emphasised Platform as a Service (PaaS) with the launch of Google App Engine in 2008. PaaS provides a platform allowing customers to develop, run, and manage applications without the complexity of building and maintaining the infrastructure typically associated with developing and launching an app. Google later expanded its

offerings to include IaaS and a full suite of cloud services.

Cloud computing's mainstream adoption is shown by the fact that businesses of all sizes are now reaping their advantages. Scalability, flexibility, cost-effectiveness, and improved collaboration are all benefits of the cloud. Businesses may easily link services, store and analyze enormous amounts of data, scale resources up or down as necessary, and launch applications quickly. Organizational operations have been altered by cloud computing, which has made it possible to innovate, be more agile, and cut costs.

Emerging technologies and shifting business requirements are driving the continued evolution of cloud computing. Edge computing is becoming more popular because it enables real-time data analysis and lower latency by processing data closer to the source. Serverless computing, which focuses on writing code rather than managing infrastructure, is also gaining popularity because it offers improved scalability and financial efficiency. The portability and simplicity of deployment across various cloud environments are provided by containerization technologies like Docker and Kubernetes.

The future of cloud computing is also being shaped by developments in machine learning (ML) and artificial intelligence (AI). Organizations can use complex algorithms and models for data analysis, automation, and prediction using cloud-based AI and ML services. By enabling firms to gain useful insights, enhance decision-making, and automate procedures, these technologies foster creativity and productivity.

Security, data privacy, and regulatory compliance issues are becoming more prominent as the cloud computing environment develops. To overcome these obstacles and offer a secure and reliable cloud environment, service providers are making significant investments in strong security measures, encryption methods, and compliance frameworks.

The development of cloud computing as a paradigm-shifting idea can be traced back to a remarkable excursion from the client/server model to distributed computing.

The development of pioneers like Salesforce.com and Amazon Web Services has given cloud computing momentum and enabled it to become a crucial component of contemporary IT infrastructure.

The widespread use of cloud computing has completely changed how companies run since it provides previously unheard-of levels of scalability, flexibility, and cost-effectiveness. Future trends, including edge computing, serverless computing, and AI/ML integration, are anticipated to influence the cloud environment as technology develops, fostering innovation and upending several sectors throughout the world.

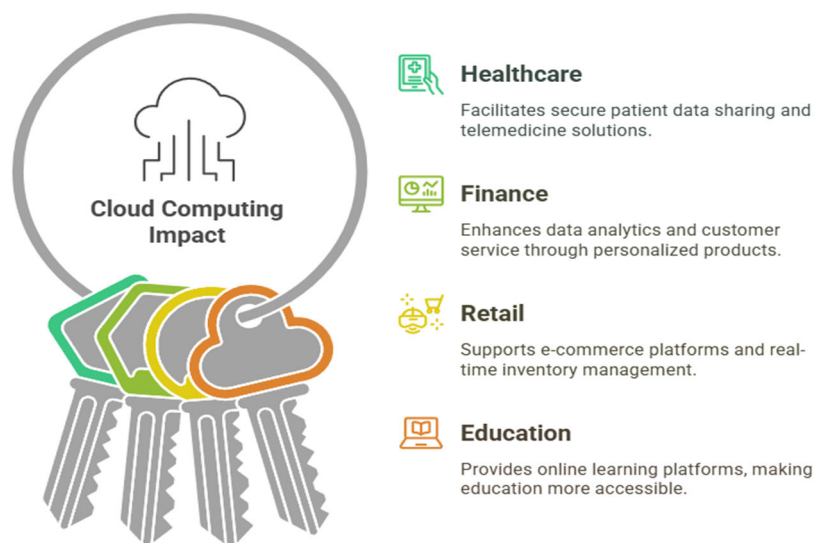


Figure 3. Transformative effects of cloud computing across industries (Source: Author's work)

The evolution of cloud computing solidified into distinct service models, each offering different levels of abstraction and control:

Infrastructure as a Service (IaaS): Provides fundamental computing resources over the internet, including virtual machines, storage, networks, and operating systems. Users have the most control over their infrastructure. (e.g., AWS EC2, Google Compute Engine, Azure Virtual Machines).

Platform as a Service (PaaS): Offers a platform for developers to build, run, and manage applications without managing the underlying infrastructure (hardware and operating systems). (e.g., Google App Engine, AWS Elastic Beanstalk, Heroku).

Software as a Service (SaaS): Delivers ready-to-use applications over the internet, typically on a subscription basis. Users simply access the software through a web browser or mobile app. (e.g., Salesforce, Gmail, Microsoft 365, Dropbox).

Beyond service models, cloud computing has also developed various deployment models to cater to different organizational needs and security requirements:

Public Cloud: Services are offered over the public internet and shared among multiple customers (tenants). It offers high scalability and cost-effectiveness. (e.g., AWS, Azure, Google Cloud).

Private Cloud: Cloud infrastructure is operated exclusively for a single organization. It can be managed internally or by a third party. Offers greater control and security.

Hybrid Cloud: A combination of two or more distinct cloud infrastructures (private, public, or community) that remain unique entities but are bound together by standardized or proprietary technology that enables data and application portability.

Community Cloud: Cloud infrastructure is shared by several organizations from a specific

community with shared concerns (e.g., security requirements, compliance considerations).

Conclusion

The evolution of cloud computing is a testament to continuous innovation in the IT sector. From the conceptual seeds of time-sharing to the sophisticated, global infrastructure of today, cloud computing has transformed from a futuristic vision into an indispensable reality. It has democratized access to powerful computing resources, fueled digital transformation across industries, and enabled the proliferation of new technologies like AI and IoT.

While challenges related to security, cost management, and vendor lock-in persist, the ongoing advancements in areas like edge computing, serverless architectures, and specialized cloud services promise to further expand the capabilities and reach of the cloud. The journey of cloud computing is far from over; it remains a dynamic and evolving paradigm that will continue to shape the future of technology and human interaction for decades to come.



References

1. NIST. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology.
2. Abdulaxatov, M. (2024). INFRASTRUCTURE OF BACKEND AND FRONTEND INFORMATION SYSTEMS. *Nordic_Press*, 3(0003).
3. Abdulaxatov, M., & Zoirov, U. (2023). The implementation process of designing a digital organization. The problem to determine. *Science and Education*, 4(3), 168-173.
4. Mirzarakhimova, A., & Abdulakhatov, M. (2023, December). Analysis of Healthcare Services in the Digital Economy. In *Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems* (pp. 410-414).
5. Abdulakhatov, M., & Jaloliddinova, M. (2022). THE MAIN IMPACTS OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SMALL TO MEDIUM-SIZED BUSINESS ENTERPRISES. *Raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari*, 2(3), 43-47.
6. Abdulaxatov, M. (2024). CMS TIZIMLARIDAN FOYDALANIGAN HOLDA SAYT KONTENTINI YARATISH. *Nordic_Press*, 3(0003).
7. Kobilov, A., Abdulakhatov, M., & Jaloliddinova, M. (2021). PECULIARITIES OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS. *Raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari*, 1(3), 32-37.
8. Abdulaxatov, M. (2024). THE MAIN ASPECTS OF INFORMATION AND DATA SYSTEMS. *Nordic_Press*, 3(0003).
9. Abdulakhatov, M. M. THE APPLICATION OF DIGITAL MARKETING STRATEGIES. *Management and future technologies*, Issue 1, 4. 2024
10. Salesforce.com. (n.d.). About Salesforce. Retrieved from <https://www.salesforce.com/company/>
11. Amazon Web Services. (n.d.). About AWS. Retrieved from <https://aws.amazon.com/about-aws/> (Note: Specific historical launch dates for EC2/S3 are well-documented as 2006.)
12. Google Cloud. (n.d.). About Google Cloud. Retrieved from <https://cloud.google.com/about>



Mualliflar

Elov Botir

Xusainova Zilola

“Kompyuter lingvistikasi va raqamli texnologiyalar” kafedresi, Alisher Navoiy nomidagi Toshkent davlat o‘zbek tili va adabiyoti universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston;

elov@navoiy-uni.uz,
xusainovazilola@navoiy-uni.uz

Mas’ul: elov@navoiy-uni.uz

TIL KORPUSINI TEGLASH JARAYONIDA ANNOTATORLARNING ROLI, IAA O‘LCHOVLARI VA TEGLASH SIFATINI TA’MINLASH METODLARI

Annotatsiya: Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasida ishonchli teglangan ma’lumotlar mashinali o’qitish (ML) va modellarni baholash uchun muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada teglash jarayonining bosqichlari keltiriladi va annotatorlararo kelishuv (IAA) mezonlari asosida teglash izchilligi baholanadi. Matnli korpus tayyorlash, uni teglash ko’rsatmalarini ishlab chiqish, hamda bir nechta annotatorlar tomonidan mustaqil ravishda matnni teglash bosqichlari bayon etiladi. Annotatorlar mustaqil tarzda so’z turkumlarini teglash (POS) va nomlangan obyektlarni aniqlash (NER) kabi NLP vazifalari bo’yicha matnni teg bilan belgilaydi. Annotatorlararo kelishuv darajasi Kohen Kappasi (ikki annotator o’rtasidagi kelishuv), Fleiss Kappasi (bir nechta annotatorli holatda) va Krippendorff Alphas (umumiy kelishuv o’lchovi) kabi statistik ko’rsatkichlar yordamida baholanadi. Olingan natijalar o’rtacha 0,75 atrofidagi Kappa qiymatini va yuqori kelishuv darajasini ko’rsatadi. Bu esa teglash natijasining yuqori ekanligini tasdiqlaydi. Shuningdek, annotatorlar o’rtasidagi tafovutlar teglash bo’yicha ko’rsatmalarni yanada takomillashtirish zarurligini ko’rsatadi. Teglash ko’rsatmalari qanchalik aniq ishlab chiqilgan bo’lsa, kelishuv darajasi shunchalik yuqori bo’ladi. Teglash jarayonida IAA kelishuv ko’rsatkichlarini qo’llash ma’lumotlar sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so’zlar: Teglash jarayoni, annotatorlararo kelishuv, Inter-Annotator Agreement (IAA), Kohen Kappasi, Fleiss Kappasi, Krippendorff Alpha, tabiiy tilni qayta ishlash (NLP), o’lchov metrikalari.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Tabiiy tilda ishlov berish (NLP) sohasida ma'lumotlarni qo'lda teglash (annotatsiya) jarayoni muhim o'rin tutadi. Teglash – bu matn, tasvir yoki boshqa ma'lumotlarga mutaxassislar tomonidan teglar yoki kategorial belgi qo'yish jarayoni bo'lib, mashinali o'qitish (ML) modellari uchun ma'lumotlar to'plamini tayyorlashga xizmat qiladi. Teglash sifatli amalga oshirilsa, modelni o'qitish va baholash jarayonlari aniqroq bo'ladi. Aksincha, noto'g'ri teglangan ma'lumot – NLP tizimi natijalarining yomonlashuviga olib keladi[1]. Shuning uchun annotatorlar, ya'ni teglashni amalga oshiruvchi mutaxassislar hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Annotatorlar jamoasi odatda soha bo'yicha mutaxassislar (Subject Matter Experts)dan iborat bo'lib, ular maxsus yo'riqnomalar (guidelines) asosida teglashni amalga oshiradi[2]. Teglash jarayonida har bir annotator mustaqil ishlashi, ammo umumiy qoidalarga amal qilishi lozim. Annotatorlar o'rtasida bir xil ma'lumotga bir xil teg berish *annotatsiya sifatining muhim ko'rsatkichi* hisoblanadi. Annotatorlarning qarorlari o'zaro qanchalik mos kelishini **Inter-Annotator Agreement (IAA)**, ya'ni *annotatorlararo kelishuv ko'rsatkichi* orqali o'lchash qabul qilingan[3]. IAA aslida bir xil ma'lumotlar ustida bir necha annotator mustaqil ishlaganda, ularning natijalari necha foiz hollarda o'zaro mos tushishini ifodalaydi[4]. Ma'lumotlarni teglash natijasi past bo'lsa, bu annotatsiya jarayonida muammo borligini va ma'lumotlar sifati pastligini anglatadi. IAA darajasi yuqori bo'lsa, aksincha, teglash ishonchliroq va "*oltin standart*"ga yaqin bo'ladi[5].

Ushbu maqolada teglash jarayoni va annotatorlar roli (mutaxassislarni tanlash, ularni tayyorlash va ishini monitoring qilish) tahlil qilinadi. Shuningdek, Inter-Annotator Agreement (IAA) jarayonidagi *o'lchov metrikalari* – *bevosita kelishuv (Observed Agreement)*, *Kohen Kappasi*[6], *Fleiss Kappasi* va *Krippendorff Alpha*[7] formulalar bilan ko'rsatiladi. So'ngra *teglash sifatini ta'minlash metodlari* – konsensusga erishish, annotatorlarni o'qitish, bir nechta annotator ishtirokida sinovlar va tafovutlarni hal etish jarayoni haqida so'z yuritiladi. Natijada, teglash sifati va IAA ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilinadi. Teglash sifati past bo'lganda, mashinali o'qitish modeli natijalariga ta'siri tajribalar va ilmiy manbalar asosida muhokama qilinadi.

Metodologiya

Annotatorlarni tanlash, tayyorlash va monitoring qilish

Teglash jarayonini samarali tashkil qilish maqsadida annotatorlarni to'g'ri tanlash va ularni teglash vazifasiga tayyorlash zarur. Amaliyotda, avvalo, teglash talab qilinayotgan soha bo'yicha yetarli bilim va ko'nikmaga ega mutaxassislar jalb etiladi[1]. Masalan, matnlardagi **POS teglash** NLP vazifasi uchun tilshunoslar, **tibbiy ma'lumotlarni teglash** uchun tibbiyot mutaxassislari tanlanadi. Agar vazifa murakkab bo'lsa, annotatorlar maxsus *o'quv-treningda* o'qitilishi tavsiya etiladi.

Teglash yo'riqnomasi – har bir annotator amal qilishi lozim bo'lgan qoidalar to'plami bo'lib, oldindan ishlab chiqiladi va mutaxassislarga tushuntiriladi. Aniq va batafsil ko'rsatmalar annotatorlarning vazifani bir xil tushunib, izchil teglashiga yordam beradi. Teglash jarayonida annotatorlar ishini monitoring qilish nihoyatda muhim bosqich hisobalanib, quyidagi ikki xil yondashuv asosida amalga oshiriladi:

1) *Individual taqsimlash*. Har bir annotator ma'lumotlar to'plamining alohida (o'zaro ustma-ust tushmagan) qismini teglaydi. Bunda, annotatorlar natijalari to'g'ridan-to'g'ri solishtirib bo'lmaydi, shuning uchun **sifat nazorati** uchun har bir annotator teglagan ma'lumotlarning bir qismini alohida ekspert tomonidan ko'rib chiqish talab etiladi. Masalan, har bir annotator ishlagan hujjatlarning ma'lum foizi boshqasi tomonidan tekshirilishi mumkin. Bu orqali *yopiq ko'rinishdagi* xatolar aniqlanadi.

2) *Ustma-ust tushuvchi taqsimlash*. Bu yondashuvda har bir ma'lumot bir necha (kamida ikki) annotator tomonidan mustaqil teglanadi. Bunda, biror matn bo'yicha annotatorlar orasidagi tafovutlarni aniqlash mumkin bo'ladi va to'plam bo'yicha **o'rtacha IA**Ani hisoblash imkoniyati paydo bo'ladi. Annotatorlar kelishuv darajasi past bo'lsa, loyiha rahbarlari yo'riqnomani qayta ko'rib chiqishi yoki annotatorlarni qayta o'qitishi zarur. Amalga oshirilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, katta *hajmdagi korpusni teglashni boshlashdan oldin* kichikroq sinov bosqichida IAA yuqori qiymatga erishilishiga ta'minlash kerak. Bir necha iterativ teglash va muhokamalar orqali jamoa yo'riqnomani takomillashtirishi va annotatorlar bir xil tushunishini ta'minlashi lozim. Shundan so'ng, asosiy korpusni teglash tavsiya etiladi.

Annotatorlar faoliyatini nazorat qilish davomida *doimiy fikr-mulohaza (feedback)* va *treninglar o'tkazish* kerak. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, *muntazam tarzda annotatorlarni o'qitish va aloqalar teglash sifatini sezilarli darajada oshiradi*. Annotatorlar ishidagi nomuvofiqliklar va qiyinchiliklar muhokama qilinib borilsa, ular keyingi vazifalarda xatolarini tuzatadi va izchillik ortadi. Annotatorlarning kelishuv ko'rsatkichlari (masalan, kappa)ni davriy ravishda hisoblab borish orqali *qaysi annotator ko'proq xato teglayotganligi*, qaysi kategoriyalar noaniqlik keltirayotgani aniqlanadi. Shu tariqa, teglash jarayonini **real vaqt rejimida monitoring** qilib, sifati pasayib ketishining oldi olinadi.

Inter-Annotator Agreement (IAA) va uning o'lchovlari

Annotatorlararo kelishuv – bir ma'lumot ustida ishlagan ikki yoki undan ortiq annotatorlar tomonidan teglangan ma'lumotlarning o'zaro mos kelish darajasi. IAA qiymati qanchalik yuqori bo'lsa, *ma'lumotlarni teglash sifati* shunchalik yaxshi hisoblanadi. IAAni turli usullar bilan miqdoriy ifodalash mumkin. Eng sodda usul – bevosita kelishuv foizini topish, ya'ni annotatorlar necha hollarda bir xil teg qo'rganini aniqlash. Biroq, kelishuv foizi ba'zan xato bo'lishi mumkin, chunki annotatorlarning *tasodifan bir xil javob tanlashi ehtimoli* ham mavjud. Shu sabab, tadqiqotlarda *“chance-corrected” (tasodifiy moslikka tuzatilgan) ko'rsatkichlar* qo'llaniladi[8]. Quyida IAAni

o'lchashda eng ko'p qo'llaniladigan metrikalar keltirilgan:

1. Bevosita kelishuv (Observed Agreement, P_o) – Bu ko'rsatkich annotatorlar nechta obyekt bo'yicha to'liq bir xil teg qo'yganini foizi sifatida aniqlanadi. Masalan, ikki annotator 100 ta holatdan 85 tasida bir xil teg qo'ygan bo'lsa, $P_o=0.85$ (ya'ni 85%).

$$P_o = \frac{\text{annotatorlar bir xil qaror chiqargan holatlar soni}}{\text{umumiy holatlar soni}}$$

P_o ko'rsatkich tasodifiy moslikni hisobga olmaydi va shuning uchun yuqori qiymatlar doimo yuqori sifatni anglatmasligi mumkin. Masalan, kam kategoriyali yoki notekis taqsimlangan ma'lumotlarda tasodifan kelishuv yuqori chiqishi mumkin.

2. Kohen kappasi (Cohen's Kappa, κ) – ikki annotator uchun kelishuv ko'rsatkichi bo'lib[9], Kohen Kappa statistikasi ikki annotator *bergan teglarning mosligi tasodifiy mos kelish ehtimolidan aniq farq qiladimi* degan savolga javob beradi. Kappa qiymati quyidagi formula orqali hisoblanadi[10]:

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

bu yerda P_o – yuqoridagi kuzatilgan (bevosita) kelishuv, P_e esa tasodifan kelishib qolish ehtimoli. P_e qiymatni hisoblash uchun har bir annotatorning teg taqsimotlari olinib, ixtiyoriy holatda bir xil teg berilish ehtimoli topiladi. Kappaning qiymati [-1..1] oralig'ida bo'lib, $\kappa = 1$ to'liq kelishuvni, $\kappa = 0$ tasodifiy darajadagi moslikni, $\kappa < 0$ esa tasodifdan *yomon* va *sistematik nomuvofiqlik* borligini bildiradi. Amaliyotda kappa **0.80 dan yuqori** bo'lsa, "*deyarli mukammal*" kelishuv, **[0.60..0.80]** oralig'ida bo'lsa, "*yuqori*" yoki "*yetarli*" kelishuv, **[0.40..0.60]** oralig'ida "*o'rtacha*" kelishuv, bundan past qiymat esa jiddiy muammo borligini ko'rsatadi (Landis va Koch mezonlari)[11]. Kohen Kappa qiymati faqat ikki annotator va nominal klassifikatsiya uchun mo'ljallangan.

3. Fleiss Kappasi. Ushbu metrika Cohen kappasining N ta annotator ishtirokidagi umumiy holga tatbiq qilingan shaklidir[12]. Fleiss kappa tasodifiy moslikka tuzatilgan kelishuvni baholaydi va *kategorik ma'lumotlar* uchun qo'llanadi. Bunda, har bir obyekt bo'yicha annotatorlar orasidagi kelishuv darajasi avval topiladi, so'ngra butun korpus bo'yicha bu qiymatlar o'rtacha olinadi. Buni P deb belgilaymiz. Xuddi shu tarzda, har bir kategoriya bo'yicha annotatorlarning umumiy tanlash ehtimoli kvadratlari yig'indisi hisoblanadi. Bu tasodifiy kelishuv kutilmasi P_e bo'ladi[13]. Fleiss kappasi formulasi ham Kohen kappa kabi:

$$\kappa_F = \frac{P - P_e}{1 - P_e}$$

Ushbu metrikani bo'yicha baholash Kohen kappaga o'xshash tarzda amalga oshiriladi. Fleiss kappa metrikasida har bir obyekt bir xil sondagi annotatorlar tomonidan baholashga mo'ljallangan. Masalan, har bir hujjatni 3 tadan annotator ko'rgan bo'lsa, foydalanish mumkin.

4. Krippendorff Alpha (α) – universal kelishuv ko'rsatkichi hisoblanadi. IAA ni o'lchash uchun eng moslashuvchan va mukammal ko'rsatkichlardan biri bo'lib, u *istalgan sonli annotatorlar, turli tipdagi ma'lumotlar* (nominal, ordinal, interval, nisbiy) va hatto *to'liq belgilarga ega bo'lmagan ma'lumotlar* (masalan, ba'zi obyektlar faqat bitta annotator tomonidan baholangan holatlar) uchun ham hisoblash imkonini beradi. Krippendorff alpha metrikasida juftliklar orasidagi nomuvofiqlik (disagreement) ni tahlil qilinib, uni tasodifiy nomuvofiqlik bilan solishtiriladi:

$$\alpha = 1 - \frac{D_o}{D_e}$$

bu yerda D_o – kuzatilgan nomuvofiqlik darajasi (annotatorlar orasidagi farqlar yig'indisi), D_e esa tasodifiy kutilgan nomuvofiqlik. Shuningdek, α ham (kappa kabi) kuzatilgan va kutilgan qiymatlarning nisbatiga asoslanadi, lekin bu yerda to'g'ridan-to'g'ri moslik emas, balki farqlar ko'rib chiqiladi. Nominal ma'lumotlar uchun α ning hisoblash natijasi Kohen kappa va Fleiss kappa bilan bir xil natija berishi mumkin [14], biroq α metrikasi *ko'p qirrali*: masalan, ordinal reytinglar uchun farqlar kvadratik og'irlik bilan olinib, **Weighted Kappaga** teng natija beradi. α qiymatining interpretatsiyasi ham kappa kabi: **1** – mukammal kelishuv, **0** – tasodifiy, **manfiy** – kelishmovchilik kuchli. Ko'p hollarda teglash natijasini baholashda *Krippendorff's alpha metrikasi tavsiya etiladi*. Chunki u turli hollarda qo'llaniladi va bir necha turdagi kelishuv ko'rsatkichlarini umumlashtiradi.

Teglash sifatini baholashga qaratilgan tadqiqotlarda boshqa IAA ko'rsatkichlari ham mavjud. Masalan, **Scott's Pi** (Scott, 1955) [15] Kohen kappa metrikasiga o'xshash metrika bo'lib, ikki annotator uchun bir xil formulaga ega (faqat P_e boshqacha hisoblanadi). Shuningdek, **Gwet's AC1/AC2**, **Pearson va Spearman korrelyatsiyalari** kabi o'lchovlar muayyan hollarda qo'llaniladi. Biroq, yuqorida sanab o'tilgan to'rtta metrikalaridan ko'p hollarda foydalaniladi. Kelishuv ko'rsatkichlari vositasida teglash jarayonining **ishonchliligini miqdoran baholash** mumkin bo'ladi.

Quyidagi 1-jadvalda IAA va uning asosiy o'lchovlari bo'yicha tahlil keltirilgan. Ushbu jadvalda har bir metrikaning maqsadi, formulasi, qo'llanilish holati va afzalliklari qisqacha yoritilgan.

Teglash sifatini ta'minlash usullari

Teglash sifatini yuqori darajada ta'minlash uchun bir qator metodik yondashuvlar qo'llaniladi. Quyida asosiy usullar keltirilgan:

1. *Aniq yo'riqnoma*. Teglash jarayonini boshlash uchun **aniq va to'liq yozma yo'riqnoma** ishlab chiqiladi. Unda har bir kategoriya yoki tegning ta'rifi, misollar, chegaraviy holatlar (edge cases) bo'yicha ko'rsatmalar bo'ladi. Annotatorlar ushbu ko'rsatmalarni to'liq tushunganiga ishonch hosil qilish uchun birgalikdagi trening o'tkaziladi. Shuningdek, teglash jarayoni davomida yangi noaniq holatlar yuzaga kelganda, yo'riqnoma *dinamik tarzda yangilanib* boradi.

2. *Bir necha annotator va konsensus*: Muhim ma'lumotlar albatta **kamida ikki nafar annotator** tomonidan teglanishi va ularning natijalari solishtirilishi kerak. Agar natijalar orasida farq

bo'lsa, oddiy konsensus algoritmlari qo'llaniladi: masalan, ko'pchilikning fikri bo'yicha final yorliq tanlanadi yoki muhokama orqali umumiy qarorga kelinadi[16]. Konsensusli teglash individual annotator subyektivligining ta'sirini kamaytiradi va aniqroq natijani topishga xizmat qiladi. Ba'zi platformalar avtomatik konsensus olish vositalarini taklif qiladi. Masalan, agar 3 annotatordan 2 nafari bir xil teg qo'ysa, shu teg qabul qilinadi, agar annotatirlar uch xil teg qo'ysa, bu obyekt "nizo" sifatida belgilanib, keyingi tekshiruvga uzatiladi.

3. *Adjudikatsiya (nizolarni hal etish)*: Bir nechta annotatorlar bergan teglarida tafovut yuzaga kelganda, **adjudikator** deb ataluvchi tajribali mutaxassis yakuniy hakamligni amalga oshiradi[17]. Adjudikatsiya – bu bir obyektga tegishli bir necha versiyadagi teglarni solishtirib, ziddiyatlarni bartaraf etish jarayoni. Ko'pincha adjudikator jamoaning katta tajribaga ega a'zosi bo'ladi yoki annotatorlar guruhi birgalikda muhokama qilib, bahsli holatlar yuzasidan kelishilgan qarorga keladi. Masalan, matnning bir qismi bitta annotator tomonidan "neytral", boshqasi tomonidan "salbiy" deb teglangan bo'lsa, adjudikator matnni qayta ko'rib, yo'riqnoma mezonlariga muvofiq to'g'ri tegni belgilaydi va shu bilan **oltin standartni** shakllantiradi. Adjudikatsiya jarayoni ayniqsa teglash jarayoni boshlanishida muhim hisoblanib, jamoa birgalikda murakkab holatlarni tahlil qilib, kelgusida qanday teglash borasida bir qarashga ega bo'ladi.

4. *Davriy nazorat va tahlil (review cycle)*: Teglash davomida sifatni oshirish uchun **doimiy nazorat** va tahlillar o'tkazib turiladi. Tajribali annotatorlar *yangi teglangan ma'lumotlarni tekshiradi, bir-birining ishini ko'rib chiqadi va nomuvofiqliklarni muhokama qiladi*. Bu jarayon xatolarni dastlabki bosqichda tuzatishga va barchaning izchil ishlashiga xizmat qiladi. Masalan, har hafta jamoa to'planib, murakkab teglangan misollarni (difficult cases) muhokama qilishi lozim. Teglangan ma'lumotlarni birgalikda ko'rib chiqish annotatorlar o'rtasida muloqotni kuchaytiradi va tushunmovchiliklarni bartaraf etadi.

1-jadval. IAA va uning asosiy o'lchovlari bo'yicha tahlil

Metrika nomi	Asosiy maqsadi	Formulasi	Annotatorlar soni	Ma'lumot turi	Afzalliklari	Chelkoylari
Bevosita kelishuv (Observed Agreement, P_o)	Annotatorlar orasidagi umumiy kelishuv ulushini o'lchaydi	$P_o = \frac{A}{N}$	≥ 2 annotator	Har qanday (nominal, ordinal)	Juda oddiy. Umumiy tasavvur beradi.	Tasodifiy kelishuvni hisobga olmaydi. Ko'rsatilgan qiymat chalg'ituvchi bo'lishi mumkin.
Kohen Kappasi (κ)	Tasodifiy kelishuvdan tuzatilgan 2 annotatori nominal kelishuvni o'lchaydi	$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$	Faqat 2 annotator	Nominal	Tasodifdan ajratilgan real kelishuvni beradi. Aniqlikni oshiradi.	Faqat 2 annotator, teng baholangan obyektlar kerak.
Fleiss Kappasi	Ko'p annotatori ($N > 2$) holatlarida nominal kelishuvni o'lchaydi	$\kappa_F = \frac{P - P_e}{1 - P_e}$	≥ 2 annotator	Nominal	Kohen Kappasi umumlashgan varianti. Annotatorlar soni farq qilishi mumkin.	Har bir obyekt bir xil miqdorda baholangan bo'lishi kerak.
Krippendorff Alpha (α)	Har qanday tipdagi ma'lumot va annotatorlar moslashuvchan IAA metrikasi	$\alpha = 1 - \frac{D_o}{D_e}$	≥ 2 annotator	Nominal, ordinal, interval, baho	Noaniq, bo'sh yoki yarim teglangan ma'lumotlarda ham ishlaydi. Moslashuvchan.	Hisoblash murakkab, dasturiy vosita kerak. Farq (disagreement) tushunchasi asosida ishlaydi.

Bunda,



A: Annotatorlar bir xil teg qo‘ygan holatlar soni

N: Umumiy baholangan obyektlar soni

P_o : Kuzatilgan kelishuv

P_e : Tasodifiy kelishuv ehtimoli

D_o : Kuzatilgan nomuvofiqlik

D_e : Tasodifiy nomuvofiqlik

5. *Avtomatlashtirilgan sifat nazorati:* Katta hajmdagi ma'lumotlarni teglashda inson nazorati bilan birga **avtomatik sifat tekshiruvlari (quality screens)** joriy etilishi mumkin. Bunda teglangan ma'lumotlardagi **mantiqiy bog'liqsizliklar** yoki qoidalarga zid holatlar dastur vositasida aniqlanadi. Masalan, agar annotator matnning biror segmentiga ikki xil teg qo'ysa yoki noto'g'ri formatda kiritisa, tizim buni alohida nazoratga oladi. Yana bir usul – oldindan ma'lum “oltin” namunalarni teglashga qo'shib, annotatorning ulardagi aniqligini kuzatish. Agar annotator bu nazorat namunalari xato qilsa, uni ogohlantirish yoki qo'shimcha trening o'tkazilishi kerak. Sifat nazorati yordamida teglash jarayonidagi aniqlik va ishonchlilik saqlab qolinadi.

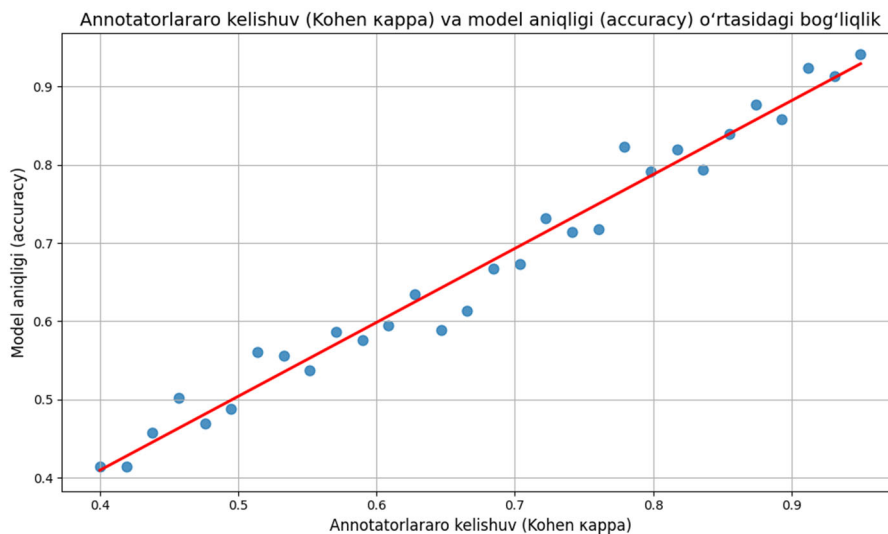
6. *Baholash:* Teglash sifati muntazam ravishda IAA metrikalari orqali baholanib boriladi. Masalan, har bir yangi 100 ta teglangan obyekt uchun jamoa Kohen yoki Fleiss kappasini hisoblab ko'rish mumkin. Agar kutilmaganda IAA pasaysa, darhol sabablarini o'rganish lozim. Ba'zi hollarda, qo'shimcha baholash vazifalari ham joriy etilishi mumkin. Masalan, vaqti-vaqti bilan annotatorlarga sinov testlari berilib, ularning qanchalik to'g'ri teglayotgani aniqlanadi. Bu natijalar bo'yicha har bir annotator uchun sifat ko'rsatkichi hisoblanib, eng yaxshi va eng yomon ko'rsatkichga ega annotatorlar aniqlanadi. Natijada umumiy jarayon sifati yuqori darajada ushlab turiladi.

Yuqoridagi chora-tadbirlarning barchasi *ma'lumotlar to'plamini izchil va ishonchli teglangan holatda shakllantirishga* qaratilgan. **Yuqori sifatli teglash** – kelgusida quriladigan ML modellari muvaffaqiyatining poydevori hisoblanadi. Sifatli teglangan korpuslardan o'rgatilgan modellar aniq va ishonchli natijalar beradi, noaniq teglangan ma'lumotlar esa model samaradorligini pasaytiradi.

Natijalar

Annotatsiya sifati va IAA o'lchovlari o'rtasidagi bog'liqlik

Annotatorlararo kelishuv (IAA) teglash sifatining bilvosita ko'rsatkichi bo'lib xizmat qiladi. Umuman olganda, teglash sifati oshgan sari IAA ham oshadi va aksincha[2]. Ushbu bog'liqlik, o'z navbatida, mashinali o'qitish modellari natijalariga ham ta'sir qiladi. Yuqori sifatli teglangan ma'lumotlar bilan o'qitilgan model odatda yuqori aniqlikka erishadi, past sifatli (kelishuvsiz) teglangan ma'lumotlar bilan o'qitilgan model esa past natija ko'rsatadi. Quyidagi 1-rasmda IAA o'lchovlari o'rtasidagi bog'liqlik tavsiflangan.



1-rasm. IAA o‘lchovlari o‘rtasidagi bog‘liqlik.

Yuqoridagi 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, IAA oshgan sari modelning samaradorligi ham oshmoqda. Odatda, IAA va modelning aniqligi o‘rtasida ijobiy korrelyatsiya mavjud. Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra bu korrelyatsiya $r \approx 0.48$ atrofida ekanligi ko‘rsatilgan. ya‘ni sezilarli darajada musbat bog‘liqlik borligi statistik jihatdan tasdiqlangan [10]. Agar IAA qiymati yuqori bo‘lsa, model uchun maksimal erishish mumkin bo‘lgan aniqlik darajasi ham baland bo‘lishi zarur. Quyidagi 2-jadvalda *teglash sifati pasayishi IAA metrikalarida va model natijasida qanday aks etishi* keltirilgan.

2-jadval. Teglash sifati turli holatlarida IAA ko‘rsatkichlari va model aniqligi

Annotatsiya sifati holati	P_o (kelishuv)	Kohen κ	Fleiss κ	Krippendorff α	Taxminiy model aniqligi
A‘lo (deyarli mukammal)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99 (99%)
Yaxshi (yuqori)	0.90	0.80	0.78	0.85	0.90 (90%)
O‘rtacha	0.75	0.50	0.48	0.55	0.75 (75%)
Past (kelishmovchilik mavjud)	0.60	0.20	0.18	0.25	0.60 (60%)
Juda yomon (tasodifiy)	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50 (50%)

Teglash sifati yuqori bo‘lsa, annotatorlar deyarli barcha holatda kelishadi (P_o va kappasi 1 ga teng) va model aniqligi yuqori bo‘ladi. Teglash sifati pasaysa, kelishuv foizi va kappa keskin tushadi, model aniqligi ham shunga mos ravishda yomonlashadi. 50% kelishuv – bu taxminan tasodifiy teg berish darajasi bo‘lib, bunday ma‘lumotdan o‘rgangan model ham 50% aniqlikdan oshmaydi.

Muayyan ML modellarini ishlab chiqishda **model aniqligi faqat IAA ga bog‘liq emas**. Modelning arxitekturasi, ma‘lumot hajmi va murakkabligi kabi omillar ham muhim rol o‘ynaydi. Ammo teqlash sifati past bo‘lsa, hatto eng kuchli model ham yuqori natija bermaydi. Chunki model “shovqinli” ma‘lumotni o‘rganadi. Masalan, *teglarda xatolik yoki kelishmovchilik* mavjud bo‘lsa, model noto‘g‘ri qolip (shablon)larni o‘zlashtirib olishi mumkin. Bu esa model sifatiga salbiy ta‘sir

qiladi. Shu bois, **teglash sifati past bo'lsa, modelning xatosi ham ortadi**. Bu amalga oshirilgan tajribalarda ko'p kuzatilgan holatdir.

Biroq, ayrim hollarda *model IAAdan yuqori natija ko'rsatishi* ham mumkin[10]. Bu, odatda, annotatorlar o'rtasidagi ba'zi farqlar tizimli bo'lmagan yoki tasodifiy bo'lganda yuzaga keladi. Model ko'p ma'lumot ko'rib, ikkala annotator qolipini ham qisman o'rganadi va ba'zi hollarda har ikkisidan yaxshiroq bashorat qilishi mumkin. Masalan, ikki annotator baholagan matnlar to'plamida annotatorlar 80% holatda kelishgan bo'lsa ($\kappa \approx 0.6$), model ba'zan 85% to'g'ri bashorat qila olishi mumkin. Bu holat ayniqsa annotatorlar *o'zaro bir-biridan biroz farqli xatolar* qilganda kuzatiladi. Model bu xatolarni "*o'rtacha qilib*", asl mantiqni topishi mumkin. Shunday bo'lsa-da, IAA model aniqligi uchun yuqori chegarani belgilamaydi, lekin ishonchli indikator vazifasini bajaradi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, *IAA va model aniqligi odatda bir-biriga mos ravishda o'zgaradi*. Shuning uchun IAA kelishuvni oshirish ustida ishlash bevosita model natijalarini ham yaxshilaydi.

Teglash jarayonining real misollari

Hozirgi kunda turli tillar bo'yicha katta hajmli teglangan korpuslar yaratilmoqda. Ingliz tilida Brown Corpus[19], Penn Treebank kabi dastlabki ishlar mashhur bo'lsa[20], o'zbek tilida ham so'nggi yillarda **teglangan korpuslar** yaratishga qaratilgan tadqiqotlar paydo bo'lmoqda[21]. Masalan, Elov va boshq. (2024) o'zbek tilining morfologik[22] va sintaktik[23] teglangan korpusini yaratish ustida ishlaganlar.

Quyidagi 3-jadvalda o'zbek tili korpusi matnlarini CoNLL-2012 kengaytirilgan formatidagi teglash namunalari keltirilgan.

3-jadval. O'zbek tilidagi koreferensiya korpusidan CoNLL-2012 formatidagi namunalar (kengaytirilgan format)

Hujjat ID	Part №	Gap №	Token №	Token	POS	Parse bitimi	Lemma	NE	Coreferen ce
texts_001	0	1	0	Navoiy	N	NP	Navoiy	PER	(1
texts_001	0	1	1	15-asrda	N	ADV p	15-asrda	DATE	-
texts_001	0	1	2	yashagan	VB	VP	yashamo q	-	-
texts_001	0	1	3	buyuk	JJ	ADJP	buyuk	-	-
texts_001	0	1	4	o'zbek	N	NP	o'zbek	NOR P	-
texts_001	0	1	5	shoiri	N	NP	shoir	TITL E	1)
texts_001	0	1	6	.	.	O	.	-	-
texts_001	0	2	7	U	P	NP	u	-	1
texts_001	0	2	8	Hirotda	N	PP	Hirotda	LOC	(2



texts_001	0	2	9	tug'ilgan	VB	VP	tug'ilmoq	-	-
texts_001	0	2	10	.	.	O	.	-	2)
science_015	0	1	0	Suv	NN	NP	suv	-	(3
science_015	0	1	1	0°C	CD	ADV P	0°C	-	-
science_015	0	1	2	da	IN	PP	da	-	-
science_015	0	1	3	muzga	NN	NP	muz	-	-
science_015	0	1	4	aylanadi	VBZ	VP	aylanmoq	-	3)
science_015	0	1	5	.	.	O	.	-	-
science_015	0	2	6	Bu	DT	NP	bu	-	(4
science_015	0	2	7	jarayon	NN	NP	jarayon	-	4)
science_015	0	2	8	juda	RB	ADV P	juda	-	-
science_015	0	2	9	muhimdir	JJ	ADJP	muhim	-	-
science_015	0	2	10	.	.	O	.	-	-
news_100	0	1	0	Toshkent	NNP	NP	Toshkent	LOC	(5
news_100	0	1	1	shahrida	NN	NP	shahar	LOC	5)
news_100	0	1	2	yangi	JJ	NP	yangi	-	(6
news_100	0	1	3	stadion	NN	NP	stadion	FAC	6)
news_100	0	1	4	qurildi	VBN	VP	qurilmoq	-	-
news_100	0	1	5	.	.	O	.	-	-
news_100	0	2	6	Ushbu	DT	NP	ushbu	-	(6
news_100	0	2	7	stadion	NN	NP	stadion	FAC	6)
news_100	0	2	8	50	CD	NP	50	-	-
news_100	0	2	9	ming	CD	NP	ming	-	-
news_100	0	2	10	odam	NN	NP	odam	-	-
news_100	0	2	11	sig'imga	NN	NP	sig'im	-	-
news_100	0	2	12	ega	JJ	VP	ega	-	-
news_100	0	2	13	.	.	O	.	-	-

Ushbu jadvalda:

–**POS:** So'z turkumlari (N – ot, P – olmosh, VB – fe'l va hokazo).

– **Parse bitimi:** Soddalashtirilgan sintaktik struktura ko'rsatkichi.

– **Lemma:** So'zning asosiy shakli (lemmalar).

– **NE:** Named Entity, nomlangan obyektlar turi (LOC – joy nomi, PER – shaxs, ORG – tashkilot va hokazo).

– **Coreference:** Koreferensiya zanjirlari identifikatorlari. Ochuvchi qavs “(” yangi zanjirning boshlanishini, yopuvchi qavs “)” esa yakunlanishini bildiradi. Yakka holda eslatma (n) shaklida ifodalanadi.

Ushbu jadvaldagi matnlar CoNLL-2012 standart formatida teglangan tarzda keltirilgan bo'lib, amaliyotda aynan shunday tarzda koreferensiya aniqlash modellari tomonidan foydalaniladi.

Bunda ToshDO'TAU kompyuter lingvistikasi va raqamli texnologiyalar kafedrasida mutaxassislar tomonidan maxsus tegger ishlab chiqilib, bir nechta annotatorlarning ishlashini qulaylashtirish yo'lga qo'yilgan. Lingvist annotatorlar jamoasi (doktorant, magistrant va talabalar) tuzilib, ular uchun batafsil yo'riqnoma ishlab chiqilgan va teglash jarayonida doimiy aloqa o'rnatilgan. Natijada, korpusda har bir so'zning morfologik va sintaktik bog'lanishlari teglangan bo'lib, *bir necha bor tekshiruv va tahrirlar orqali konsensusga keltirilgan* (adjudikatsiya qilingan). Hozirda ushbu korpusdan foydalanib, o'zbek tili uchun turli NLP modellar (masalan, *tuzilmaviy tahlil va lug'at boyligini o'rganish* modellari) o'qitilmoqda.

Shuningdek, o'zbek tilida nomlangan obyektlarni aniqlash (NER) bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda[24]. Elov va boshq. (2024) tadqiqotida O'zbek matnlari uchun shaxs, joy, tashkilot nomlari kabi obyektlarni teglash ustida ishlangan[25]. Tadqiqotchilar 100 mingdan ortiq gapdan iborat katta korpus tuzib, undagi leksik birliklar POS, morfologik, sintaktik va NER teglaganlar. Bu jarayonda bir nechta annotatorlar ishtirok etib, o'zaro kelishilgan belgilash sxemasiga amal qilishgan. Korpus bo'yicha annotatorlararo kelishuv yuqori (taxminan 0.85 atrofida kappa) bo'lib, bu ma'lumot sifatli teglanganini ko'rsatadi. Ushbu korpus asosida o'zbek tilida avtomatik NER modellar sinovdan o'tkazilganda, ularning aniqligi yuqori darajada bo'lgan. Bu esa, yuqori sifatli teglash jarayoni yakunlangach, modellarning samaradorligi oshishidan dalolat beradi. Aksincha, teglash sifati past bo'lgan holatlarda model natijasi qanday yomonlashishini ham olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tasdiqlaydi. Masalan, ba'zi o'tkazilgan tajribalarda annotatorlarning kelishuvi atigi $\kappa \approx 0.3$ bo'lgan holda, o'qitilgan modelning aniqligi ham 55–60% dan oshmagan (yaxshisi 0.6 F1 atrofida). Annotatorlarni qayta o'qitib, yo'riqnoma yangilab, kelishuvni $\kappa \approx 0.6$ ga yetkazilgach, modelning F1 ko'rsatkichi ham 80% gacha o'sgan. Demak, teglardagi “shovqin”ni kamaytirish (aniqlikni oshirish) bevosita modelning o'rganishini yaxshilaydi.

Bundan tashqari, turli vazifalarning tabiiy murakkabligi ham IAA ko'rsatkichlariga ta'sir qiladi. Masalan, matnlardagi imlo xatolarni aniqlash kabi NLP vazifalarda annotatorlar deyarli bir xil qarorga kelishadi (kelishuv yuqori); POS teglash ham qoidalarga asoslanganligi tufayli odatda $\kappa > 0.8$ darajada bo'ladi. Ammo matnning mazmunini baholash, sentiment (ijobiy/salbiy) kabi subyektiv

komponentli vazifalarda annotatorlar qarorida tafovut ko'proq bo'lishi mumkin. Bunday hollarda ham yechim *yo'riqnomaning imkon qadar aniqlashtirilishi, ko'proq misollar keltirilishi va jamoaviy muhokamalar orqali tushunchalarning bir xilda shakllantirilishidir.*

Muhokama

Yuqoridagi tahlillar va misollar shuni ko'rsatadiki, teglash jarayonining sifati NLP loyihalarining muvaffaqiyati uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Annotatorlarni to'g'ri tanlash va tayyorlash, aniq yo'riqnomalar, sifatni nazorat qilishning turli usullarini joriy etish orqali teglarning ishonchliligi maksimal darajaga yetkaziladi. Annotatorlararo kelishuv (IAA) esa ushbu ishonchlikni o'lchashga imkon beradigan muhim ko'rsatkichdir. IAA qiymatlariga qarab, til korpusi **qay darajada ishonchli** ekanligi baholanadi va zarur bo'lganda, qo'shimcha chora ko'riladi (masalan, $\kappa < 0.5$ bo'lsa, ehtimol butun jarayonni qayta ko'rib chiqish lozim).

Shuni alohida ta'kidlash joizki, IAA – bu sifat kafolati emas, balki indikator. Agar annotatorlar hammasi bir xil noto'g'ri yo'lni tanlasa (ya'ni, ma'lumotlar izchil lekin noto'g'ri teglansa), IAA yuqori bo'lishi mumkin, lekin teglarning o'zi noto'g'ri bo'ladi. Shu sabab, annotatorlar kelishib noto'g'ri teglamasligi uchun **adjudikatsiya va ekspert nazorati** muhim sanaladi. Ya'ni, ishlab chiqilgan yakuniy "oltin standart"ni real ma'lumotlarga iloji boricha moslashtirish kerak. IAA ko'rsatkich faqat annotatorlarning bir-biri bilan kelishuvini ko'rsatadi. Shuning uchun, agar imkon bo'lsa, ma'lumotning bir qismi bo'yicha haqiqiy natija mavjud bo'lishi va annotatorlar shunga erishishga intilishi lozim. Masalan, tibbiy diagnostika ma'lumotlarini teglashda bir guruh shifokorlar qarorini o'zaro solishtirishdan tashqari, ba'zan **laboratoriya tahlil natijasi** kabi mustaqil mezon bilan solishtirilsa, yanada to'g'ri baho beriladi. Kelishuvni oshirishga qaratilgan harakatlar (treninglar, qo'shimcha tushuntirishlar, konsensus) aslida teglash sifatini oshiradi va shu bilan **modelning yanada yaxshi o'rganishiga** zamin yaratadi. Zamonaviy katta til modellari (LLM) ham o'rgatiladigan ma'lumotlar sifatiga ta'siri katta bo'lib, agar ma'lumotlarda xatolik mavjud bo'lsa, model mantiqsiz yoki noto'g'ri xulosa chiqaradi. Teglash jarayonini tashkil qilishda *optimal strategiyani tanlash* ham muhimdir. Masalan, cheklangan resurslarda barcha ma'lumotni ikki marta teglash murakkab bo'lsa, tanlanma tarzda *ustma-ust teglash* va *audit tekshiruvlarini o'tkazish* mumkin. Yoki anonim annotatorlar jalb qilinganda, albatta *bir nechta annotatorlar va ko'pchilik ovozi* tamoyilidan foydalanish lozim. Aks holda, bir kishining xatosi butun ma'lumotni buzishi mumkin. Turli NLP loyiha talablariga ko'ra sifatni ta'minlash metodlaridan mos kombinatsiya tanlanadi.

Xulosa

Annotatorlar jamoasi NLP ilovasini poydevorini quruvchi ustunlari hisoblanadi. Ularning roli nafaqat ma'lumotga teg qo'yish, balki bilvosita ravishda modelning chegara shartlarini belgilashdan

iborat. Shu sababli, ularni to'g'ri boshqarish, mehnatini muvofiqlashtirish va natijalarini baholab borish – NLP tizimini ishlab chiqish muvaffaqiyati garovidir. IAA esa bu jarayonda “termometr” vazifasini o'taydi, ya'ni bizga teglash “salomatligi” haqida signal beradi. Bugungi kunda ToshDO“TAU mutaxassislari tomonidan o'zbek tilida yanada ko'proq sifatli teglangan korpuslar yaratilishi, ularda teglash jarayoni va kelishuv darajasi batafsil hujjatlashtirilishi bo'yicha amaliy ishlar olib borilmoqda. Bu esa, o'z navbatida, NLP modellarining sifatini oshirib, ilmiy tadqiqotlarda yangi marralarga erishishga xizmat qiladi.



Adabiyotlar

1. <https://medium.com/@jorgecp/the-adjudication-process-in-collaborative-annotation-61623c46b700>
2. Decker, Z. (2016). Collaboration in Adjudication. *Canon L. Soc'y Am. Proc.*, 78, 158.
3. Artstein, R. (2017). Inter-annotator agreement. *Handbook of linguistic annotation*, 297-313.
4. Artstein, R., & Poesio, M. (2008). Inter-coder agreement for computational linguistics. *Computational linguistics*, 34(4), 555-596.
5. Wissler, L., Almashraee, M., Díaz, D. M., & Paschke, A. (2014). The Gold Standard in Corpus Annotation. *IEEE GSC*, 21.
6. Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
7. Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.
8. Skjærholt, A. (2014, June). A chance-corrected measure of inter-annotator agreement for syntax. In *Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)* (pp. 934-944).
9. Boguslav, M., & Cohen, K. B. (2017). Inter-annotator agreement and the upper limit on machine performance: evidence from biomedical natural language processing. In *MEDINFO 2017: Precision Healthcare through Informatics* (pp. 298-302). IOS Press.
10. Richie, R., Grover, S., & Tsui, F. R. (2022, May). Inter-annotator agreement is not the ceiling of machine learning performance: Evidence from a comprehensive set of simulations. In *Proceedings of the 21st workshop on biomedical language processing* (pp. 275-284).
11. Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, 363-374.
12. Randolph, J. J. (2005). Free-Marginal Multirater Kappa (multirater K [free]): An Alternative to Fleiss' Fixed-Marginal Multirater Kappa. Online submission.
13. <https://datatab.net/tutorial/fleiss-kappa>
14. <https://www.surgehq.ai/blog/inter-rater-reliability-metrics-an-introduction-to-krippendorffs-alpha>
15. Scott, W. A. (1955). Reliability of content analysis: The case of nominal scale coding. *Public opinion quarterly*, 321-325.
16. Baledent, A., Mathet, Y., Widlöcher, A., Couronne, C., & Manguin, J. L. (2022, June). Validity, agreement, consensuality and annotated data quality. In *Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference* (pp. 2940-2948).
17. Islamaj, R., Kwon, D., Kim, S., & Lu, Z. (2020). TeamTat: a collaborative text annotation tool. *Nucleic acids research*, 48(W1), W5-W11.
18. Richie, R., Grover, S., & Tsui, F. R. (2022, May). Inter-annotator agreement is not the ceiling of machine learning performance: Evidence from a comprehensive set of simulations. In *Proceedings of the 21st workshop on biomedical language processing* (pp. 275-284).
19. Kholkovskaia, O. (2017). Role of the Brown Corpus in the History of Corpus Linguistics. In *Web: http://poseidon2.feld.cvut.cz/conf/poster/proceedings/Poster_2017/Section_HS/HS_018_KholNovsNaia.pdf*.
20. Marcus, M., Santorini, B., & Marcinkiewicz, M. A. (1993). Building a large annotated corpus of English: The Penn Treebank. *Computational linguistics*, 19(2), 313-330.
21. Elov, B., & Xusainova, Z. (2024). Til korpuslarini lingvistik teglash bosqichlari. *Computer Linguistics:*

- problems, solutions, prospects, 1(1).
22. Elov, B., & Xudayberganov, N. (2024). O 'zbek tili korpusi matnlarini pos teglash usullari. *Computer Linguistics: problems, solutions, prospects*, 1(1).
 23. Elov, B., & Abdullayeva, O. (2024). O 'zbek tili korpusini sintaktik teglash masalasi. *Computer Linguistics: problems, solutions, prospects*, 1(1).
 24. Elov, B. B., & Samatboyeva, M. T. (2024, November). *NER: Methods FOR Automatic Identification of Anthroponyms in Uzbek Texts*. In *2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE)* (pp. 1850-1855). IEEE.
 25. Elov, B., & Samatboyeva, M. (2023). Identifying ner (named entity recognition) objects in uzbek language texts. *Science and innovation*, 2(C4), 44-57.



Author

Abdulxayev Nodirbek

Department of Communication and Digital Technologies, University of Management and Future Technologies, Tashkent, 100208, Uzbekistan;

abdulxayev.nodirbek@gmail.com

TRANSMISSION AND PROCESSING OF REAL-TIME SIGNALS USING THE WIFI NOTEMCU 8266 CH340 MODULE IN A VIRTUAL FIELD CREATED IN A VIRTUAL REALITY SIMULATOR

Abstract: In this scientific article, the development of a human shock sensing complex with the participation of the NoteMCU 8266 CH340 WiFi module using VR-Virtual Reality technologies. Various devices and tools are presented in the article, as a result of which a suitable option is selected and a shock sensing complex is developed. Brief information on the work being carried out in this direction in our republic and in foreign countries will be given. Based on foreign experience, the state of VR technologies involved in science, art, military and other fields is studied, the feature of direct impact sensing is developed and a complex (device) is developed..

Keywords: VR Technology, Education, NoteMCU Esp8266, L293D Driver, DC Motor, Vibrator, Interface, Pin.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

The rapid introduction of modern innovative technologies into economic sectors, social and other spheres with the wide application of scientific and technical achievements is an important condition for the rapid development of the Republic of Uzbekistan.

The fact that all spheres of society and state life are rapidly developing requires the implementation of reforms based on modern innovative ideas, developments and technologies that ensure the rapid and high-quality development of our country on the way to the ranks of the leaders of world civilization.

According to the decision of the President of the Republic of Uzbekistan dated October 6, 2020, PQ-4851 "On measures to further improve the education system in the field of information technology, develop scientific research and integrate it with the IT industry" Improving the system of personnel training in the field of information technologies is one of the important conditions for the successful implementation of the "Digital Uzbekistan - 2030" strategy, the development of digital technologies and ensuring their widespread introduction into the everyday life of the population[1].

VR (Virtual Reality) technology includes electronic information and simulation technology. With the continuous development of science and technology, all walks of life demand more and more energy for VR technology. VR technology has made great progress to date and is gradually becoming a new field of science and technology, while virtual reality technology has become a new type of educational technology that can also help the development of education.

Currently, in our country, in the educational base of the Public Safety University of the Republic of Uzbekistan, in addition, a partial preparation stage is being carried out in civilian universities. It is used for entertainment purposes in the parks of our republic.

With the use of this VR technology, we can see that even in the advanced countries of the world, the owners of various fields have demonstrated the significant effectiveness of training and education of personnel through this technology in VR education and performing practical exercises that are difficult to perform.

The rapid development of science and technology has led to education and training through VR technology in foreign countries. For example:

- Virtual Reality technologies are widely used in the training of nurses and doctors, especially in the military, in the American city of Los Vegas, and every year in this state there is a "consumer electronics" show based on virtual reality, where students also participate with their own developments.

- In South Korea, automotive engineering and driving training based on Virtual Reality technology are also being implemented with VR technology, and we can see that this has led to

significant efficiency.

The main part.

Technology based on Virtual Reality allows a person to perform a certain task through his senses: seeing, hearing, touching [2]. Computer-aided synthesis of the characteristics and reactions of virtual reactants is performed in real time to create a complex complex of real human emotions. For example, a simulator program created on the basis of VR technology allows military personnel to gain skills and experience in the virtual space without risking their lives through a simulator hardware and software complex. In this simulator program, the user uses special plates (VR suits) in order to see, hear, and feel the shock through a vibrator.

It is worth noting that in the VR simulation games created so far, several different colored LED lights were used, and depending on the color of the LED lights, we would have information about the status of the game participant to continue the game. These led lights do not allow you to feel the "shock" when using a simulation program based on VR technology, and the use of these devices was limited due to the high cost of these devices.

Taking into account the above points, in this scientific article we want to offer a device that allows you to feel the shock received by a person (hands, feet and head) through vibration while playing a simulation complex created in a simulation program through a simulation game participant VR helmet, using a wifi module and vibrators.

The following devices are required to create this simulation complex:

- Wifi module;
- Motor driver;
- Vibrating device or module;
- Special connecting wires (one-sided and two-sided) for exchanging information between devices;
- Computer;

There are several types of Wi-Fi modules, from which we need to select the one that matches our specifications. To do this, we compare the technical capabilities of several types of the Esp8266 module (Table 1).

Table 1. Comparative Analysis of Esp-05, Esp-07, Esp-12S, Esp-12E Series of Esp8266 Wifi Module.

Technical indicator	ESP-05 module	ESP-07 module	ESP-12S module	ESP-12E module
Frequency range:	2,4GHz-2,5 GHz (2400M-2483,5M)	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5)	2.4GHz -2.5GHz (2400M-2483.5M)	2,4GHz – 2,5GHz (2400M–2483,5M)
I/O, GPIO:	11	11	11	11
WiFi protocol:	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Microcontroller:	resolution 32-bit	resolution 32-bit	32-bit, AI Thinker	32-bit microcontroller, Ten silica L106
RAM memory:	Flash memory: 4 MBit / 512 MBit	Flash memory: 8 MBit / 1 MByte	Flash memory: 32 MBit / 4 MByte	Flash memory: 4 MB, SRAM 64 KB
Working voltage:	3.0V–3.6 V	3.0-3.6 V	3.0 - 3.6 V	3.0 - 3.6 V
Dimensions:	14,2x14,2 mm	21.2x16.2 x 3 mm	24 x 16 x 3 mm	16mm x 24mm x 3mm
Security:	WPA/WPA2	WPA/WPA2	WPA-PSK, WPA2-PSK	WPA/WPA2
Encryption:	WEP/TKIP/AES	WEP/TKIP/AES	WEP/TKIP/AES	WEP/TKIP/AES
Network Protocols:	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
Operating system support	Andriod va iOS	Andriod va iOS	Andriod va iOS	Cloud Server, приложение Windows, Mac, Android, iOS
Analog inputs	1, 10-bit	1, 10-bit	1, 10-bit	1, 10-bit

In this table, from a comparative analysis of the technical characteristics of the Esp8266 Wi-Fi module Esp-05, Esp-07, Esp-12s, Esp-123e series, we can see that the Esp-12e SERIES module has higher memory than other series modules, and the support of Windows, Mac, Android, IOS operating systems when writing application code to this series module has opened a The presented Esp-12e

SERIES module Note MCU 8266 ch340 Wi-Fi module is available in was the basis for our selection of this Wi-Fi module.

The ESP-12E series NoteMCU 8266 CH340 WiFi module is designed by Ai-thinker and is based on the ESP8266 core processor, which is characterized by the presence of a WiFi radio interface. The ESP8266 core is integrated into the Tensilica L106, a 32-bit ultra-low-power microcontroller. Support for 80 and 160 MHz clock frequencies, RTOS support, built-in Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA feature, microstrip antenna on module board justified (Fig.1.).

The module supports IEEE802.11 b/g/n standard, full set of TCP/IP protocols. Users can use the modules as an additional feature to connect any device to the network or as a stand-alone network controller [5].

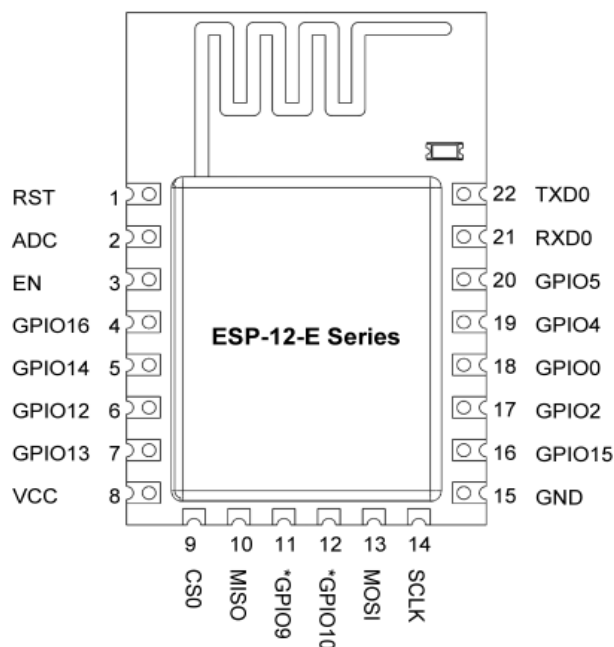


Figure 1. NoteMCU 8266 CH340 wifi module schematic diagram.

Motor driver - it is mainly used to control motors in a single standard, to amplify the signal. There are also several types of these motor drives, and we need to distinguish whether the technical description is right for us.

Table 2. Comparative analysis of the technical specifications of L293D, L293B, L293E motor drivers.

Characteristic	L293D	L293B	L293E
Number of pins	16	16	20
Motor supply voltage (Vs)	4,5...36V	4,5...36V	4,5...36V
chip supply voltage (Vss)	- 5V	- 5V	- 5V
permissible load current	600mA (for each channel)	600mA (for each channel)	600mA (for each channel)
peak (maximum) output current	1,2A (for each channel)	1,2A (for each channel)	1,2A (for each channel)
logic "0" input voltage	to 1,5V	to 1,5V	to 1,5V
logic "1" input voltage	2,3...7V	2,3...7V	2,3...7V
switching speed	5 kHz.	5 kHz.	5 kHz.
overheat protection	Yes	Yes	No
Cost (usd)	1.18 \$	1.85 \$	2.58 \$

As you can see from the table above, since all 3 motor drivers have almost the same technical characteristics, L293D driver was chosen due to its burn protection and cost.

L293D Driver – this motor driver is used to convert (amplify) low power control signals into sufficient current to drive motors (Fig.2.).

The L293D driver includes two simultaneous drivers (four independent channels when two pairs are combined) to drive small power motors. The L293D has two inputs to run each of the drivers. These inputs are used to control the speed of the motors using a pulse width modulated signal (PWM, Fig.3.). The L293D driver is capable of operating from 0°C to 70°C. A maximum of 4 motors can be connected to one L293D motor driver [4]. If we have six or eight motors, we can use two L293D motor drivers.

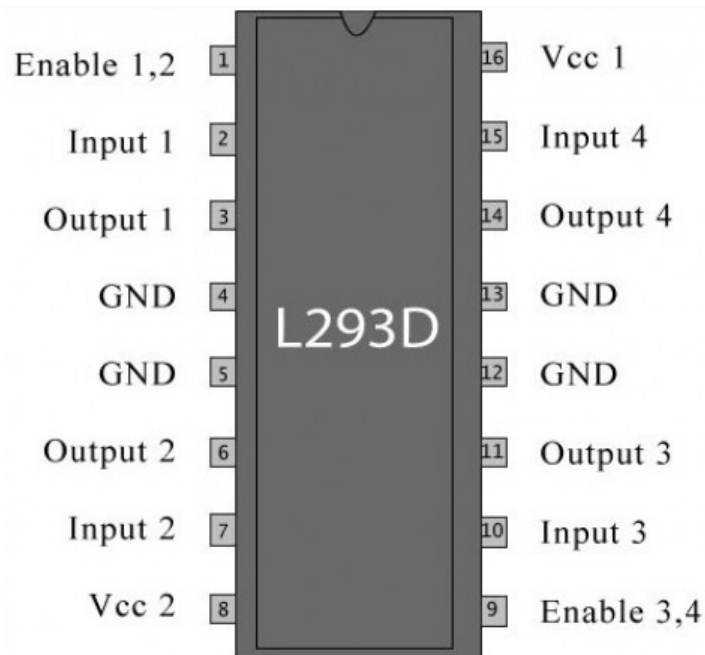


Figure 2. L293D Motor Driver Overview and Pin outs

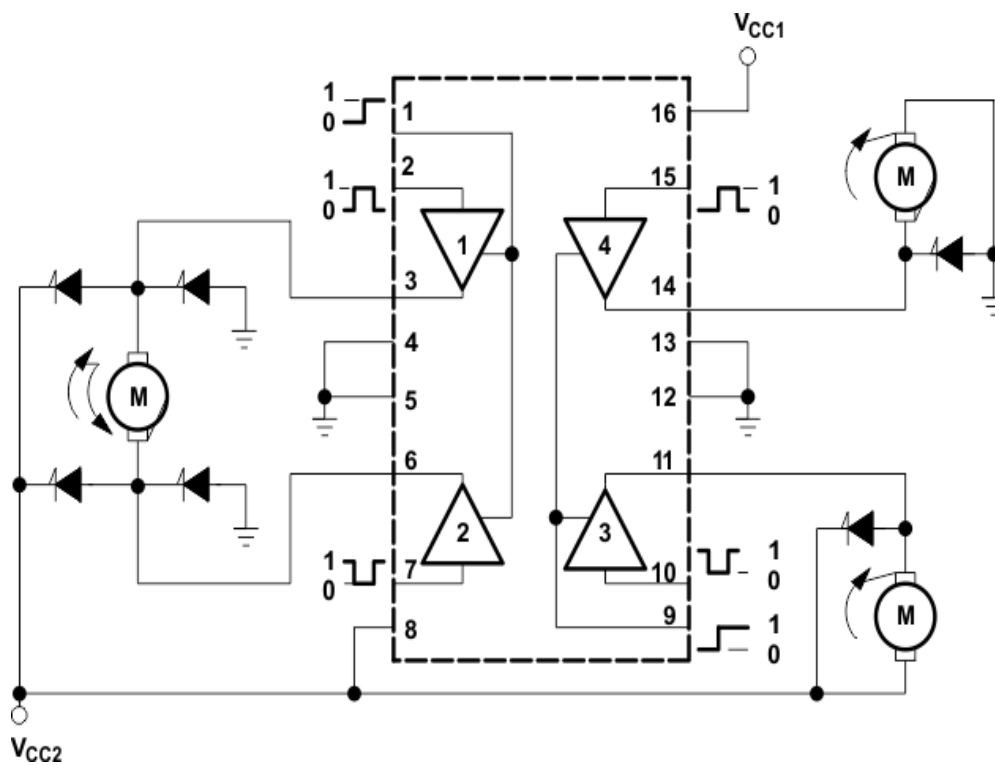


Figure 3. Functional block diagram of L293D motor driver

After selecting the Motor drive, we will need a device that will give us vibration. It was the DC motor that was chosen as the sensor that would give it vibration. The reason is that this motor was used for its intended purpose due to the fact that the DC motor had a significantly higher vibration than vibrators (Fig.4,5.).

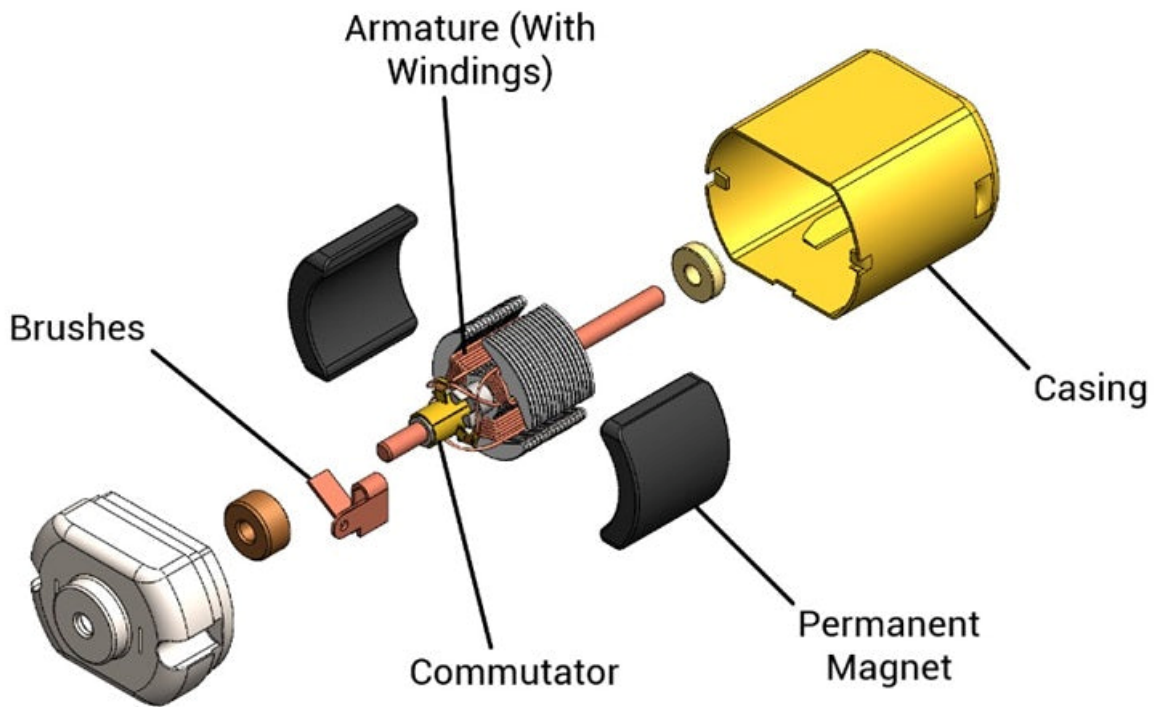


Figure 4. General view of DC motor

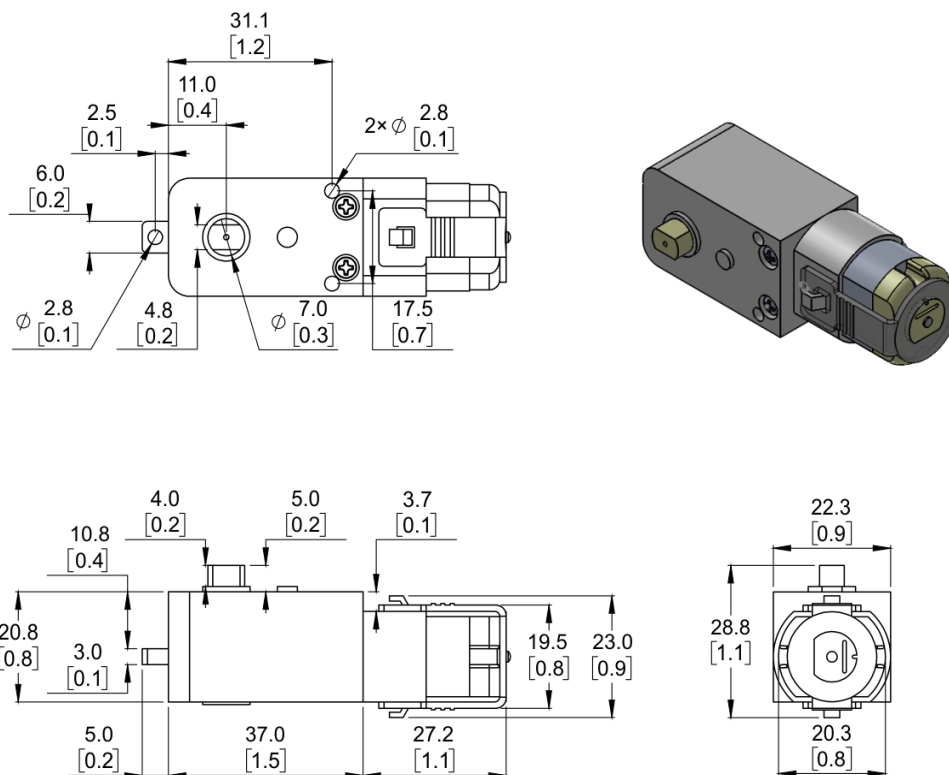


Figure 5. DC motor overall dimensions

In the simulation program based on VR technology, four DC motors were used to sense the impact movement by the user. Two DC motors are attached to the arms (left and right) at the wrists

and two legs (left and right) at the hips. In the game, the DC motor connected to the part of the hand or leg that is hit by the impact will vibrate.

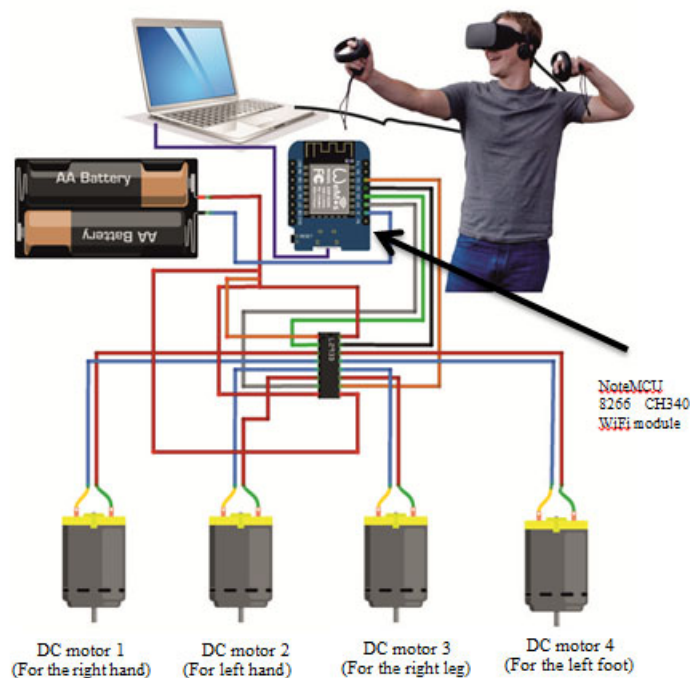


Figure 6. The general connection diagram of the device for sensing shock through vibramotors in a simulation game based on VR technology.

The principle of operation of the device: In a simulation game based on VR technology, the general principle of operation of the device for sensing shock through vibrators is implemented in the following sequence:

1. First of all, connect the NodeMCU 8266 CH340 wifi module to the computer via USB and the NodeMCU 8266 CH304 wifi module to the network via the computer, and determine the IP address and WiFi name assigned to this WiFi module from the network and enter it into the program code written in the Arduino IDE environment of the computer.

2. In the next step, the NodeMCU 8266 CH340 wifi module declares 4 digital port output pins, and these digital output pins send signals to the four DC motors by amplifying the signal current from the L293D driver.

3. After that, the NodeMCU 8266 CH340 wifi module creates a server on the computer, and the constant connection sends a signal to the server every minute, informing about the actions in the game (in the form of 0 and 1). If the hit is made to the right hand in the simulation game, immediately the signal comes to the server (the WiFi module uses the server it needs from the server of the base station, that is, from the servers of the Internet provider) and the signal 1 comes to the DC motor connected to the right hand through the NodeMCU 8266 CH340 wifi module, and 0 signals go to the remaining 3 DC motors. The same is done when hitting the left arm and leg (Fig.6.).

Conclusion

In conclusion, it can be said that using VR-Virtual Reality technologies, NoteMCU 8266 CH340 WiFi module has achieved one of the breakthroughs in the field by developing a human pulse sensing complex. Within the scope of the topic, as a result of comparing and studying the characteristics of various devices and tools, a suitable option was selected and a shock sensing complex was developed. Based on the work carried out in this direction in our republic and foreign experience, the state of VR technologies involved in science, art, military and other fields was studied, the feature of direct impact sensing was developed and a complex (device) was developed. In the future, this method laid the foundation for the de-velopment of the field through new algorithms and programs. Because the involvement of VR technologies in science and art and other fields is now being carried out with rapid steps.



References

1. PQ-4851 decision of the President of the Republic of Uzbekistan on “Axborot texnologiyalari sohasida ta’lim tizimini yanada takomillashtirish, ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish va ularni IT-industriya bilan integratsiya qilish chora-tadbirlari” October 6, 2020.
2. <http://srcyrl.empower-sim.com/news/the-application-of-virtual-reality-technology-30438812.html>
3. https://www.ti.com/lit/ds/symmlink/l293d.pdf?ts=1658399506564&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FL293D.
4. <https://myrobot.ru/datasheets/l293d.pdf> last accessed 2016/11/21.
5. <https://myrobot.ru/wiki/index.php?n=Experiences.NodemcuV3Pinout>



IJTIMOIY FANLAR



Muallif

Rasulov Rustambek

“University of Business and Science”
universiteti Toshkent Shahar filiali,
Ijtimoiy gumanitar fanlar katedrasi,

rustamrasulov07081995@gmail.com

YOSHLARNING IJTIMOIY FAOLLIGINI OSHIRISH MEXANIZMLARI

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot O‘zbekiston yoshlarining intellektual va ma‘naviy salohiyatini rivojlantirishda davlat va nodavlat tashkilotlarining o‘rni va ularning o‘zaro hamkorligini o‘rganadi. Maqsad, yoshlarning ijtimoiy, madaniy va ilmiy rivojlanishiga ta‘sir etuvchi omillarni aniqlash va davlat siyosatining samaradorligini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqotda aralash usul (mixed method) qo‘llanilib, so‘rovnomalar, intervyular va hujjat tahlili kabi metodlar yordamida ma‘lumotlar to‘plandi. Ma‘lumotlar O‘zbekistonning turli hududlarida yashovchi yoshlar va ularni qo‘llab-quvvatlovchi tashkilotlar faoliyatidan olingan. Tadqiqot natijalari yoshlar siyosatining dolzarb masalalarini, davlat va nodavlat sektorlarining intellektual va ma‘naviy salohiyatni rivojlantirishdagi o‘rni hamda muammolarni ochib beradi. Olingan natijalar asosida tavsiyalar keltirilgan bo‘lib, ular yoshlarni qo‘llab-quvvatlovchi tashkilotlarning samaradorligini oshirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: O‘zbekiston, yoshlar, intellektual salohiyat, ma‘naviy rivojlanish, davlat tashkilotlari, nodavlat tashkilotlari, yoshlar siyosati, ijtimoiy qo‘llab-quvvatlash, yoshlar tashkilotlari, madaniy rivojlanish, ilmiy salohiyat, davlat va nodavlat hamkorligi, yoshlarga yordam, ijtimoiy faoliyat, yoshlar ta‘limi, so‘rovnoma, intervyu, hujjat tahlili.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

Bugungi kunda yoshlar mamlakatning taraqqiyotidagi muhim omil sifatida e'tirof etiladi. Ularning intellektual va ma'naviy salohiyati jamiyatning ijtimoiy, iqtisodiy va siyosiy taraqqiyotini belgilaydi. O'zbekistonning yoshlar siyosati, shu jumladan, ularning intellektual rivojlanishi va ma'naviyatini mustahkamlash, mamlakatning kelajakdagi barqarorligini ta'minlash uchun juda muhimdir. Yoshlarning ma'naviy va intellektual salohiyatini rivojlantirishda davlat va nodavlat tashkilotlarining o'рни nihoyatda katta.

O'zbekistonning yoshlar siyosati sohasidagi amaldagi huquqiy va ijtimoiy chora-tadbirlar, yoshlarni ijtimoiy faollik va intellektual yuksalishga undashda samarali vositalar sifatida xizmat qiladi. Biroq, bu yo'lda hali ham bir qancha muammolar mavjud. Jumladan, davlat va nodavlat tashkilotlarining o'rtasidagi hamkorlikdagi kamchiliklar, yoshlarni qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining samaradorligi va resurslar yetishmasligi kabi omillar mavjud.

Ushbu maqolada O'zbekiston yoshlarining intellektual va ma'naviy salohiyatini oshirishda davlat va nodavlat tashkilotlarining o'рни tahlil qilinadi. Tadqiqotning maqsadi — bu tashkilotlar o'rtasidagi hamkorlikni mustahkamlash va yoshlarni rivojlantirishga qaratilgan strategiyalarni ishlab chiqishdir. Maqola davlat siyosatining yoshlar masalasiga yondashuvi, yoshlar bilan ishlashning zamonaviy metodlari, shuningdek, bu jarayondagi nodavlat tashkilotlarining o'рни va ular bilan o'zaro hamkorlikni o'rganishga qaratilgan.

Yoshlar masalasi O'zbekistonning milliy taraqqiyot strategiyasining muhim jihatlaridan biri sifatida ajralib turadi. Respublikada yoshlarning bilim va ma'naviyatini yuksaltirishga doir bir qator yangi dasturlar va qonunlar ishlab chiqilgan bo'lsa-da, amaliyotda bu yo'nalishda hali ham ko'plab muammolar mavjud. Bu maqola orqali yoshlarning rivojlanishiga qaratilgan strategiyalarni takomillashtirish, davlat va nodavlat tashkilotlari o'rtasidagi hamkorlikni yanada samarali qilishga doir tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Asosiy qism

Hozirgi kunda mamlakatimizda yoshlarimizning ma'naviy salohiyatini rivojlantirishda xizmat qilayotgan nodavlat va davlat muassalari shuningdek, Markazlar faoliyatining miqdoriy o'zgarishlaridan sifat o'zgarishlariga aylanib borayotganligining guvohi bo'lishimiz mumkin.

Prezidentimiz Shavkat Mirziyoyev e'tirof etganlaridek: “Nodavlat notijorat tashkilotlarni va fuqarolik jamiyatining boshqa institutlarini qo'llab-quvvatlash jamoat fondi faoliyatini joylardagi dolzarb muammolarni hal etishga qaratish zarur. Ayniqsa, mavjud muammolarni aniqlash, ularni chuqur tahlil qilish, yechimlari bo'yicha takliflar ishlab chiqish, ijrosi ustidan jamoatchilik nazoratini ta'minlashga ijtimoiy buyurtma asosida nodavlat notijorat tashkilotlari keng jalb etiladi. Bunday hamkorlikni, eng avvalo, ta'lim, madaniyat, tibbiyot, ekologiya, qurilish, kadastr, transport, kommunal xo'jaligi, bandlik, ijtimoiy xizmatlar ko'rsatish kabi muammoli sohalarda keng joriy etish

maqsadga muvofiq bo'ladi"[1].

Yurtimizda yoshlarga oid davlat siyosatini amalga oshirishda ishtirok etuvchi organ va muassasalarning faoliyati "Yoshlarga oid davlat siyosati to'g'risida"gi qonun asosida mustahkamlangan bo'lib, ularga quyidagilar kiradi:

- “ta’limni davlat tomonidan boshqarish organlari va ta’lim muassasalari;
- davlat sog‘liqni saqlash tizimini boshqarish organlari va sog‘liqni saqlash muassasalari;
- jismoniy tarbiya va sport bo‘yicha organlar;
- madaniyat organlari;
- mehnat organlari;
- prokuratura organlari;
- ichki ishlar organlari;
- adliya organlari;
- mudofaa ishlari bo‘yicha organlar”[2].

Prezidentimiz tashabbusi bilan Oliy Majlisning har ikkalas palatasi ya’ni Qonunchilik Palatasi va Senat huzurida Yoshlar parlamentining tashkil topishi, yoshlarni qonun ijodkorligi jarayonlarida ishtirok etishlari, yangi qabul qilinayotgan qonunlarda yoshlarning takliflarini inobat olish, qonun ijodkorligi jarayoni sifatini tibdan yaxshilash yuzasidan yangi va ustuvor yo‘nalishlarni belgilashda yosh avlodning faolligini oshirish muhim hisoblanadi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi O‘zbekiston yoshlarining intellektual va ma’naviy salohiyatini rivojlantirishda davlat va nodavlat tashkilotlarining o‘rni va ularning o‘zaro hamkorligini o‘rganishdan iborat. Ushbu bo‘limda, tadqiqot uslubi, ma’lumot to‘plash usullari va tahlil qilish metodlari keltirilgan.

Tadqiqot uslubi

Tadqiqotning asosiy uslubi sifatida aralash usul (mixed method) tanlangan. Ushbu usul yordamida, tadqiqotning sifatli va miqdoriy ma’lumotlarini o‘rganish imkoniyati mavjud. Aralash usulning afzalligi shundaki, u nafaqat umumiy statistik ma’lumotlarni to‘plash va tahlil qilish imkonini beradi, balki yoshlar va tashkilotlarning ehtiyojlari, fikrlari va tajribalari haqida chuqurroq tahlil qilish imkoniyatini ham taqdim etadi.

Ma’lumot to‘plash usullari

So‘rovnoma (Survey). Tadqiqotning birinchi bosqichida, yoshlarning intellektual va ma’naviy salohiyatini rivojlantirishga qaratilgan davlat va nodavlat tashkilotlarining faoliyati haqida statistik

ma'lumotlar to'plash uchun so'rovnomalar o'tkazilgan. So'rovnomalar O'zbekistonning turli hududlaridagi yoshlar, ularning o'qish, kasb-hunar va ijtimoiy faollik jihatlariga oid savollardan tashkil topgan. So'rovnomalar 500 nafar yoshni o'z ichiga olgan.

Intervyu. So'rovnomaga qo'shimcha ravishda, davlat va nodavlat tashkilotlari vakillari, yoshlar bilan ishlovchi mutaxassislar, hamda yoshlarning intellektual rivojlanishiga aloqador tashkilotlar rahbarlari bilan yarim tuzatilgan intervyular o'tkazildi. Intervyular orqali yoshlarni rivojlantirishdagi mavjud muammolar, ularning ehtiyojlari va tashkilotlarning faoliyatidagi samaradorlikka ta'sir etuvchi omillar haqida chuqurroq ma'lumotlar olindi.

Hujjatlarni tahlil qilish. Tadqiqot jarayonida O'zbekiston Respublikasi yoshlar siyosatini tartibga soluvchi huquqiy hujjatlar, davlat va nodavlat tashkilotlarining hisobotlari, yillik statistik ma'lumotlar va boshqa ilmiy adabiyotlar tahlil qilindi. Bu jarayon yoshlar siyosati va davlatning yoshlar bilan ishlashdagi strategiyalarini aniqlashga yordam berdi.

Tadqiqotning amaliy jihatlari

Statistik tahlil. Tadqiqotda olingan so'rovnomalar va hujjatlardan olingan ma'lumotlar yordamida statistik tahlil o'tkazildi. Bu jarayonda, yoshlarning intellektual rivojlanishiga qaratilgan dasturlar, yoshlar siyosati va tashkilotlar faoliyatining samaradorligini aniqlash uchun olingan ma'lumotlar qiyosiy tahlil qilindi. Statistika yordamida yurtning turli hududlarida yoshlar va ularni qo'llab-quvvatlovchi tashkilotlar o'rtasidagi aloqalar va mavjud muammolar o'rganildi.

Kontent tahlili. Nodavlat tashkilotlarining faoliyatini va ularning yoshlar bilan ishlash strategiyalarini o'rganish uchun kontent tahlili metodidan foydalanildi. Bu metod orqali tashkilotlarning veb-saytlari, hisobotlari va boshqa resurslaridan to'plangan ma'lumotlar tahlil qilindi. Bu, shuningdek, yoshlar tomonidan taqdim etilgan fikr va mulohazalar yordamida tashkilotlarning faoliyatidagi kuchli va zaif tomonlar aniqlanishiga imkon berdi.

Tadqiqotning chegaralari. Tadqiqot O'zbekistonning asosiy yirik shaharlari va qishloq hududlaridagi yoshlar va tashkilotlar bilan cheklangan. Tadqiqotga faqat yoshlar va ular bilan ishlovchi tashkilotlar vakillari kiritilgan bo'lib, boshqa ijtimoiy guruhlar va yoshlar bilan aloqasi bo'lmagan tashkilotlar tadqiqotga jalb etilmagan.

Hozir kunda mamlakatimizda 10 mingdan ortiq nodavlat notijorat tashkilotlari o'z faoliyatini yuritib kelmoqda. Ular ichida yoshlar bilan ishlaydigan jamoat tuzilmalari talaygina.

Xorijiy davlatlarda istiqomat qilib kelayotgan va o'zing professional faoliyatini xorijiy davlatlarda yuritayotgan yurtdoshlarimiz, ayniqsa, yuqori ilmiy salohiyatga ega bo'lgan mutaxassis va olimlar, iste'dodli, iqtidorli yoshlar bilan hamkorlik qilish, shuningdek, O'zbekistonning rivojlangan davlatlar qatoridan joy olishi uchun kerak bo'lgan, dunyo yoshlari bilan raqobatlasha oladigan, yuqori tajribali kadrlarni yetakchi xorijiy ta'lim muassasalarida, ham O'zbekistonda tayyorlash va malakasini oshirish orqali shunday mutaxassislar bilan ta'minlashni yo'lga qo'yish maqsadida "El-yurt umidi"

jamg'armasi tashkil etildi[3].

Hozirgi kunda "El-yurt umidi" jamg'armasi stipendiyalari hisobidan kadrlarni tayyorlash, malakasini oshirish va stajirovkadan o'tkazish uchun fan va ta'lim, jurnalistika, ilmiy tadqiqotlar, sog'liqni saqlash, davlat boshqaruvi va iqtisodiyotning istiqbolli tarmoqlari yo'nalishlar bo'yicha faoliyat olib bormoqda. Shuningdek, Jamg'armaning Vasiylik Kengashi xalqaro tan olingan tashkilotlar reytingiga ko'ra jahondagi eng yaxshi 500 talik yoki tanlangan fan yo'nalishi bo'yicha eng yaxshi 200 talik ro'yxatga kirgan xorijiy ta'lim muassasalariga yuksak intellektual salohiyatli yoshlarni bakalavr, magistratura va doktoranturaga mustaqil tarzda kirgan va ta'lim olib kelayotgan vatandoshlarimizga El-yurt umidi Jamg'arsi tomonidan stipendiya ajratib kelinayotganligi ahamiyatga molik.

O'zbekiston dunyoning ilg'or davlatlari kabi yoshlarning intellektual va ijtimoiy salohiyatini, ma'naviy-ma'rifiy va jismoniy barkamolligini ta'minlash maqsadida o'z oldiga quyidagi vazifalarni amalga oshirdi.

Ma'naviy-ma'rifiy islohotlar davlat siyosatining asosiy ustuvor yo'nalishi ekanligini ta'kidlagan holda, mamlakatimizda Prezident Shavkat Mirziyoyevning 2017-yil 28-iyuldagi "Ma'naviy-ma'rifiy ishlar samaradorligini oshirish va sohani rivojlantirishni yangi bosqichga ko'tarish to'g'risida"[4] gi qaroriga muvofiq Respublika Ma'naviyat targ'ibot markazi va Milliy g'oya va mafkura ilmiy-amaliy markazini birlashtirish orqali, ularning negizida Respublika Ma'naviyat va ma'rifat markazi qayta tashkil etildi.

Ushbu markaz yoshlar bilan ishlash tizimida ularning ma'naviy-ma'rifiy salohiyatini rivojlantirish maqsadida xalqimizning asrlar davomida sayqallanib kelgan milliy qadriyatlari, urf-odat va an'alarining bugungi davrda nafaqat yoshlar balki butun jamiyat hayotida tutgan o'rnini ochib berishga qaratilgan ma'naviy-ma'rifiy tadbir va loyihalarni larni o'tkazish, yoshlarning ongu shuuriga, ma'naviyatiga, tafakkuriga, salbiy ta'sir etuvchi turli ichki va tashqi tahdidlarga qarshi qaratilgan tizimli va zamonaviy targ'ibot ishlarini olib borishni maqsad qilgan.

Prezidentimiz Shavkat Mirziyoyevning 2021-yil 19-yanvarda ma'naviy-ma'rifiy ishlar tizimini tubdan takomillashtirish, jamiyat hayotida ma'naviy-ma'rifiy ishlar tizimli yo'lga qo'yilmaganligi sababli kutilgan natijani bermayotganligi, shu maqsadda Respublika Ma'naviyat va ma'rifat markazi faoliyatini tanqidiy o'rganib chiqib, uning faoliyatini tubdan takomillashtirish, shuningdek, markazning "Ma'naviyat targ'ibotchisi" o'quv muassasasi negizida ijtimoiy-ma'naviy tadqiqotlar institutini joriy etish taklifi ilgari surilganligi yoshlar ma'naviyatini yuksaltirishga qaratilgan muhim voqealardan biri bo'ldi[5].

2020-yil 29-aprelda O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan "Yosh yuristlar" jamoat birlashmasi davlat ro'yxatidan o'tkazildi. "Yosh yuristlar" jamoat birlashmasining asosiy maqsadi – jamiyatda yosh yuristlarning huquqiy saviyasini doimiy ravishda yuksaltirish, qonun

ustuvorligini mustahkamlashga ko'maklashishdir[6].

Bugungi kunda yurtimizda yoshlar ijtimoiy faolligi, intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirishga xizmat qilayotgan turli uyushma va kengashlar: Yosh ijodkorlar kengashi, "Yoshlar ijod saroyi" nodavlat notijorat tashkiloti, Yoshlar nashriyot uyi, Yoshlar turizmi agentligi, Respublika yosh olimlar Kengashi, O'zbekiston yoshlar tadbirkorligini qo'llab-quvvatlash markazi, Yosh kinoijodkorlar uyushmasi, O'zbekiston yosh fermerlari assosiatsiyasi, "Yetakchi" yoshlar markazi, "Yangi avlod forumi bolalar ijodiyoti markazi" nodavlat notijorat tashkiloti, "Yoshlar oromgohi" mas'uliyati cheklangan jamiyati, "Biznes inkubator" mas'uliyati cheklangan jamiyati, Yoshlar media markazi, "Imkoniyati cheklangan bolalar va yoshlar markazi" mas'uliyati cheklangan jamiyati, O'zbekiston yoshlari umumjahon assosiatsiyasi, "Bunyodkor" yoshlar teleklubi, Yosh huquqshunoslar kengashi, Yosh dizaynerlar kengashi, Respublika yoshlar markazi va boshqalar kiradi.

Hozirgi kunda "Respublika yoshlar markazi" yoshlarimizning ijtimoiy faolligi, intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirish yuzasidan quyidagi vazifalarni belgilab olgan. Xususan:

- yoshlar huquqlariga oid me'yoriy-huquqiy hujjatlarni tahlil qilish, huquqiy savodxonlik darajasini o'rganish, huquqiy madaniyatni rivojlantirish, shuningdek, jinoyatchilik va huquqbuzarliklar, turli salbiy illatlar profilaktikasini tashkil qilishda ishtirok etish;

- yoshlarga zamonaviy, qo'shimcha bilim va kasb-hunar o'rgatish maqsadida axborot texnologiyalari, tekstil, hunarmandchilik, kasanachilik, sport va shu kabi boshqa fan, bilim va hunar o'rgatish to'garaklarini tashkil etish;

- ilmiy, ma'ruzaviy, ma'rifiy faoliyatni amalga oshirish;
- yoshlarga huquqiy, ijtimoiy va boshqa yo'nalishlar bo'yicha maslahatlar berish, bo'sh vaqtlarini mazmunli va maqsadli tashkil etish bo'yicha mavjud to'garaklar va boshqalar to'g'risida ma'lumotlar berib borishga yo'naltirilgan "Ishonch telefoni" faoliyatini tashkil etish[7].

Bugungi kunda "Respublika yoshlar markazi"ning 14 ta hududiy va 190 dan ortiq mahalliy bo'linmalarida quyidagi to'garak va kurslar faoliyat ko'rsatib kelmoqda:

Kasbga yo'naltirish bo'yicha: "Yosh dizayner", "Kompyuter savodxonligi", "Pazandachilik", "Modeler dizayner", "Web dizayn, dasturlash va axborot texnologiyalari", "Hunarmandchilik va dizayn", "Yosh chevarlar", "Yosh sartaroshlar";

Sport yo'nalishi bo'yicha: "Karate", "Boks", "Qo'l janggi", "Milliy kurash", "Og'ir atletika", "Stol tennisi", "Futbol", "Shaxmat-shashka";

Xorijiy tillar yo'nalishi bo'yicha: "Ingliz tili", "Turk tili", "Koreys tili" va "Rus tili";

Ijodiy yo'nalishlar bo'yicha: "Yosh ijodkorlar", "Mohir qo'llar", "Inklyuziv ta'lim", "Rassomchilik", "Musiq va raqs", "Yosh aktyorlar", "Vokal", "Zargarlik".



Prezidentimiz Shavkat Mirziyoyevning 2017-yil 22-dekabrda Oliy Majlisiga qilgan Murojaatnomasida yoshlarga oid davlat siyosati doirasida belgilangan ustuvor islohotlarni hayotga tadbiq etishga qaratilgan topshiriqlarning ijrosini ta'minlash bo'yicha mamlakatimiz fuqarosi hisoblangan va xorijiy mamlakatlarda tahsil olayotgan yoki mehnat faoliyati bilan mashg'ul yoshlar bilan yaqindan aloqada bo'lish, ularni har tomonlama qo'llab-quvvatlash va rag'batlantirish, ularning huquq va manfaatlarini himoya qilish, Vatanga sadoqat ruhida tarbiyalash, shuningdek jamiyatda o'z o'rniga ega bo'lishlari uchun yordam berish maqsadida O'zbekiston yoshlar ittifoqi qoshida "O'zbekiston yoshlari umumjahon assosiatsiyasi" nodavlat notijorat tashkiloti tashkil etildi[8].

Hozirgi kunda assosiatsiya O'zbekiston yoshlarining intellektual salohiyatini yuksaltirish va uni ro'yobga chiqarish borasida o'z oldiga qator maqsad va vazifalarni qo'ygan. Jumladan, tegishli tuzilmalar bilan hamkorlikda xorijiy davlatlarda o'qish va o'z mehnat faoliyatini olib borayotgan o'zbekistonlik yoshlarning taklif, muammolari va qiziqishlarini tahlil qilish, xorijga o'qish va o'z mehnat faoliyatini rejalashtirayotgan yoshlarimiz uchun foydali o'quv qo'llanmalarni tayyorlash, xorijda istiqomat qilayotgan mamlakatimiz yoshlarining ma'lumotlar bazasini yaratish va ular bilan doimiy muloqotni yo'lga qo'yish, xorijdagi yetuk vatandosh mutaxassislarimizning mamlakatimizda amalga oshirilayotgan davlat va jamiyatni yuksalishiga kerak bo'ladigan loyihalarga, tanlov asosida esa, vazirlik, idora va oliy ta'lim muassasalariga jalb etib kelmoqda.

Assosiatsiya internet tarmog'ida ijtimoiy veb-portal va sahifalar yaratish orqali xorijdagi va xorijga chiqishni mo'ljallayotgan yoshlar uchun maslahat, taklif va tavsiyalar berib borilishini tizimli yo'lga qo'yish, xorijda yashayotgan yoshlarimizni mamlakatimiz o'tmish tarixi, an'analari, urf-odati, ona-tili va adabiyoti, ajdodlarimizning asrlar davomida shakllanib kelgan boy ilmiy merosi, ularning jahon tamadduniga qo'shgan hissasi haqidagi ma'lumotlar bilan tanishtirib borish, ilm-fan va madaniyat sohasidagi yetuk va taniqli shaxslar bilan uchrashuvlar, festivallar, badiiy va adabiy kechalar, konsert dasturlari tashkil etish orqali xorijiy davlatdagi yoshlarimizda o'z ona Vataniga sadoqat, ularga faxr va iftixor tuyg'ularini o'stirish, sog'lom turmush tarzini shakllantirishga xizmat qilmoqda.

Ahamiyatli jihati shundan iboratki, yoshlar orasida mamlakatimizda amalga oshirilayotgan strategik islohotlar, qabul qilinayotgan davlat dasturlari natijasida yuz berayotgan yangilanishlar, iqtisodiy o'sish natijasida yaratilayotgan yangi ish o'rinlari haqida axborot berib borish, xorijdan qaytib kelgan yoshlarning jamiyat hayotiga kirib borishiga yordam berish, yoshlarni turli mafkuraviy tahdidlar (terrorizm, ekstremizm, odam savdosi, uyushgan jinoyatchilik)dan saqlashga qaratilgan chora-tadbirlarni olib borish, bunday salbiy informatsion-g'oyaviy tahdidlar doirasiga tushib qolgan yoshlarga huquqiy va psixologik yordam ko'rsatish, xorijiy mamlakatlar bilan uyushtiriladigan oliy va yuqori darajadagi tashriflar tashkil etish, shuningdek, O'zbekiston vakillarining Assosiatsiyaning xorijdagi vakolatxonalari faollari bilan uchrashuvlar uyushtirish hamda boshqa qator ishlarni amalga oshirib kelmoqda.

Bugungi kunda O'zbekiston yoshlari umumjahon assosiyasining Belorussiya, Janubiy Koreya, Buyuk Britaniya, Belgiya, Latviya, Misr, Qozog'iston va Ukrainada vakillari faoliyat yuritib kelmoqda[9].

Mamlakatimizda Yoshlar tashkilotlari doirasida xususiy sherikchilikdagi tashkilotlar alohida o'ringa ega. Bu borada "Digital Generation Uzbekistan" loyihasi va "Kitob olami" savdo inshooti tarmog'ini misol keltirishimiz mumkin.

"Digital Generation Uzbekistan" loyihasi "Digital Generation" hamjamiyatini yaratishda O'zbekiston yoshlar ittifoqi, O'zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarni rivojlantirish vazirligi va Toshkent shahridagi Inha universitetining noyob loyiha-strategiyasidir[10]. Ushbu loyiha axborot texnologiyalarini dasturlash, robototexnika, zamonaviy media va raqamli marketing, texnologik dizayn, e-sport, notiqlik san'ati va treyding kabi sohalarda qiziquvchi yoshlar jamiyati hisoblanib, turli forum va lagerlarda muhokama va kurslar tashkil etib kelinmoqda.

Mamlakatimizda yoshlar orasida kitobxonlik madaniyatini rivojlantirish, ayniqsa, insonlarda erta bolalikdan kitobga muhabbat uyg'otish maqsadida 2004-yil "Kitob olami" xususiy sherikchilik savdo inshooti tashkil etildi. Bugun "Kitob olami" savdo inshooti tarmog'i yoshlarni barkamol inson bo'lib yetishishi uchun kitob yordamida unda shaxsni rivojlantirish hamda o'zbek va jahon adabiyoti durdonalarining ommaviyligini ta'minlashga xizmat qilmoqda.

O'zbekistonda yoshlar ijtimoiy faolligi, intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirish sohasida bir qator teleradiokanal, gazeta va jurnallarni misol keltirishimiz mumkin.

Jumladan, "Yoshlar" teleradiokanali mamlakatimiz axborot makonida aksiyadorlik jamiyati shaklidagi eng birinchi va yagona elektron ommaviy axborot vositasi sanaladi[11].

Mamlakatimizda yoshlarda jamiyatda bo'layotgan voqea va jarayonlarga daxldorlik hissi bilan yashashlarini shakllantirishga qaratilgan "Mening yurtim" (MY5) telekanali faoliyati 2014-yil 12-noyabrda tashkil etildi. Shuningdek, teatr, kino, sport va estrada vakillari ishtirokidagi ma'rifiy-madaniy ko'rsatuvlar yoshlarning vaqtlarini mazmunli o'tkazishini ta'minlamoqda. Bundan tashqari, teleradiokanal mamlakatimiz yoshlari hayoti, hududlarda tashkil etilayotgan yoshlarga mo'ljallangan madaniy-ommaviy tadbirlar bilan yaqindan tanishtirib borish imkoniyatini bermoqda.

Yoshlar intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirishda "Yoshlar" radiokanali alohida o'z o'rniga ega bo'lib, radiokanal o'zining ma'naviy-madaniy radio dasturlari, ijtimoiy, iqtisodiy, informatsion radio eshittirishlari bilan yoshlarni atrofdagi voqealarga daxldorlik hissini shakllantirishga xizmat qilib kelmoqda.

Ijtimoiy taraqqiyotimiz muammolarini o'zida aks ettiruvchi badiiy va san'at asarlarini yaratish ham o'sib borayotgan ehtiyojlardan orqada qolmoqda. Talaba yoshlar o'rtasida o'tkazilgan sotsiologik so'rovnomalardan ma'lum bo'ldiki, ularning aksariyat ko'pchilik qismi (90 foizi) badiiy asarlarni



o'qimaydilar, san'at asarlarini tomosha qilishdan ko'ra, virtual tarmoqlar orqali tarqatilayotgan mahsulotlarga bog'lanib qolmoqdalar. Bunday salbiy holatlar tabiiy ravishda, ijtimoiy taraqqiyotimiz muammolariga befarqlik va loqaydlikning yuzaga kelishiga sabab bo'lmoqda.

Mamlakatimizda yoshlar bilan ishlash tizimidagi ustuvor vazifalardan biri-bu yuksak milliy-madaniy qadriyatlarimiz ruhi singdirilgan mafkuramiz bilan shakllangan ma'naviyatli barkamol insonni tarbiyalashdir. Bu o'ta muhim vazifani hal etish mamlakatimizda amalga oshirilayotgan islohotlarning muhim kafolati hisoblanadi.

Xulosa

XXI asr — globallashuv, axborot texnologiyalarining tez sur'atlar bilan rivojlanishi va ma'naviy-ma'rifiy qadriyatlarning qayta baholanayotgan davridir. Bu davrda har bir davlat uchun strategik muhim vazifalardan biri — yosh avlodning intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirishdir. Ayniqsa, O'zbekiston singari rivojlanayotgan davlatlar uchun bu masala nafaqat ijtimoiy, balki siyosiy, madaniy va iqtisodiy taraqqiyotning poydevori hisoblanadi. Yoshlarning zamonaviy tafakkurga ega, mustaqil fikrlaydigan, yuksak axloqiy va intellektual fazilatlariga ega bo'lishi mamlakat istiqbolining kafolatidir.

O'zbekiston Respublikasida mustaqillikdan so'ng yoshlarga qaratilayotgan e'tibor izchil kuchayib bordi. Bu boradagi davlat siyosati, qonun hujjatlari, dasturlar va institutsional mexanizmlar yoshlarga oid masalalarni kompleks tarzda hal etishga yo'naltirilgan. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorlari, Oliy Majlisning qonunchilik hujjatlari, Vazirlar Mahkamasining qarorlari asosida yoshlar bilan ishlashning aniq mezonlari belgilandi. Bu jarayonda davlat tashkilotlari va fuqarolik jamiyati institutlarining, jumladan, nodavlat notijorat tashkilotlarining o'rni tobora ortib bormoqda.

Davlatning bevosita vakillari — Yoshlar ishlari agentligi, Xalq ta'limi, Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi, Sport va turizm vazirligi, Madaniyat vazirligi kabi idoralar yoshlarning har tomonlama rivojlanishiga xizmat qiluvchi tashabbuslarni amalga oshirib kelmoqda. Bunday faoliyatlar doirasida ta'lim tizimini modernizatsiya qilish, zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish, iqtidorli yoshlarni qo'llab-quvvatlash, sport va madaniyatni ommalashtirish, xorijiy tajribalarni o'rganish va integratsiyalashuvi kabi ko'plab yo'nalishlar mavjud. Bularning barchasi yoshlarning intellektual salohiyatini shakllantirish va rivojlantirishda asosiy omil bo'lib xizmat qilmoqda.

Bundan tashqari, davlat siyosatining muhim tarkibiy qismi sifatida fuqarolik jamiyati institutlari, xususan, yoshlar tashkilotlari, jamoat fondlari, xususiy ta'lim muassasalari, ijtimoiy tashabbus guruhlarini, diniy va madaniy markazlar ham faol ishtirok etmoqda. Ularning faoliyati yoshlarning erkin fikrlashi, jamiyat hayotidagi faolligi, ma'naviy o'sishi, vatanparvarlik, ijtimoiy

mas'uliyat hissini kuchaytirish kabi jihatlar bilan bevosita bog'liqdir. Ayniqsa, "Yoshlar ittifoqi", "Kamolot" jamg'armasi, "Milliy g'oya va mafkura markazi" kabi tuzilmalar o'zining amaliy faoliyati bilan yoshlar ongida yuksak qadriyatlarni shakllantirishda muhim o'rin tutmoqda.

Nodavlat notijorat tashkilotlarining kuchayishi, ularning yoshlar bilan ishlashda mustaqil tashabbuslar ko'rsatishi, grantlar orqali innovatsion g'oyalarni qo'llab-quvvatlashi, ijtimoiy sheriklik asosida davlat muassasalari bilan hamkorlikni yo'lga qo'yishi — bu sektorning yoshlar rivojida o'rnini yana-da kuchaytirmoqda. Bunday tashkilotlar yoshlarning o'z-o'zini anglash, tanqidiy tafakkur, tolerantlik, jamiyatga integratsiyalashish jarayonlarini chuqurlashtiradi. Bu holat esa ularni jamiyatning faol subyektiga aylantirish imkonini beradi.

Ushbu ilmiy ishda O'zbekistonda yoshlarning intellektual va ma'naviy salohiyatini rivojlantirishda davlat va nodavlat sektorlarining o'zaro aloqalari, institutlararo integratsiyasi, tashabbuslar uyg'unligi va ijtimoiy sheriklik mexanizmlari chuqur tahlil qilindi. Shuningdek, xorijiy davlatlar, jumladan, AQSH, Buyuk Britaniya, Germaniya, Yaponiya, Rossiya kabi mamlakatlar tajribasi asosida qiyosiy yondashuvlar o'rganildi. Ushbu davlatlarda yoshlar siyosati davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida shakllanib, ularda ham davlat va fuqarolik jamiyati institutlarining uyg'un faoliyati kuzatiladi. Biroq bu tajribaning O'zbekiston sharoitiga mutanosib moslashtirilishi kerakligi ta'kidlab o'tildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatmoqdaki, O'zbekistonda davlat va nodavlat sektorlarining samarali hamkorligi asosida yoshlarning intellektual salohiyati — ilm-fan, texnologiyalar, kreativ tafakkur yo'nalishida ortib bormoqda. Shu bilan birga, ma'naviy yetuklik, axloqiy poklik, milliy qadriyatlarga sadoqat, fuqarolik mas'uliyati kabi ko'rsatkichlar ham ancha yuksalmoqda. Bu esa davlatning mustahkam poydevori sifatida shakllanayotgan zamonaviy avlodni tarbiyalashga zamin yaratmoqda.

Biroq ba'zi tizimli muammolar, resurslar yetishmovchiligi, hududlararo tafovutlar, yoshlar orasidagi ishsizlik va ijtimoiy ajralish holatlari hali-hanuz dolzarb bo'lib qolmoqda. Shu bois, bu sohadagi islohotlar chuqurlashtirilmog'i, nodavlat tashkilotlar salohiyatini kengroq safarbar etish, yoshlarning tashabbuskorligini yanada rag'batlantirish zarur. Ayniqsa, raqamli jamiyatda yoshlar ehtiyojlarini inobatga olgan holda ijtimoiy tarmoqlar, onlayn platformalar, axborot-kommunikatsiya vositalaridan keng foydalanish zamon talabi hisoblanadi.

Tadqiqot asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Yoshlar siyosatida davlat va nodavlat sektorlarining uzviy hamkorligi — zamonaviy jamiyatning barqaror rivojlanish kafolatidir. Bu hamkorlik tizimli asosda kuchaytirilishi lozim.
2. Yoshlarning intellektual va ma'naviy salohiyatini rivojlantirish uchun ko'proq ishonch, mustaqil qaror qabul qilish, tanqidiy fikrlash, ijodkorlikka asoslangan muhit yaratilishi zarur.



3. Nodavlat tashkilotlar va fuqarolik jamiyati institutlari — yoshlar bilan ishlashda yangicha yondashuv, muqobil ta'lim va tarbiya metodlarini ilgari surishi mumkin bo'lgan kuchli ijtimoiy aktor sifatida faol qo'llab-quvvatlanishi kerak.

4. Xalqaro tajribaning o'rganilishi va lokal sharoitga moslashtirilishi — yoshlar siyosatining muvaffaqiyatli bo'lishida muhim o'rin tutadi.

5. Mahalliy sharoit, madaniyat va qadriyatlar asosida ishlab chiqilgan, lekin global yondashuvlarni inobatga olgan strategiyalar — yoshlarning barkamol rivojlanishiga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, O'zbekistonda yoshlarning intellektual va ma'naviy salohiyatini yuksaltirish masalasi davlat va jamiyatning ustuvor yo'nalishi sifatida shakllanmoqda. Bu yo'nalishda amalga oshirilayotgan ishlar samaradorligini oshirish uchun davlat va nodavlat sektorlarining barqaror, innovatsion va ochiq hamkorlik modeli takomillashtirilishi lozim. Faqat shundagina biz xalqaro miqyosda raqobatbardosh, yurtiga fidoyi, tafakkuri keng, ma'naviy barkamol avlodni shakllantira olamiz.

Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning Oliy Majlisga Murojaatnomasi. // "Xalq so'zi" gazetasi, 2020-yil 30-dekabr, № 276.
2. O'zbekiston Respublikasining "Yoshlarga oid davlat siyosati to'g'risida" 2016-yil 14-sentabrdagi O'RQ-406-sonli Qonuni. // Oliy Majlis palatalarining Axborotnomasi, 2016 № 9. –B.10
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi mutaxassislarni xorijda tayyorlash va vatandoshlar bilan muloqot qilish bo'yicha "El-yurt umidi" jamg'armasi faoliyatini tashkil etish to'g'risida" 2018-yil 25-sentabrdagi PF-5545-sonli farmoni. // <https://lex.uz/docs/3920037>.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Ma'naviy-ma'rifiy ishlar samaradorligini oshirish va sohani rivojlantirishni yangi bosqichga ko'tarish to'g'risida" 2017-yil 28-iyuldagi PQ-3160-sonli qarori. // <https://lex.uz/docs/-4071203>.
5. Jamiyat hayotining tanasi iqtisodiyot bo'lsa, uning joni va ruhi ma'naviyat. // "Xalq so'zi" gazetasi, 2021-yil 20-yanvar, № 13.
6. "O'zbekiston Respublikasida yuridik ta'lim va fanni tubdan takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" 2020-yil 29-apreldagi PF-5987-sonli farmoni. // <https://lex.uz/docs/-4802181>.
7. Maqsad va vazifalar. // <http://rym.uz/uz/post/markaz/maqsadvazifalar>.
8. O'zbekiston yoshlari umumjahon assotsiatsiyasi haqida. // <http://www.wayu.uz/know>.
9. O'zbekiston yoshlari umumjahon assotsiatsiyasi haqida. // <http://www.wayu.uz/know>.
10. "Digital Generation" // <https://yoshlartifoqi.uz/organizations/digital-generation>.
11. "Yoshlar" teleradiokanali. // <https://yoshlartifoqi.uz/uz/organizations/teleradiokanal>.



Authors

Golovachyova Polina

Uzbekistan State World Languages
University, Faculty of English
Philology,

polinagolovachyova03@gmail.com,

Khamidova Durdona

Uzbekistan State World Languages
University, Faculty of English
Philology,

dhamidva10@gmail.com

Correspondence: dhamidva10@gmail.com

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ENGLISH LANGUAGE

Abstract: This article explores the transformative role of Artificial Intelligence (AI) in English Language Teaching (ELT), focusing on its impact on classroom instruction and personalized learning. AI tools are revolutionizing traditional language classrooms by facilitating tailored learning experiences that cater to diverse proficiency levels. Through examples such as ChatGPT's ability to generate level-appropriate reading materials and AI-powered conversational chatbots, this study illustrates how AI enhances student engagement and provides real-time, customized feedback. Furthermore, the paper examines AI's contributions to language assessment, including adaptive testing and automated grading, which significantly reduce teacher workload and improve assessment efficiency. The integration of AI in fostering collaborative learning environments, personalized vocabulary acquisition through spaced repetition and gamification, and adaptive language learning platforms like Duolingo and Grammarly are also discussed. By analyzing empirical studies and practical applications, this article highlights the potential of AI to create more engaging, effective, and personalized language learning experiences, while acknowledging the importance of maintaining a balanced approach that combines AI efficiency with human expertise.

Keywords: Artificial Intelligence, English Language Teaching, Language Acquisition, Personalized Learning, Vocabulary Acquisition, Adaptive Assessment, AI Writing Assistants, Digital Tools.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

The integration of Artificial Intelligence (AI) into English Language Teaching (ELT) has ushered in a paradigm shift in pedagogical approaches, offering unprecedented opportunities for personalized and adaptive learning. Recent advancements in AI technologies, including natural language processing (NLP) and machine learning algorithms, have enabled the development of sophisticated tools that enhance various aspects of language acquisition, from vocabulary retention to writing proficiency [1,2]. These innovations address longstanding challenges in traditional language classrooms, such as accommodating diverse proficiency levels and providing timely, individualized feedback [3].

AI's role in ELT is multifaceted, encompassing personalized content generation, automated assessment, and interactive language practice. For instance, tools like ChatGPT allow educators to create tailored reading materials and comprehension exercises aligned with the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR), significantly reducing preparation time while ensuring contextual relevance [2]. Similarly, platforms like Duolingo employ adaptive algorithms to customize lesson difficulty based on learner performance, demonstrating AI's potential to scale personalized instruction [4]. Vocabulary acquisition, a critical component of language learning, has also been transformed by AI-driven applications such as Quizlet, which utilize **spaced repetition systems (SRS)** to optimize long-term retention [5]. Meanwhile, AI writing assistants like Grammarly provide real-time feedback on grammar and syntax, fostering learner autonomy and self-efficacy [6]. Despite these advancements, the integration of AI in ELT is not without challenges, including concerns about **over-reliance on technology, cultural biases in AI-generated content**, and the need for **teacher training** to ensure effective implementation [3]. The ethical issues with AI in teaching present another difficulty. To guarantee equitable learning opportunities, two crucial concerns that need to be addressed are algorithmic bias and data privacy [7].

This article explores the transformative impact of AI on ELT, examining its applications in personalized learning, vocabulary acquisition, and writing instruction. By synthesizing empirical research and practical case studies, it highlights both the opportunities and limitations of AI in language education, advocating for a balanced approach that leverages AI's efficiency while preserving the irreplaceable role of human educators.

Discussion

AI in classroom instruction and personalized learning.

One of the most significant contributions of AI in ELT is its ability to facilitate personalized learning experiences. Traditional language classrooms often struggle to accommodate diverse proficiency levels, but AI-powered tools can dynamically adapt content to individual learners' needs.

Amin [1] emphasizes that AI enables real-time language practice, customized feedback, and automated lesson planning, allowing teachers to focus on targeted instruction rather than administrative tasks.

ChatGPT, for instance, has demonstrated remarkable versatility in generating **level-appropriate reading materials** aligned with the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR). Koraishi [2] highlights how educators can input specific parameters—such as vocabulary difficulty or grammatical complexity—to produce tailored texts and accompanying comprehension questions. This capability not only saves time but also ensures that learners engage with materials suited to their proficiency level, enhancing comprehension and retention. The example is given on the Figure 1, all necessary information as list of words and level of students were given to make a reading text with True False questions (Figure 1).

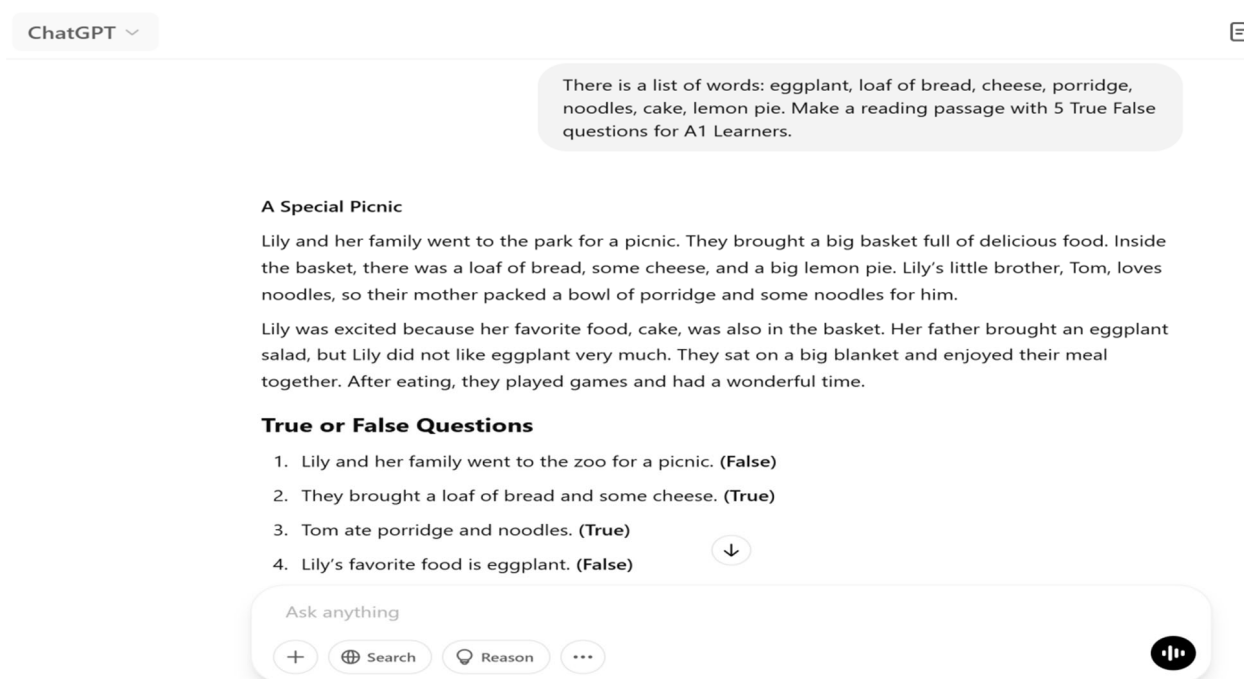


Figure 1. Example of ChatGPT

Furthermore, AI serves as an **interactive conversational partner**, helping students practice speaking in a low-pressure environment. Many learners experience anxiety when speaking in front of peers, but AI chatbots provide immediate, judgment-free interaction, allowing them to build confidence before participating in classroom discussions [3]. This feature is particularly valuable in EFL contexts, where opportunities for authentic English conversation may be limited.

A global survey by the British Council [3] found that **76% of English teachers** now use AI tools in some capacity, with over half leveraging them for **generating lesson materials** and facilitating student practice. This widespread adoption underscores AI's growing role as an instructional aid, enabling educators to deliver more engaging and adaptive lessons.

AI's role in assessment and teacher workload reduction

Beyond instruction, AI is revolutionizing language assessment by introducing adaptive testing, automated grading, and plagiarism detection. Traditional assessment methods often require extensive manual effort, but AI can evaluate written and spoken responses with increasing accuracy, providing instant feedback to students [1]. For example, ChatGPT can generate customized quizzes and comprehension exercises based on specific learning objectives, reducing the time teachers spend on test creation [2]. Automated grading systems, powered by natural language processing (NLP), analyze grammar, vocabulary usage, and coherence, offering detailed insights into student performance. These innovations not only enhance assessment efficiency but also allow teachers to identify learning gaps more effectively. The British Council survey [3] found that 43% of educators use AI for lesson planning, while a significant number employ it for feedback generation and test security. By automating routine tasks, AI enables teachers to dedicate more time to interactive and student-centered activities, fostering deeper engagement and critical thinking. However, some educators remain cautious about over-reliance on AI for assessment. While AI excels at evaluating structured responses, it may struggle with nuanced language use, creativity, and cultural context—areas where human judgment remains indispensable. Thus, a balanced approach, combining AI efficiency with teacher expertise, is essential for effective assessment practices.

Enhancing student engagement and collaborative learning

AI's impact extends beyond individual learning, playing a pivotal role in fostering **collaborative classroom environments**. Contrary to concerns that AI might isolate learners, research suggests that well-integrated AI tools can **enhance peer interaction** by facilitating group activities and interactive exercises [3]. For instance, AI-powered platforms can simulate **real-world dialogues**, prompting students to engage in role-playing scenarios or debate exercises. These activities encourage teamwork while allowing learners to practice language skills in meaningful contexts. Additionally, AI-assisted **co-creation tasks**, such as collaborative story-writing or problem-solving exercises, help students develop both linguistic and critical thinking abilities. Moreover, AI extends learning beyond the classroom through **mobile apps and virtual tutors**, enabling students to practice English anytime, anywhere. This flexibility is particularly beneficial in contexts with limited access to native speakers, as AI provides continuous language exposure and reinforcement.

AI-powered vocabulary acquisition

Personalized lexical instruction with AI.

EFL learners often exhibit uneven vocabulary knowledge, with lexical gaps persisting even among students at similar proficiency levels. Traditionally, teachers manually adapted materials to target specific vocabulary sets—a time-consuming process. However, AI-powered tools like ChatGPT

now enable educators to generate tailored texts by inputting curated word lists and precise prompts [2]. Koraishi [2] demonstrates how AI can embed hundreds of target words into contextually appropriate materials, significantly reducing preparation time while allowing scalable personalized instruction.

Additionally, AI analyzes large text corpora to provide detailed definitions, synonyms, and contextual examples, helping learners understand word usage in real-world scenarios. This data-driven approach ensures that students receive meaningful lexical support, making vocabulary acquisition more effective and engaging. By analyzing large amounts of text, AI can generate clear explanations and contextually relevant sentences, helping learners understand how to use new words correctly. Figure 2 demonstrates the example of the request for ChatGPT and its answer (Figure 2).

ChatGPT ▾

Give a list of words on topic "Environment" for Intermediate English learners with definition and examples

Here's a list of words related to the **environment** for **intermediate English learners**, along with definitions and example sentences:

1. Pollution

- **Definition:** The introduction of harmful substances into the environment.
- **Example:** Air **pollution** is a serious problem in big cities.

2. Climate Change

- **Definition:** Long-term changes in temperature and weather patterns, often caused by human activities.
- **Example:** Scientists warn that **climate change** will lead to more extreme weather events.

3. Renewable Energy

- **Definition:** Energy from natural sources that do not run out, such as sunlight and wind.
- **Example:** Solar panels produce **renewable energy** from the sun.



Figure 2. The example of the request for ChatGPT.

Spaced repetition and gamification

AI-driven flashcard applications, such as Quizlet, utilize spaced repetition algorithms (SRS) to enhance long-term vocabulary retention. These systems schedule review sessions based on scientifically validated memory curves, ensuring that learners revisit words at optimal intervals to reinforce recall [5]. Gu [5] emphasizes that gamified elements—such as animated flashcards, progress trackers, and interactive quizzes—increase student engagement by 42% compared to traditional paper-based methods. This approach not only improves efficiency but also makes vocabulary practice more enjoyable and motivating.

AI in adaptive language learning platforms.

Duolingo's AI-powered personalization

Modern language platforms like Duolingo employ advanced AI models to deliver adaptive English instruction. Their proprietary Large Language Model (LLM) generates contextual exercises in seconds, while the 'Birdbrain' AI dynamically adjusts lesson difficulty based on learner performance [4]. A hybrid approach—where AI generates exercises and human experts refine content—ensures both scalability and pedagogical quality [8].

Duolingo's partnership with OpenAI led to one of the first third-party implementations of GPT-4, enhancing language instruction through:

- ✓ AI Roleplay: Simulated conversations with personas (e.g., a Parisian barista) for practical dialogue practice.
- ✓ Explain My Answer: Instant, human-like explanations for exercise responses.

Edwin Bicknell, Duolingo's Principal Product Manager, noted:

"We were blown away by GPT-4's capabilities... pushing us closer to being everyone's personalized tutor."

This integration required:

- ✓ Extensive prompt engineering with labeled datasets
- ✓ Proprietary AI safeguards to maintain educational focus
- ✓ Continuous refinement for optimal learning outcomes

The success of Duolingo's AI integration demonstrates how large language models (LLMs) can enhance pedagogy when combined with human oversight [9].

Grammarly's real-time feedback mechanism.

AI-powered writing assistants like Grammarly have become indispensable for English language learners, offering:

- ✓ Auto-correction: Identifies grammar, syntax, and spelling errors
- ✓ Predictive text: Suggests contextually appropriate words/phrases
- ✓ Multi-platform accessibility: Available as a browser extension, mobile keyboard, and desktop app

Unlike traditional proofreading tools, Grammarly provides instant, actionable feedback, helping learners refine their writing in real time [9].

Nazari et al. [6] found that Grammarly improves three key aspects of learner engagement:

Behavioral: Increased motivation to revise and edit writing

Emotional: Greater confidence in writing abilities

Cognitive: Deeper interaction with feedback to improve accuracy

The study also highlighted that instant corrective feedback fosters self-efficacy, encouraging learners to take ownership of their writing development [6].

Integration of AI in ELT Platforms: Case Studies

To further demonstrate the real-world applications of Artificial Intelligence in English Language Teaching (ELT), this section presents three prominent AI-powered platforms: Blackboard, Netex Learning, and Kejarcita. These tools exemplify how AI enhances digital instruction, enables personalized learning, and automates assessment processes.

AI applications in English language teaching platforms

In addition to widely known tools such as ChatGPT, Duolingo, and Grammarly, several comprehensive educational platforms are integrating Artificial Intelligence to transform English language instruction through content delivery, adaptive learning, and automated assessment. Among these, Blackboard, Netex Learning, and Kejarcita stand out as exemplary cases of AI implementation in ELT environments.

Blackboard: AI-supported course management and feedback.

Blackboard is a prominent Learning Management System (LMS) widely utilized in universities across Europe, North America, and Asia. It enables instructors to manage course materials, distribute notes, assign homework, and administer quizzes and tests through an intuitive interface. Blackboard's AI capabilities have evolved significantly with features such as the AI Design Assistant, which supports the rapid creation of accessible, inclusive, and engaging course content [10]. The system uses machine learning algorithms to recommend learning materials, organize course modules, and adapt content based on learner engagement patterns. Another innovative tool is the AI Conversation Engine, which allows English learners to engage in simulated real-life dialogues with virtual characters in various social and professional contexts. This tool helps build fluency, listening comprehension, and situational vocabulary, while providing immediate corrective feedback—a feature aligned with the Communicative Language Teaching (CLT) approach. Moreover, Blackboard's automated performance analytics enable teachers to track individual learner progress, identify common learning bottlenecks, and personalize feedback accordingly.

Blackboard also includes speech-to-text and translation services, making it highly inclusive for learners with different language backgrounds and learning needs. These features are particularly valuable for ELT instructors working in multilingual or international classrooms.

Netex learning: smart content and adaptive delivery.

Netex Learning is a European EdTech platform that specializes in adaptive learning and AI-assisted content creation. It provides a flexible, cloud-based ecosystem where educators can design

personalized learning experiences that include videos, e-books, gamified quizzes, and interactive exercises. Its AI engine automatically recommends learning resources based on learner behavior, past performance, and topic preferences [11]. For example, if a learner struggles with phrasal verbs, the system will recommend additional practice materials or videos tailored to that topic. A major breakthrough in the 2025 release was the introduction of AI-powered question generation from video subtitles. This innovation allows teachers to quickly create comprehension and vocabulary tasks from authentic English materials, such as TED Talks or news segments [12]. This not only saves time but also enhances authenticity and relevance in ELT classrooms.

Furthermore, Netex supports learning analytics dashboards that visualize learner engagement and performance metrics, enabling evidence-based instructional decisions. These dashboards are useful for both synchronous and asynchronous English language instruction and promote a data-informed teaching approach.

Kejarcita: Automating Assessment and Feedback

Kejarcita is an Indonesian EdTech platform that focuses on simplifying the teaching process by automating the creation and assessment of learning materials, including for English language courses. It is especially helpful in public and remote schools where teachers are responsible for large numbers of students. The platform allows educators to generate quizzes by specifying subject, topic, difficulty level, and format—such as multiple choice, short answer, or matching. AI then creates contextually appropriate questions, often aligned with national curriculum standards [13]. Kejarcita's real-time grading engine evaluates student responses within seconds and generates detailed reports that highlight individual and group performance. In ELT, this allows teachers to instantly assess comprehension after a listening or reading activity and provide targeted remediation for common errors. For instance, if most students incorrectly use the past perfect tense, the system can recommend grammar practice tailored to that structure. The platform is mobile-friendly and integrates easily with messaging apps like WhatsApp, making it ideal for blended or remote learning settings in low-resource contexts. It exemplifies how AI can democratize access to quality language instruction by reducing the administrative load on teachers and ensuring timely, personalized feedback for learners [14].

By incorporating platforms such as Blackboard, Netex Learning, and Kejarcita into the ELT landscape, educators can benefit from powerful AI capabilities that improve instructional efficiency, enhance learner engagement, and support pedagogical goals. These systems exemplify how AI is not merely a technological addition, but a strategic tool that amplifies teaching effectiveness, supports differentiated instruction, and responds to individual learning trajectories—all of which are essential in modern English language education.



Conclusion

The integration of Artificial Intelligence (AI) within English Language Teaching (ELT) constitutes a substantive advancement, yielding significant implications for pedagogical practice and learner outcomes. This analysis has demonstrated the capacity of AI technologies to facilitate personalized learning trajectories, optimize assessment procedures, and enhance student engagement through adaptive and interactive modalities. The utilization of AI-driven tools, such as Large Language Models and adaptive learning platforms, has been shown to effectively address the heterogeneous needs of language learners, contributing to improved comprehension and communicative competence.

Furthermore, the empirical evidence presented herein underscores the potential of AI to streamline instructional delivery and assessment, thereby affording educators increased capacity for student-centered activities. However, it is imperative to acknowledge the inherent limitations and ethical considerations associated with AI implementation, including data security, algorithmic bias, and the necessity for judicious human oversight. The nuanced dimensions of language acquisition, encompassing cultural competence and critical thinking, necessitate a collaborative approach that leverages AI as a complementary, rather than a substitutive, pedagogical instrument.

In moving forward, sustained research and rigorous evaluation are essential to refine AI applications within ELT and to establish evidence-based best practices. Collaborative initiatives involving educators, researchers, and technology developers are crucial for the development of robust and ethical AI frameworks that align with established pedagogical principles. The judicious and strategic integration of AI into ELT holds the potential to cultivate a more equitable and effective language learning environment, ultimately contributing to the development of globally competent individuals.

References

1. Amin (2023). AI and Chat GPT in Language Teaching: Enhancing EFL Classroom Support and Transforming Assessment Techniques. *International journal of higher education pedagogies*, 4(4), pp.1–15. doi:<https://doi.org/10.33422/ijhep.v4i4.554>.
2. Koraishi, Osama. (2023). Teaching English in the Age of AI: Embracing ChatGPT to Optimize EFL Materials and Assessment. *LET Linguistics Literature and English Teaching Journal*. 3. 55-72.
3. Edmett, A., Ichaporia, N., Crompton, H., & Crichton, R. (2024). *Artificial intelligence and English language teaching: Preparing for the future (Second edition)*. British Council. <https://doi.org/10.57884/78EA-3C69>
4. Henry, P. and Duolingo AI team (2023). How Duolingo uses AI to create lessons faster. [online] Duolingo Blog. Available at: <https://blog.duolingo.com/large-language-model-duolingo-lessons/>.
5. Gu, J. (2024). Digital Tools in Language Learning: Optimizing Memory and Attention for College Students. *International Journal of Human–Computer Interaction*, pp.1–11. doi:<https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2400384>.
6. Nazari, N., Shabbir, M.S. and Setiawan, R. (2021). Application of Artificial Intelligence powered digital writing assistant in higher education: randomized controlled trial. *Heliyon*, [online] 7(5), p.e07014. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07014>.
7. Burkhanov, S., & Khamidova, D. (2025). THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON LANGUAGE TEACHING METHODOLOGY: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS. *Educator Insights: Journal of Teaching Theory and Practice*, 1(3), 99-105.
8. Duolingo Blog. (n.d.). Duolingo Blog. [online] Available at: <https://blog.duolingo.com>. Marr, B. (2023). The Amazing Ways Duolingo Is Using AI And GPT-4. [online] Forbes. Available at: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/04/28/the-amazing-ways-duolingo-is-using-ai-and-gpt-4/>.
9. Dizon, G. and Gayed, J. M. (2021) “Examining the impact of Grammarly on the quality of mobile L2 writing”, *The JALT CALL Journal*. Melbourne, Australia, 17(2), pp. 74–92. doi: 10.29140/jaltcall.v17n2.336.
10. Anthology (2023). Blackboard AI – The future of smart learning platforms. Anthology. Available at: <https://www.anthology.com/blackboard-ai>
11. Jain, L., & Alam, M. (2020). Applications of Artificial Intelligence in Smart Education Platforms. *Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(6), 45–53.
12. Netex Learning (2025). Netex Cloud February Release: AI-generated questions from subtitles. <https://whatsnew.netexlearning.com/en/netex-cloud-february-2025-first-release/>
13. Fitria, T. N. (2022). Artificial Intelligence (AI) in Education: Using AI Tools for Teaching and Learning Process. *Proceedings of the National Seminar and Call for Papers, Institut Teknologi Bisnis AAS Indonesia*. ISSN Online: 2654-6590 | ISSN Cetak: 2654-5306.
14. Kejarcita Blog (2024). Mudah Bikin Soal dengan Fitur AI Kejarcita. <https://blog.kejarcita.id/mudah-bikin-soal-dengan-fitur-yang-ada-di-kejarcita-id-general-ongoing/>



Muallif

Sayfuddinova Shaxnoza

“University of management and future technologies” universiteti,
Gumanitar fanlar kafedrası,

shaxnozasayfuddinova@gmail.com

O‘ZBEKISTONDA YODGORLIKLARNI TA‘MIRLASH TARIXI (XX ASR OXIRLARIDAN – 1980 YILLARGACHA)

Annotatsiya: Ushbu maqolada O‘rta Osiyodagi arxeologik va me‘moriy yodgorliklarni o‘rganish hamda ta‘mirlash ishlari tarixiy manbalar asosida yoritilgan. XIX asr oxiri va XX asr boshlarida rus olimlari va mahalliy ziyolilarning sa‘y-harakatlari natijasida qadimiy obidalar tadqiq etilgan. 1920-yillardan boshlab davlat darajasida ta‘mirlash ishlari yo‘lga qo‘yilib, Toshkent va Samarqandda maxsus tashkilotlar tashkil etilgan. Usta-me‘morlar ishtirokida amalga oshirilgan restavratsiyalar san‘at merosini asrashda muhim rol o‘ynagan. Maqola O‘zbekistonda tarixiy obidalarni saqlash va tiklash bo‘yicha olib borilgan ilmiy-amaliy ishlar haqida mufassal ma‘lumot beradi.

Kalit so‘zlar: O‘rta Osiyo, arxeologiya, me‘moriy yodgorliklar, ta‘mirlash tarixi, Turkiston, restavratsiya, ilmiy ekspeditsiyalar, havaskorlar to‘garagi, sirlangan koshin, madaniy meros, usta-me‘morlar, Uzkomstaris, tarixiy shaharlar, Buxoro, Samarqand.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kirish

O'zbekiston hududi dunyodagi eng qadimiy sivilizatsiyalar beshiklaridan biri hisoblanadi. Bu zaminda ming yillar davomida shakllangan boy tarixiy-madaniy meros, muhim ijtimoiy-siyosiy o'zgarishlar, ko'hna shaharlar va ulkan me'moriy yodgorliklar xalqimiz madaniy taraqqiyotining yaqqol ifodasidir. Ayniqsa, Samarqand, Buxoro, Xiva, Toshkent, Shahrisabz kabi shaharlar o'zining noyob me'moriy obidalari, madaniy boyliklari bilan jahon tamadduni tarixida muhim o'rin egallaydi. Ushbu yodgorliklar o'zbek xalqining qadimiy tarixini, dunyoqarashini, diniy, falsafiy va estetik qarashlarini o'zida aks ettiradi. Shu bois O'zbekiston hududidagi yodgorliklarni saqlash, ularni ilmiy o'rganish va restavratsiya qilish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda.

Aynan XX asr oxiri, xususan 1980-yillar davri O'zbekistonda yodgorliklarni ta'mirlash, asrash, ilmiy o'rganish ishlari keskin faollashgan bosqich bo'ldi. Bu davrga kelib, tarixiy obidalar nafaqat milliy o'zlikni anglash manbai, balki siyosiy-ideologik vosita sifatida ham e'tirof etila boshlandi. Sovet davrining dastlabki bosqichlarida, xususan 1920–1930-yillarda me'moriy obidalarni o'rganish va saqlash borasida jiddiy harakatlar boshlangan bo'lsa-da, bu jarayonlar ko'pincha markazlashgan, siyosiy ideologiyalarga bo'ysungan shaklda olib borildi. Biroq keyingi yillarda, ayniqsa XX asrning ikkinchi yarmida, mahalliy tashabbuslar, xalq ustalari, milliy arxitektorlar va tarixchilar bu borada muhim rol o'ynay boshladi.

O'zbekiston tarixiy yodgorliklari nafaqat mahalliy ahamiyatga ega, balki butun insoniyat uchun muhim madaniy meros hisoblanadi. Shu bois ularni ta'mirlash va asrab-avaylash jarayonlari keng ko'lamli ilmiy, amaliy va ijtimoiy harakatni talab etadi. Aynan shu nuqtai nazardan olib qaraganda, XX asr oxiri va 1980-yillargacha bo'lgan davrda yodgorliklarni restavratsiya qilish amaliyotining rivojlanishi, bu jarayonga davlat va jamiyatning munosabati, xalq ustalari va ilmiy xodimlarning ishtiroki tarixiy ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston hududida olib borilgan yodgorliklarni o'rganish va ta'mirlash ishlari asrlar davomida shakllanib kelgan ilmiy an'analar, xalqona tajriba va arxitektura maktablari asosida rivojlandi. Ayniqsa, IX–XII asrlardan boshlab musulmon sharq me'morchiligi doirasida vujudga kelgan an'anaviy qurilish uslublari keyingi asrlarda ham o'z ahamiyatini yo'qotmadi. Shu sababli XX asrning dastlabki yillarida yashab ijod qilgan me'mor va usta-hunarmandlar avvalgi asrlarda yaratilgan yodgorliklarni bemalol ta'mirlab, ularga yangicha naf kiritganlar. Bu holat me'moriy uzviylik va madaniy merosga hurmat belgisi sifatida tarixiy jihatdan alohida o'rganishga loyiq.

O'zbekiston tarixida restavratsiya ishlari haqida dastlabki ilmiy ma'lumotlar XIX asr oxiri va XX asr boshlariga to'g'ri keladi. Bu davrda ko'plab rus va yevropalik olimlar, tadqiqotchilar, arxeologlar O'rta Osiyoga kelib, geografik, arxeologik, geologik va etnografik tadqiqotlar olib boradilar. Xususan, L.P.Fedchenko, I.V.Mushketov, V.I.Lipskiy, V.F.Oshanin va boshqalar Turkistonning tarixiy obidalarini ilmiy asosda o'rganish, ularni tasniflash va tahlil qilish ishlariga



hissa qo'shdilar. 1870 yilda tashkil topgan O'rta Osiyo olimlari jamiyati va 1895 yilda Toshkentda faoliyat yuritgan Arxeologiya havaskorlari to'garagi bu boradagi dastlabki tashabbuslarni amalga oshirgan muhim ilmiy markazlar sifatida tarixda o'z o'rnini egallagan.

Sovet hokimiyati o'rnatilgach, yodgorliklarni saqlash masalasi davlat siyosati darajasiga ko'tarildi. 1920-yillarda Turkiston komiteti, 1930-yillarda esa O'rta Osiyo tashkiloti faoliyati orqali O'zbekiston hududida yodgorliklarni o'rganish, ro'yxatga olish, ta'mirlash va saqlash ishlari boshlangan. Shu bilan birga, ushbu davrda milliy ustachilik maktablari, ayniqsa Buxoro, Xiva, Samarqand, Toshkentda faoliyat olib borgan xalq ustalari restavratsiya jarayonlarida beqiyos rol o'ynagan.

Ta'kidlash joizki, XX asrning o'rtalaridan boshlab, O'zbekistonda yodgorliklarni saqlash va restavratsiya qilish bo'yicha muayyan ilmiy maktablar shakllandi. K.S.Kryukov, N.M.Bachinskiy, B.N.Kastalskiy kabi olimlar o'zlarining ilmiy izlanishlari, maqola va tavsiyalari bilan bu sohaning nazariy va amaliy asoslarini yaratdilar. Ularning fikr-mulohazalari, ayniqsa konservatsiya uslublari, koshinlar bilan ishlash texnologiyalari, arxitektura bo'yicha ilmiy qarashlari restavratsiya ishlarining sifatli bajarilishiga xizmat qildi. Shu bilan birga, ularning tajribasi asosida mahalliy ustalar bilan hamkorlikda amalga oshirilgan restavratsiya ishlari bugungi kungacha o'z ahamiyatini saqlab qolmoqda.

O'zbekistonning yodgorliklarni ta'mirlash tarixida 1920–1930-yillardagi faoliyat alohida o'ringa ega bo'lib, bu davrda mavjud ilmiy kadrlar, kam sonli bo'lsada, mavjud resurslar asosida tarixiy obidalarni asrab qolishga intilish kuchli bo'lgan. Ammo yuqori malakali restavrator va konservatorlarning yetishmasligi, zamonaviy texnologiyalarning yo'qligi ba'zan xatoliklar yoki muvaffaqiyatsiz tajribalarni ham keltirib chiqargan. Biroq bu jarayonlar orqali ko'plab muhim tarixiy yodgorliklar asrab qolingan, ularning tarixiy-estetik qadriyatlarini tiklangan.

Alohida e'tibor qaratish lozim bo'lgan jihat shundaki, O'zbekiston hududida me'moriy yodgorliklarni ta'mirlashda an'anaviy ustachilik tajribasi va ilmiy yondashuv uyg'un holda olib borilgan. Bu holat boshqa mamlakatlar bilan solishtirganda O'zbekistonning o'ziga xos yondashuvini ko'rsatadi. Jumladan, Yevropa mamlakatlarida me'moriy restavratsiya ko'proq texnik va konservatsiya nuqtai nazaridan olib borilgan bo'lsa, O'zbekistonda bu jarayon xalqona, ruhiy-madaniy yondashuvlar bilan boyitilgan.

Yana bir muhim jihat – bu davrda madaniy yodgorliklarni yangilash va restavratsiya qilish faqatgina ilmiy yoki texnik muammo bo'lib qolmasdan, balki milliy o'zlikni saqlash, tarixiy xotirani tiklash masalasi sifatida ham qaralgan. Ayniqsa, “shaklan milliy, mazmunan socialistik” shiori ostida madaniyatga bo'lgan yondashuv davlat siyosatining bir qismiga aylangan davrda, yodgorliklarni saqlashga qaratilgan harakatlar an'anaviy me'morchilikni yo'qotish xavfi bilan yonma-yon borardi. Bu esa tarixiy binolarning asl qiyofasini saqlab qolish masalasini yanada dolzarb qilib qo'ydi.

Mazkur maqolada O'zbekiston hududida XX asr oxiri – 1980-yillarga qadar bo'lgan davrda yodgorliklarni ta'mirlash tarixiga e'tibor qaratiladi. Jumladan, bu davrda amalga oshirilgan ilmiy izlanishlar, davlat siyosati, xalq ustalari va arxitektorlarning roli, restavratsiya texnologiyalari, mavjud muammolar va ularning yechimlari tarixiy asosda tahlil qilinadi. Maqola yondashuvida tarixiylik, tizimlilik, ilmiylik va madaniy-estetik yondashuv asos qilib olinadi.

Shuningdek, maqolada XX asr boshlaridan to 1980-yillargacha bo'lgan yodgorliklarni restavratsiya qilish tarixidagi asosiy bosqichlar, ijtimoiy-siyosiy sharoitlar, tashkiliy tuzilmalar (Turkkomstaris, Sredkomstaris, O'rta Osiyo tashkiloti) faoliyati, xalq ustalari bilan ilmiy guruhlar hamkorligi, me'moriy uslubiyatlarning davomiyligi, tarixiy yodgorliklarning konservatsiyasi va estetik tiklanishi masalalari chuqur tahlil qilinadi.

Asosiy qism

O'zbekiston hududi qadimiy sivilizatsiyalarning markazi bo'lgan. Bu yerda yuzlab yodgorliklar, madaniy meros obidalari mavjud. 1980-yillarga kelib, ularni saqlab qolish, restavratsiya qilish va ilmiy asosda o'rganish dolzarb masalaga aylandi. Sovet davrida ushbu jarayonlar markazlashgan holda olib borilgan bo'lsa-da, mahalliy tashabbuslarning roli ham katta bo'lgan. Ushbu maqolada aynan XX asr oxiri — 1980-yillarga qadar bo'lgan davrda O'zbekistonda yodgorliklarni ta'mirlash tarixiga e'tibor qaratiladi.

O'rta Osiyo ko'p asrlar davomida, insoniyat tarixidagi ko'hna sivilizasiya beshiklaridan biri bo'lgan. Bu o'lkada yashab o'tgan xalqlar jahonga dong taratgan moddiy va ma'naviy yodgorliklarning durdona namunalarini yaratganlar. Shu bilan bir qatorda, bu o'lka o'zining tabiiy boyliklari orqali chet elliklarni ko'p asrlar mobaynida o'ziga jalb qilib kelgan. Bu o'lka boyliklari ko'proq inglizlar va ruslarni qiziqtirgan. Ular bir necha o'n yilliklar davomida turli xil ekspeditsiyalar tashkil etib, O'rta Osiyoni har tomonlama o'rganishga harakat qilganlar.

O'rta Osiyoga Rossiyadan juda ko'plab olimlar, mutaxassislar kelib, geografik, geologik, mineralogik tadqiqotlar o'tkazadilar. Turkistonning hayvonot va nabotot olamini, xalqlarning tarixi, turmush tarzi, urf- odatlari va tilini o'rganadilar. Masalan, L.P.Fedchenko va O.A.Fedchenkolar fizika, geografiya, geologiya, antropologiya va etnografiya rivojiga hissa qo'shishgan. Geolog va geograf I.V.Mushketov Turkistonning geologik tuzilishi to'g'risidagi ilmiy konsepsiyani ilgari surdi va «Fizik geografiya» asarini yozdi. A.P.Seversev, G.D.Romanovskiy, V.L.Komarov, V.I.Lipskiy, V.F.Oshanin, A.I.Krasnov va boshqa ko'plab olimlar Turkistonda ilm-fanni rivojlantirishda hamda yodgorliklarni o'rganish borasida ko'p ishlar qilishdi.

1870 yilda O'rta Osiyo olimlari jamiyati paydo bo'ldi. Bu jamiyat o'z oldiga O'rta Osiyo tarixi, geografiyasi, etnografiyasiga va tarixiga oid ma'lumotlarni to'plash, ishlash va tarqatishni maqsad qilib qo'ygan edi.



O'lkada ishlab turgan havaskor arxeologlar 1895 yilda Turkiston arxeologiya havaskorlari to'garagiga birlashdi. To'garak a'zolarining to'plagan haqiqiy ma'lumotlari, ilk marta topgan materiallari undan keyingi tadqiqotchilar uchun yordamchi material bo'ldi va o'tmish yodgorliklarining zamon o'tishi bilan yo'qolib ketgan ko'p tafsilotlarini, shu yodgorliklar bilan bog'liq bo'lgan folklor va yozma manbaalarni qayd qilish imkonini berdi. To'garak a'zolarining o'rta qo'ygan masalalari va mulohazalari, garchi munozarali va zamon sinoviga bardosh bera olmagan bo'lsada, har xolda butun davr uchun shubhasiz katta ahamiyatga ega edi. Ularning bu ishlari tadqiqotchilik fikrining rivojlanishiga turtki bo'ldi, unga ilmiy jamoat diqqatini tortdi.

Shu tariqa O'rta Osiyoning moddiy va madaniy yodgorliklari, qimmatbaho buyumlari, nodir qo'lyozmalari chet mamlakatlarga olib ketildi. Rus olimlari bilan bir qatorda, ilg'or fikrli mahalliy ziyolilar ham qadimgi yodgorliklarni avaylab-asrash, ularni kelajak avlod uchun saqlab qolish hamda muhofaza qilishda o'z hissalarini qo'shdilar.

O'rta Osiyodagi qadimiy yodgorliklarni o'rganishga avvaldan e'tibor berilgan. O'rta Osiyoga kelgan har bir kishi uning boy merosiga lol qolar edi. Turkiston haqidagi tasodifiy va qisman kuzatuvlar gazetalarda, ayniqsa, Toshkentda "Turkestanskiye vedomosti" (1870–1917) jurnalida maqolalar sifatida chop etila boshlandi. Arxeologiya va osori-atiqalarni saqlash sohasida "havaskorlar" bilan bir qatorda O'rta va Sharqiy Osiyoni o'rganuvchi ilgarigi imperator Arxeologiya Komissiyasi va keyinchalik Rus qo'mitasi ilmiy izlanishlar olib bordi. Ular tomonidan ajratilgan pul mablag'lari hisobiga arxeologiya qazilma ishlari, yodgorliklarda esa tekshirish ishlari olib borildi. Turkistondagi qadimiy yodgorliklarni o'rganishga 1895 yildan 1917 yilgacha Toshkentda faoliyat ko'rsatgan Arxeologiya havaskorlar to'garagi ko'p yordam berdi. 1917 yildagi siyosiy voqyealar O'rta Osiyodagi qadimiy yodgorliklarni saqlash va o'rganish bo'yicha olib borilayotgan madaniy ishlarni to'xtatib qo'ydi. Faqat 1920 yilda Toshkentda yana qaytadan O'rta Osiyo qadimiy yodgorliklarini o'rganish va saqlash uchun uyushma tashkil etish zaruriyati haqida fikr tug'iladi. Nihoyat Turkistondagi me'moriy yodgorliklarini saqlash, ta'mirlash masalalari bo'yicha mahalliy ilmiy kuchlardan ba'zilar birlashtirildi va bu ishlarga markazdan (o'sha paytdagi) vakillar jalb qilindi.

O'zbekiston me'moriy yodgorliklarini ta'mirlash amaliyoti tarixini tadbiq etish shuni ko'rsatadiki, bu sohadagi muammolar, XX asrning yigirmanchi yillaridan boshlangan. Chunki, IX–XII asrlardan boshlab Markaziy Osiyoda islom dini ta'sirida yangicha me'moriy yo'nalish yuzaga kelgan va u XX asrgacha uzviy rivojlanib borgan. Shu tufayli IX–XII asrlarda yaratilgan biror bir inshootning me'moriy va konstruktiv tuzilishi XX asr boshlarigacha yashab ijod etgan O'rta Osiyolik mutaxassislariga tushunarli bo'lgan. Binobarin XX asr boshlarida aytarli har bir me'mor o'zidan oldin yaratilgan inshootlarni bemalol tamirlay olgan. Buni XX asrda yaratilgan Buxorodagi Olimxon madrasasi, Samarqanddagi Panjob madrasasi, Xiva Ichan qal'asidagi minora, madrasa, karvonsaroylar hamda Toshkent, Samarqand, Buxoro, Shahrisabz, Qo'qon, Andijon va boshqa shaharlarda XIX–XX asrlarda qurilgan masjidning o'rta asr imoratlari bilan badiiy va konstruktiv

mushtarakligida ham ko'rish mumkin. Shu tufayli bo'lsa kerak M.K.Axmedovning yozishicha, O'rta Osiyoda «ta'mirlamoq» so'zi XX asrning o'rtalarigacha, ayni paytda ham yangitdan qurishni ham eski imoratni yangilashni anglatgan[1].

Yevropadan farqli o'laroq, Toshkent, Samarqand, Buxoro, Xiva, Andijon yoki O'zbekistonning boshqa shaharlarida XIX asr oxiri XX asr boshlarida qurilgan masjid, madrasa, karvonsaroy quruvchi va me'morlari IX–X yoki XIX–XX asrlarda qurilgan shunday imoratlarni qiynalmasdan ta'mirlay olardi. Chunki uning shakllanishi asosida umumiy me'moriy va badiiy qonuniyatlar yotardi.

O'zbekiston me'moriy obidalarini ta'mirlash ishlari XIX asr boshidan o'rganila boshlandi. Lekin tarixiy shaharlarning gullab yashnagan davrida binolarni ta'mirlash, qurish borasida bir qancha ishlar olib borilganligi ham tarixiy manbalardan ma'lum. Masalan, XIV asr oxiri Temuriylar davrida XII–XIII asrlarga taalluqli musulmonlarning muqaddas joylari – Chashmai Ayub, Turk Jonidi, Sayfetdin Baxorzi maqbaralari ilgarigi asosda ta'mirlandi. Shuningdek, XVI asr Shayboniylar davrida ham XII asrga taalluqli bo'lgan – Magoki Attoriy, Namozgoh masjidlari mustahkamlanib, qayta tiklandi va Ulug'bek madrasasi ta'mirlandi.

Tarixiy shaharlar me'moriy obidalariga taalluqli bo'lgan ta'mirlash ishlari bo'yicha ba'zi bir fikrlar umumiy tarzda O'zbekiston yoxud yaxlit O'rta Osiyo obidalari asosida maqolalarda qisqacha bayon etilar edi. Bu borada, ayniqsa, olim bir qancha ta'mirlash ishlarining muallifi va ishtirokchisi K.S.Kryukovning maqolalari juda qadrlidir[2]. Bu maqolalarda Buxoro me'morchilik obidalarini ta'mirlashga taalluqli bo'lgan maxsus izlanish va taxminiy rejalar ko'rsatib o'tilgan edi. Shunday qilib, 1920 yilda Maorif Xalq Komissariatida (Narkompros), 1921 yili muzey ishlari, qadimiy me'moriy obidalarni saqlash bo'yicha Turkiston komiteti (Turkkomstaris) tuzildi. 1925 yilda bu tashkilot O'rta Osiyo Qo'mitasi (Sredkomstaris), 1932 yilda esa O'rta Osiyo tashkiloti deb nomlanib, respublikaning tarixiy shaharlarida o'z tashkilotlarini ochdi. Uning markaziy idorasi Toshkent shahrida joylashgan edi. Unga D.I.Nechkin rahbarlik qildi. O'rta Osiyodagi yodgorliklarni ta'mirlash bilan bog'liq bo'lgan barcha ilmiy savollar Muzeylar bo'limi tomonidan tashkil etilgan maxsus komissiya doirasida oldindan ishlab chiqilardi. Dastlab bu komissiya guruhiga D.S.Markov, 1923 yildan boshlab esa uning sog'lig'i yomonlashganligi sababli, I.V.Rulskiy, keyinchalik D.P.Suxov, N.B.Baklanov, I.R.Levinson, B.N.Zasypkin, B.P.Denike va boshqalar raislik qildilar.

O'rta Osiyodagi Buxoro tashkilotida (Buxkomstaris) taniqli arxeolog V.A.Shishkin boshchiligida I.I.Umnyakov, Musa Saidjonov kabi bir qancha tadqiqotchilar ishladilar. Ta'mirlash ishlarini ular xalq ustalari – Usta Ibroxim Xafizov, Raxim Xayatov, Shirin Muradovlar bilan hamkorlikda olib bordilar¹⁸. Yuqori malakali kadrlarning yetishmasligi, ma'lum bir uslubiyatni to'laqonli amalga oshirilmaligi, yuqori darajali restavratsiyani vujudga keltirmas edi. Shuning uchun ham o'sha davrda tashkilotning asosiy vazifasi kichik ta'mirlash ishlarini amalga oshirish yoki buzilayotgan fragmentlarini qisman saqlab qolish bilan keyingi paytda yetadigan zararlarni oldini olish edi.



20–30 yillarda O‘zbekistonning qadimiy shaharlarida buzilayotgan fragmentlarni qisman saqlab qolish usuli bilan keyingi paytda yetadigan zararlarni oldi olinar edi.

20–30 yillarda Buxoroda N.M.Bachinskiy rahbarligida yemirilayotgan sirlangan koshinlarni ganch qorishmasi bilan konservasiya qilish orqali yodgorliklar buzilishining oldini olishmoqchi bo‘lishdi. Lekin bu tajriba muvaffaqiyatli chiqmadi, balki binoning eski bezaklari oq dog‘larga aylandi, xolos. Bu borada K.S.Kryukov o‘z fikrini bildirib, «bu ishlarni quyidagi o‘rganilgan tajriba asosida, ya‘ni koshinni mozaika tarzida olib, uni eski qorishmalardan tozalab, tushib ketgan joylariga terrakota yoki kesma mozaika bloklarini joylashtirish mumkin edi»[3].

1922 yilda B.N.Kastalskiy oq ganch shtukaturkasi rangini tabiiy

«qizil-kesak» bo‘yog‘i bilan bo‘yashni sinab ko‘radi. Bu esa yanada mukammalroq ta‘mirlash yechimini yuzaga keltirdi. Masalan, Bachinskiyning muqobil uslubi bo‘yicha Mir-Arab madrasasini ta‘mirlashda ishlatilgan suvalgan koshin va qorishma Usta Shirin ko‘magida tushirib tashlanib, sirlangan bezak bloklarni o‘z joyiga yangi qorishma yordamida joylashtirdilar[4].

Nihoyat, XX asrning 20-yillaridan boshlab sharoit keskin o‘zgardi. «Shaklan milliy, mazmunan sosialistik» degan shior ostida chekka o‘lkalar xalqlari madaniyati yangilandi. Yangicha san‘at yaratish niqobi ostida bir necha o‘n yillik davomida an‘analarni asrab kelgan usta–me‘morlar sulolasi yo‘qola boshladi. Natijada, bugungi avlod ota-bobolari merosini tiklash uchun san‘at sirlarini maxsus o‘rganish ehtiyoji yuzaga keldi[5].

O‘zbekistonning tarixiy shaharlari qatorida inqiroz arafasida turgan XV–XVII asrlarga oid mahobatli sirlangan koshinli binolar bezaklarini ta‘mirlash muammo darajasida edi. Devor satxining katta maydonda yo‘qolgan koshinlar va guldor sopol bo‘laklarini qayta tiklash uchun ularni maxsus ustaxonalarda tayyorlash kerak edi.

1925–1935 yillarda Samarqand sopol tayyorlash ustaxonasida qadimgi usullarni o‘zlashtirgan holda, sirlangan koshin bo‘laklari aslidan farqlanmagan ravishda namuna sifatida tayyorlay boshladilar. Shu tarzda 30-yillar oxiridan boshlab binolarni to‘liq qayta tiklash ishlari xujjatlar asosida amalga oshirila boshlandi.

1940 yildan boshlab Camarqandda Uzkomstaris boshchiligida ta‘mirlash jarayonlari uchun zarur bo‘lgan ustalar tayyorlash kurslari ochildi. U yerda usta Shirin Murodov ta‘lim berib, yosh iqtidorli ustalarni tayyorlash bilan restavrasiya maktabini ochishga zamin yaratdi[6].

1943 yilda “Uzkomstaris” o‘rniga me‘moriy yodgorliklarni saqlash bo‘yicha boshqarma qoshida ta‘mirshunoslik ishlari bo‘yicha to‘rt kishidan iborat maxsus bo‘lim ochildi. Ulug‘ Vatan urushining so‘nggi yillarida VSIKning qaroriga asosan «arxetekturadagi ortiqcha bezakdorlikka qarshi kurash» shioriga binoan, ta‘mirlash ishlariga taxminan 10 yil davomida kam vositalar ajratilib, asosan muhofaza, qayta tiklash ishiga va tezroq xalq uchun uy-joy qurishga qaratildi.

Siyosiy va madaniy muhit. XX asrning o'rtalaridan 1980-yillargacha bo'lgan davrda O'zbekistonda yodgorliklarni ta'mirlash va saqlash ishlari muayyan siyosiy va madaniy kontekstda olib borilgan. Bu jarayonlar Sovet Ittifoqi siyosiy tuzumining mafkuraviy yo'nalishlari, markazlashgan boshqaruv tizimi hamda mahalliy madaniy ong va milliy o'zlikning uyg'onish jarayonlari bilan chambarchas bog'liq bo'lgan.

Sovet mafkurasi va tarixiy merosga yondashuv. Sovet siyosati dastlabki bosqichda diniy va milliy yodgorliklarga nisbatan befarq, ba'zida dushmanona munosabatda bo'lgan. Ayniqsa, 1920–1930-yillarda diniy binolar (masjid, madrasa, maqbaralar) yopildi, ularning ba'zilari butunlay buzib tashlandi yoki boshqa maqsadlarga moslashtirildi. Bu siyosat “ateistik targ'ibot” doirasida olib borilgan edi.

Biroq 1950–1960-yillardan boshlab tarixiy merosga nisbatan yondashuv asta-sekin o'zgarib bordi. Sovet hukumati tarixiy obidalarni xalq san'ati va me'morchiligining namunalari sifatida qayta baholay boshladi. Ayniqsa, O'zbekiston hududidagi obidalar – Sharq me'morchiligining durdonalari sifatida e'tirof etila boshlandi. Bu yondashuv madaniy turizmni rivojlantirish va Sovet xalqlari madaniy boyligini targ'ib qilish bilan bog'liq edi.

Mahalliy ziyolilar va milliy uyg'onish. 60–80-yillarda O'zbekistonda tarixiy-madaniy merosni himoya qilish harakati faollashdi. Mahalliy olimlar, me'morlar va adabiyotshunoslar tomonidan milliy qadriyatlar va tarixiy yodgorliklarning saqlanishi borasida bir qancha maqolalar, chiqishlar va murojaatlar amalga oshirildi. Bu harakatlar G'afur G'ulom, Sharof Rashidov kabi ziyolilar tomonidan qo'llab-quvvatlangan bo'lib, milliy o'zlikni anglashning muhim bosqichiga aylandi.

Madaniy siyosat va ta'lim muassasalari roli. O'zbekistonda madaniyat vazirligi, san'at institutlari va arxitektura oliy o'quv yurtlari yodgorliklarni o'rganish va ta'mirlash ishlariga bevosita jalb etilgan. Oliy ta'lim muassasalarida restavratsiya bo'yicha mutaxassislar tayyorlanib, ular keyinchalik yirik loyihalarda ishtirok etganlar. Shu bilan birga, muzeylar, kutubxonalar va san'at galereyalari orqali xalqning tarixiy ongini shakllantirishga qaratilgan ko'plab madaniy tadbirlar tashkil etildi.

Xalqaro hamkorlik va UNESCO roli. 1970-yillardan boshlab O'zbekiston yodgorliklarini saqlashda xalqaro tashkilotlar, xususan UNESCO bilan hamkorlik kuchaydi. Xiva shahrining Ichan qal'asi, Buxoro va Samarqanddagi obidalar xalqaro ekspertlar ishtirokida restavratsiya qilinib, butun insoniyatning madaniy boyligi sifatida e'tirof etildi. Bu esa O'zbekistonning tarixiy merosini saqlash borasidagi siyosatini mustahkamlashga xizmat qildi.

Cheklovlar va muammolar. Shunga qaramay, siyosiy senzura va byurokratik to'siqlar tufayli ko'plab yodgorliklar e'tibordan chetda qolgan. Markaziy hukumatning resurslarni taqsimlashdagi notengligi, ba'zan yodgorliklarni “ikkilamchi” deb baholashi sababli ularning ba'zilari yemirilgan holda qolgan. Mahalliy tashabbuslar esa har doim ham moliyaviy yoki huquqiy qo'llab-quvvatlashga



ega bo'lmagan.

O'zbekistonda yodgorliklarni ta'mirlash tarixi XX asr oxiri – 1980-yillargacha bo'lgan davrda murakkab siyosiy, ilmiy va madaniy jarayonlar fonida shakllangan. Bu davr mobaynida Sovet Ittifoqining mafkuraviy yondashuvi, markaziy boshqaruv tizimi va mahalliy tashabbuslarning kesishgan nuqtasida tarixiy obidalarni saqlash va restavratsiya qilish bo'yicha muhim natijalarga erishildi. Ilmiy ekspeditsiyalar, me'moriy tahlillar va restavratsiya texnologiyalarining joriy etilishi orqali qadimiy shaharlar, masjidlar, madrasalar va boshqa yodgorliklar tarixiy ko'rinishiga yaqin holda tiklandi.

Shuningdek, bu davrda professional usta-me'morlar, havaskorlar to'garaklari, arxitektorlar va madaniyat sohasidagi mutaxassislarning sa'y-harakatlari bilan xalq me'morchiligi an'analari asrab qolindi. Ularning ishtiroki bilan koshinkorlik, gumbazozlik, naqshkashlik kabi milliy san'at turlari qayta tiklandi va restavratsiya jarayonlarida faol qo'llanildi. Yodgorliklar atrofidagi infratuzilmaning rivojlanishi ularni faqat tarixiy obidalar sifatida emas, balki madaniy-turistik resurslar sifatida ham qayta baholash imkonini berdi. Shu yo'l bilan restavratsiya ishlari nafaqat madaniy merosni asrash, balki mahalliy iqtisodiyot va ijtimoiy hayotga ijobiy ta'sir ko'rsatdi.

Biroq, ayrim holatlarda siyosiy cheklovlar, byurokratik to'siqlar va resurslarning yetishmasligi sababli ayrim obidalar e'tibordan chetda qolgan. Shunga qaramay, ushbu davr yodgorliklarni asrash tarixida yangi bosqichni boshlab berdi va keyingi mustaqillik yillarida bu ishlarning davom etishiga zamin yaratdi. Shunday qilib, XX asr oxiri — 1980-yillargacha bo'lgan ta'mirlash ishlari O'zbekiston tarixiy-madaniy merosini saqlab qolish va uni kelajak avlodlarga yetkazish yo'lida muhim bosqich bo'lib xizmat qildi.

Xulosa

O'zbekiston hududidagi me'moriy yodgorliklar — bu xalqimiz tarixiy tafakkuri, madaniy saviyasi, estetik didi va diniy-falsafiy dunyoqarashining moddiy timsolidir. Ushbu yodgorliklarning asrlar osha saqlanib kelgani, ularning ayrimlari bugungi kungacha o'z qiyofasini saqlab qolgan bo'lsa, boshqalari ta'mir-tiklash, restavratsiya jarayonlari orqali asrab qolingan. XX asrning ikkinchi yarmi va ayniqsa 1980-yillargacha bo'lgan davr ushbu faoliyatning tarixiy, ilmiy va madaniy jihatdan eng murakkab, ammo eng samarali bosqichlaridan biri hisoblanadi. Mazkur maqola doirasida olib borilgan tahlillar, tarixiy dalillar, ilmiy manbalar va arxiv materiallari asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin.

1. Yodgorliklarni ta'mirlash amaliyoti tarixiy-madaniy xotirani saqlashning muhim vositasidir. Tarixiy yodgorliklarni saqlash, ta'mirlash va qayta tiklash ishlari O'zbekistonning madaniy xotirasini avlodlarga yetkazishdagi eng muhim omil hisoblanadi. Bu nafaqat o'tmishga bo'lgan hurmat, balki bugungi va kelgusi avlod uchun milliy o'zlikni anglash, tarixiy merosga daxldorlik tuyg'usini

kuchaytirish vositasidir. 1980-yillargacha olib borilgan restavratsiya ishlari ko'plab yodgorliklarning yo'q bo'lib ketishining oldini olib, ularni qayta jamiyatga qaytardi. Ayniqsa, Samarqand, Buxoro, Xiva, Toshkent va Shahrisabzdagi restavratsiya loyihalari shuni ko'rsatadiki, bu jarayon faqat texnik tiklash emas, balki madaniy g'amxo'rlik va ma'naviy tiklanish vositasiga aylangan.

2. Sovet davrida yodgorliklarga nisbatan munosabat murakkab va qarama-qarshi bo'lgan. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, Sovet davrining dastlabki bosqichlarida yodgorliklarni saqlashga ijobiy munosabatda bo'linsa-da, keyinchalik bu jarayon siyosiy ideologiyaga bo'ysundirilgan. Shu bois ko'plab diniy va tarixiy obidalar yo'q qilindi yoki boshqa maqsadlarga moslab qayta qurildi. Biroq 1950–1980-yillar oralig'ida yodgorliklarni saqlash va restavratsiya qilish davlat siyosatining muhim yo'nalishiga aylana boshladi. Bu holat O'zbekistonning tarixiy merosini saqlab qolish borasida ma'lum darajadagi siyosiy ijobiylikni ko'rsatadi.

3. Restavratsiya amaliyotining asosiy ishtirokchilari – xalq ustalari, arxitektorlar va tarixchilardir. Maqolada ta'kidlanganidek, XX asrning ikkinchi yarmida olib borilgan restavratsiya jarayonlarida xalq ustalari, ustoz me'morlar, tarixchilar, etnograf va arxitektorlar faol ishtirok etgan. Bu esa ilmiylik bilan xalqona tajribaning uyg'unlashuvini ta'minlagan. Jumladan, mashhur ustalar — Komiljon Qurbonov, Mahmud To'raqulov, Sharif Mo'minov, Saidazim Qoriyev va boshqalar o'z ishbilarmonligi bilan ko'plab tarixiy obidalarni tiklashga hissalarini qo'shganlar. Shuningdek, B.N.Kastalskiy, N.M.Bachinskiy kabi olimlarning nazariy tavsiyalari bu sohada ilmiy yondashuvni shakllantirgan.

4. Davlat va jamoatchilikning hamkorligi yodgorliklarni saqlashda hal qiluvchi omil bo'lgan. 1980-yillargacha yodgorliklarni restavratsiya qilish jarayonida davlatning rasmiy tashkiliy tuzilmalari — O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, Madaniyat ishlari boshqarmasi, "Uzrestavratsiya" tashkiloti va boshqa idoralar orqali ushbu faoliyatni muvofiqlashtirish ishlari boshlangan. Shu bilan birga, jamoatchilikning, ya'ni mahalla faollari, ustalar, ziyolilar va hatto oddiy fuqarolarning ishtiroki bilan bu jarayon keng ko'lamli ijtimoiy harakatga aylangan. Ayniqsa, xalq orasida tarixiy obidalarga nisbatan hurmat, ularni ta'mirlashga bo'lgan ijobiy munosabat ushbu sohani rivojlantirishda muhim omil bo'lgan.

5. Restavratsiya sohasida ilmiy asoslangan metodologiyalar shakllangan. Yodgorliklarni restavratsiya qilish jarayonida XX asr davomida bir qator ilmiy metodikalar shakllandi. Jumladan, "konservatsiya" (saqlab qolish), "reintegratsiya" (yo'qolgan qismlarni to'ldirish), "reabilitatsiya" (funktsional yangilanish) kabi tamoyillar asosida yondashuvlar vujudga keldi. Shu jarayonda ilg'or texnologiyalar bilan birga, an'anaviy usullar — ganchkori, koshinkori, yog'och o'ymakorligi, devoriy naqqoshliklar qayta tiklanib, asl uslubiyatga sodiq qolgan holda ishlov berildi. Bu esa restavratsiya amaliyotining san'at, tarix, arxitektura va falsafiy dunyoqarashlar bilan uyg'un holda rivojlanganini ko'rsatadi.



6. Yodgorliklarni saqlashdagi muammolar ham mavjud bo'lgan. Maqolada keltirilganidek, XX asrda olib borilgan yodgorliklarni ta'mirlash ishlarida qator muammolar ham yuzaga kelgan. Jumladan, yuqori malakali restavrator kadrlar tanqisligi, texnik vositalarning yetishmasligi, ayrim hollarda byurokratik to'siqlar, obidalarni o'rganishdan ko'ra ularni shunchaki "yangilash"ga qaratilgan noto'g'ri yondashuvlar, tarixiylik prinsipiga zid bo'lgan "zamonaviylashtirish" tajribalari mavjud bo'lgan. Ayniqsa, ko'p hollarda restavratsiya jarayonida tarixiy hujjatlar asosida emas, balki tasavvur asosida ishlov berilgan holatlar ham kuzatilgan.

7. Madaniy merosni saqlash – kelajak avlodlar oldidagi burchdir. O'zbekiston tarixiy yodgorliklarini restavratsiya qilish borasidagi tajriba shuni ko'rsatadiki, bu jarayon o'z-o'zicha yakunlanmaydi. Aksincha, har bir davr, har bir avlod madaniy merosga o'z munosabatini bildirish orqali uni saqlaydi yoki yo'q qiladi. Shu bois, 1980-yillargacha shakllangan restavratsiya maktablari, ustachilik tajribalari, ilmiy metodologiyalar bugungi kunda ham dolzarb bo'lib, ulardan kelajak avlod foydalanmog'i lozim. Madaniy merosni saqlashga bo'lgan ijtimoiy mas'uliyat kuchaytirilmasa, tarixiy obidalar, ularning estetik va ruhiy qadriyatlarini yo'qolib ketishi xavfi mavjud.

8. Tadqiqotda qo'yilgan maqsadlar amalga oshdi va istiqbolli yo'nalishlar belgilandi. Ushbu maqola doirasida XX asr oxiridan 1980-yillargacha bo'lgan davr mobaynida O'zbekistonda yodgorliklarni ta'mirlash bo'yicha amalga oshirilgan faoliyat tarixiy, madaniy va ilmiy tahlil etildi. Asosiy bosqichlar, ishtirokchilar, usullar, yondashuvlar, muammolar va natijalar har tomonlama yoritildi. Shu asosda kelajak tadqiqotlari uchun quyidagi istiqbolli yo'nalishlar tavsiya etiladi.

Tavsiyalar:

1. Yodgorliklar bo'yicha kompleks reestrlar yaratish: Har bir tarixiy obida haqida batafsil ilmiy, texnik, madaniy va tarixiy ma'lumotlar jamlangan elektron bazalarni yaratish kerak.

2. Mahalliy restavrator kadrlar tayyorlash: An'anaviy ustachilik bilimlarini zamonaviy texnologiyalar bilan uyg'unlashtira oladigan malakali mutaxassislar tayyorlash bo'yicha o'quv dasturlarini kengaytirish zarur.

3. Xalqaro hamkorlikni kuchaytirish: UNESCO, ICOMOS kabi xalqaro tashkilotlar bilan yodgorliklarni saqlash borasidagi tajriba almashinuvini kengaytirish lozim.

4. Yoshlar ishtirokini ta'minlash: Yodgorliklarni asrab-avaylash borasidagi harakatlarni yoshlar ongiga singdirish, ularni ushbu jarayonlarga jalb qilish zarur.

5. Fanlararo tadqiqotlarni rag'batlantirish: Me'moriy yodgorliklarni o'rganishda tarix, arxitektura, arxeologiya, sotsiologiya va antropologiya fanlari orasidagi integratsiyani kuchaytirish kerak.

6. Qonunchilikni takomillashtirish: Yodgorliklarni restavratsiya qilish va ularni tijorat maqsadlarida ekspluatatsiya qilish orasidagi farqlarni aniq belgilovchi normativ-huquqiy hujjatlar ishlab chiqilishi lozim.

O'zbekiston tarixiy merosining muhim qismi bo'lgan me'moriy yodgorliklar, ular ustida olib borilgan restavratsiya amaliyotlari — bu xalqimizning o'z o'tmishiga bo'lgan munosabati, ma'naviy qadriyatlarga sodiqligi va tarixiy xotirasi ramzidir. XX asr oxiri va 1980-yillargacha bo'lgan davr ushbu jarayonning shakllanishi, tajriba orttirilishi, ilmiy metodologiyalarning yaratilishi bilan ajralib turadi. Bu davrda shakllangan tajriba va bilimlar bugungi kunda ham o'z ahamiyatini yo'qotmagan bo'lib, uni chuqur o'rganish, rivojlantirish va avlodlarga yetkazish bizning tarixiy mas'uliyatimizdir.



Adabiyotlar

1. 1. Axmedov M.K. O'zbekistonda me'moriy yodgorliklarni ta'mirlash muammolari.// O'zbekiston me'moriy obidalarini ta'mirlash va ulardan foydalanish muammolariga bag'ishlangan xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya tezislari to'plami.- Samarqand. 2004. B.16-17
2. 2. Крюков К.С. Организационные формы охраны и реставрации памятников архитектуры Узбекистана (1920-1990).// АСУ, 1990, № 8.- с.34-36.
3. 3. Юсупова М.А. Актуальные проблемы реставрации памятников архитектуры Узбекистана.// Международная научно практическая конференция "Проблемы реставрации и использования памятников архитектуры Узбекистана" Тезисы выступления, Самарканд, 2004, с. 33-35
4. 4. Крюков К.С. Организационные формы охраны и реставрации памятников архитектуры Узбекистана (1920-1990).// АСУ, 1990, № 8. С.34-36.
5. 5. Юсупова М.А. Актуальные проблемы реставрации памятников архитектуры Узбекистана.// Международная научно-практическая конференция "Проблемы реставрации и использования памятников архитектуры Узбекистана" Тезисы выступления, Самарканд, 2004. С. 33-35.
6. 6. Axmedov M.K. O'zbekistonda me'moriy yodgorliklarni ta'mirlash muammolari.// O'zbekiston me'moriy obidalarini ta'mirlash va ulardan foydalanish muammolariga bag'ishlangan xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya tezislari to'plami.- Samarqand 2004. B.16-17
7. 7. Пугаченкова Г.А. Архитектура Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1976.
8. 8. Массон М.Е. История городов Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1980.
9. 9. Засипкин Б.Н. Реставрация и архитектура Узбекистана. – Москва: Искусство, 1978.
10. 10. Султанова Ш.М. Культурное наследие Узбекистана и проблемы его сохранения. – Ташкент: Университет, 1982.
11. 11. Юлдашев Ш. O'zbekiston me'moriy yodgorliklari tarixi. – Toshkent: O'qituvchi, 1979.
12. 12. UNESCO. Reports on Cultural Heritage Preservation in Central Asia (1960–1980). – Paris: UNESCO Archives.
13. 13. O'zbekiston Respublikasi Madaniyat vazirligi. Arxiv materiallari (1950–1980). – Toshkent.
14. 14. Назаров Р. O'zbekiston arxitekturasi: tarix va taraqqiyot. – Toshkent: Fan, 1985.
15. 15. Бурисов С. Архитектурное наследие Узбекистана. – Самарканд: СамГУ, 1977.
16. 16. Хайдаров А. Маданий мерос ва унинг сақланиши масалалари. – Тошкент: Маънавият, 1981.



MATEMATIKA VA FIZIKA FANLARI



Автор

Тогайназаров Сирожиддин

«Ташкентский институт инженеров ирригации и сельскохозяйственных механизмов» национальный исследовательский университет,

togaynazarovsirojiddin141@gmail.com

ВНУТРЕННЯЯ ЗАДАЧА НЕЙМАНА ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ТРЕМЯ СИНГУЛЯРНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Аннотация: Зная, что внутренняя задача Неймана для эллиптических уравнений поставлена некорректна, в настоящей работе установлено необходимое условие существования решения внутренней задачи Неймана для трехмерного эллиптического уравнения с тремя сингулярными коэффициентами и показано, что любые две решения поставленной задачи отличаются друг от друга на постоянное слагаемое, при этом искомые решения выписаны в явном виде.

Ключевые слова: внутренняя задача Неймана, трехмерное сингулярное эллиптическое уравнение, необходимое условие существования решения, функция Грина, фундаментальное решение



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Введение

Теория краевых задач для вырождающихся уравнений и уравнений с сингулярными коэффициентами является одним из центральных разделов современной теории уравнений в частных производных. Вырождающиеся эллиптические уравнения встречаются при решении многих важных вопросов прикладного характера (теории малых изгибов поверхностей вращения, безмоментной теории оболочек и т.д.). Особо важную роль играют такие уравнения в газовой динамике. Связь теории сингулярных эллиптических уравнений с теорией эллиптических уравнений позволила применить к ней методы, разработанные для последних.

Важнейшими краевыми задачами для эллиптического уравнения второго порядка являются задача Дирихле (первая краевая задача) и задача Неймана (вторая краевая задача). Имеется ещё смешанная задача (третья краевая задача), в которой требуется найти решение эллиптического уравнения, удовлетворяющего в одной части границы рассматриваемой области условию Дирихле, а в остальной части – условию Неймана. Специальный аналог смешанной задачи называется задачей Хольмгрена (Holmgren E.) [1], по имени ученого, впервые исследовавшего такую задачу для уравнения

$$u_{xx} + u_{yy} + \frac{2\beta}{y}u_y = 0, \quad 0 < 2\beta < 1, \quad y > 0. \quad (1)$$

Изложение основных результатов по исследованию краевых задач для уравнения (1) содержится в книге [2].

Исследование краевых задач для пространственного сингулярного эллиптического уравнения берет свое начало с работ С.Агостинели [3], который в 1937 г. рассмотрел задачу Дирихле для трехмерного эллиптического уравнения с одним сингулярным коэффициентом

$$E(u) = u_{xx} + u_{yy} + u_{zz} + \frac{2\alpha}{x}u_x = 0, \quad 0 < 2\alpha < 1$$

в области, ограниченной в полупространстве, однако в 1949 г. М.Н.Олевский [4] обнаружил ошибку в исследованиях С.Агостинели и объявил в явном виде решение задачи Дирихле в многомерном полушаре для более общего многомерного уравнения.

Первое фундаментальное исследование, с которого начался новый этап изучения вырождающихся и сингулярных эллиптических уравнений с переменными коэффициентами, было выполнено М.Келдышем [5].

Число опубликованных работ по вырождающимся и сингулярным эллиптическим уравнениям весьма значительно. В этих исследованиях в основном рассматривались задача Дирихле и смешанные задачи (Хольмгрена, Дирихле-Неймана) для названных уравнений в частных производных. К такому направлению исследований примыкают работы [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

В настоящей работе мы займемся внутренней задачей Неймана для сингулярного уравнения Пуассона

$$H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) \equiv u_{xx} + u_{yy} + u_{zz} + \frac{2\alpha}{x}u_x + \frac{2\beta}{y}u_y + \frac{2\gamma}{z}u_z = F(x, y, z), \quad (2)$$

где α , β и γ – постоянные ($0 < 2\alpha, 2\beta, 2\gamma < 1$), в конечной односвязной области, ограниченной в первом октанте трехмерного евклидова пространства.

Покажем, что внутренняя задача Неймана для уравнения (2) в общем случае неразрешима, и выведем необходимое условие ее разрешимости. С другой стороны, общеизвестно, что решение внутренней задачи Неймана для уравнения $H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) = 0$ (если оно существует) не единственно: если функция $u(x, y, z)$ решает задачу Неймана для сингулярного эллиптического уравнения $H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) = 0$, то, как это мы докажем в этой работе, функция $u(x, y, z) + C$, где C – произвольная постоянная, решает ту же задачу. Теоремой единственности в данном случае является утверждение, по которому выражение $u(x, y, z) + C$ исчерпывает все решения этой задачи.

Необходимое условие разрешимости задачи Неймана

Пусть $D \subset R_3^+ \equiv \{(x, y, z) : x > 0, y > 0, z > 0\}$ – конечная область, ограниченная плоскостями

$$D_1 = \{(x, y, z) : x = 0, 0 < y < b, 0 < z < c\},$$

$$D_2 = \{(x, y, z) : 0 < x < a, y = 0, 0 < z < c\},$$

$D_3 = \{(x, y, z) : 0 < x < a, 0 < y < b, z = 0\}$ и с поверхностью S , которая пересекается с областями D_i ($i = \overline{1,3}$). Линия пересечения обозначим соответственно через

$$\Gamma_i = S \cap D_i \quad (i = \overline{1,3}). \quad \text{Здесь } a, b, c = \text{const} > 0.$$

Задача Неймана. Найти регулярное решение

$u(x, y, z)$ уравнения (2), удовлетворяющее условиям

$$x^{2\beta} \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = v_1(y, z), \quad (y, z) \in D_1, \quad (3)$$

$$y^{2\beta} \frac{\partial u}{\partial y} \Big|_{y=0} = v_2(x, z), \quad (x, z) \in D_2, \quad (4)$$

$$z^{2\gamma} \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=0} = v_3(x, y), \quad (x, y) \in D_3, \quad (5)$$

$$B_n^{\alpha,\beta,\gamma}[u] \Big|_S = \varphi(P), \quad P \in S, \quad (6)$$

где $v_1(y, z)$, $v_2(x, z)$, $v_3(x, y)$, $\varphi(x, y, z)$ - заданные непрерывные и достаточно гладкие функции, причем функции $v_1(y, z)$, $v_2(x, z)$ и $v_3(x, y)$ могут обращаться в бесконечность порядков $1-2\alpha$, $1-2\beta$ и $1-2\gamma$ в $\Gamma_1, \overline{OB}, \overline{OC}$, $\Gamma_2, \overline{OA}, \overline{OC}$ и $\Gamma_3, \overline{OA}, \overline{OB}$, соответственно. Здесь и далее

$$B_n^{\alpha, \beta, \gamma} [] = x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left(\cos(n, x) \cdot \frac{\partial}{\partial x} + \cos(n, y) \cdot \frac{\partial}{\partial y} + \cos(n, z) \cdot \frac{\partial}{\partial z} \right);$$

$$A(a, 0, 0), B(0, b, 0), C(0, 0, c), O(0, 0, 0);$$

n – внешняя нормаль к границе ∂D области ∂D .

Рассмотрим тождество

$$\begin{aligned} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} [uH_{\alpha, \beta, \gamma}(w) - wH_{\alpha, \beta, \gamma}(u)] &= \frac{\partial}{\partial x} \left[x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left(u \frac{\partial w}{\partial x} - w \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right] \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left[x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left(u \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left(u \frac{\partial w}{\partial z} - w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Теперь отойдем от границы ∂D внутрь области D на достаточно малое расстояние ε . Полученные поверхность и область обозначим, соответственно, через D_ε и ∂D_ε . Пусть $u, w \in C^2(\overline{D}_\varepsilon)$, тогда интегрируя обе части тождества (7) по области D_ε и используя формулу Гаусса-Остроградского, получим

$$\begin{aligned} \iint_{\partial D_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left[\left(u \frac{\partial w}{\partial x} - w \frac{\partial u}{\partial x} \right) \cos(n, x) \right] dS + \iint_{\partial D_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left[\left(u \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial y} \right) \cos(n, y) \right] dS + \\ + \iint_{\partial D_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left[\left(u \frac{\partial w}{\partial z} - w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \cos(n, z) \right] dS = \iiint_{D_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} [uH_{\alpha, \beta, \gamma}(w) - wH_{\alpha, \beta, \gamma}(u)] dx dy dz. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь $\partial D_\varepsilon = D_{1\varepsilon} \cup D_{2\varepsilon} \cup D_{3\varepsilon} \cup D_{4\varepsilon}$, $\cos(n, x)dD_{1\varepsilon} = dydz$,

$\cos(n, y)dD_{2\varepsilon} = dx dz$, $\cos(n, z)dD_{3\varepsilon} = dx dy$, n – внешняя нормаль к ∂D_ε .

Пусть в формуле (8) $u(x, y, z)$ – решение задачи Неймана с условиями (3) – (6) для уравнения (2), а $w(x, y, z) \equiv 1$. Тогда:

$$\begin{aligned} H_{\alpha, \beta, \gamma}(u) &\equiv F(x, y, z), \quad H_{\alpha, \beta, \gamma}(w) \equiv 0, \\ B_n^{\alpha, \beta, \gamma} [w] &= x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left(\cos(n, x) \cdot \frac{\partial w}{\partial x} + \cos(n, y) \cdot \frac{\partial w}{\partial y} + \cos(n, z) \cdot \frac{\partial w}{\partial z} \right) \equiv 0, \end{aligned}$$

и, переходя здесь к пределу при $\varepsilon \rightarrow 0$, получим

$$\iiint_D x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} F(x, y, z) dx dy dz = \iint_S \varphi(P) dS + \iint_{D_1} v_1(y, z) dy dz + \iint_{D_2} v_2(x, z) dx dz + \iint_{D_3} v_3(x, y) dx dy \quad (9)$$



Этому соотношению необходимо должны удовлетворять данные задачи Неймана. В общем случае, как мы видим, внутренняя задача Неймана для однородного уравнения

$$H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) \equiv u_{xx} + u_{yy} + u_{zz} + \frac{2\alpha}{x}u_x + \frac{2\beta}{y}u_y + \frac{2\gamma}{z}u_z = 0 \tag{10}$$

решения не имеет – решение может существовать лишь тогда, когда выполнено условие (9).

В частных случаях однородных краевых условий или однородного дифференциального уравнения должно выполняться соответственно одно из двух равенств:

$$\begin{aligned} \iiint_D x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) dx dy dz &= \iiint_D x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} F(x, y, z) dx dy dz, \\ \iint_S B_n^{\alpha,\beta,\gamma}[u] dS &= \iint_S \varphi(P) dS. \end{aligned}$$

С другой стороны, общеизвестно, что решение внутренней задачи Неймана для уравнения $H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) = 0$ (если оно существует) не единственно: если функция $u(x, y, z)$ решает задачу Неймана для сингулярного эллиптического уравнения $H_{\alpha,\beta,\gamma}(u) = 0$, то, как это мы докажем в этой работе, функция $u(x, y, z) + C$, где C – произвольная постоянная, решает ту же задачу. Теоремой единственности в данном случае является утверждение, по которому выражение $u(x, y, z) + C$ исчерпывает все решения этой задачи.

Теорема . Два решения внутренней задачи Неймана для уравнения (10) могут отличаться только на постоянное слагаемое.

Докажем эту теорему, предполагая границу ∂D_ε области D_ε регулярной.

Пусть внутренняя задача Неймана имеет два решения: u_1 и u_2 . Их разность $u = u_1 - u_2$ удовлетворяет соотношениям

$$\begin{aligned} x^{2\beta} \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} &= 0, \quad y^{2\beta} \frac{\partial u}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \\ z^{2\gamma} \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=0} &= 0, \quad B_n^{\alpha,\beta,\gamma}[u] \Big|_S = 0. \end{aligned}$$

К функции и области применим формулу Гаусса-Остроградского (см. равенства (7) и (8)):

$$\begin{aligned} \iiint_{D_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} [u_x^2 + u_y^2 + u_z^2] dx dy dz &= \iint_{S_\varepsilon} u B_n^{\alpha,\beta,\gamma}[u] dS_\varepsilon + \\ + \iint_{D_{1\varepsilon}} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} u \frac{\partial u}{\partial x} dD_{1\varepsilon} &+ \iint_{D_{2\varepsilon}} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} u \frac{\partial u}{\partial y} dD_{2\varepsilon} + \iint_{D_{3\varepsilon}} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} u \frac{\partial u}{\partial z} dD_{3\varepsilon}. \end{aligned} \tag{11}$$

Функция u непрерывна и, следовательно, ограничена в \bar{D} . В то же время величины

$B_n^{\alpha,\beta,\gamma}[u]$, $x^{2\alpha} \frac{\partial u}{\partial x}$, $y^{2\beta} \frac{\partial u}{\partial y}$ и $z^{2\gamma} \frac{\partial u}{\partial z}$ равномерно стремятся к нулю. Переходя в соотношении (11) к пределу при , получим

$$\iiint_D x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} [u_x^2 + u_y^2 + u_z^2] dx dy dz = 0.$$

Отсюда $u_x \equiv 0$, $u_y \equiv 0$, $u_z \equiv 0$, и, следовательно, $u(x, y, z) \equiv const$. Теорема доказана.

Существование решения внутренней задачи Неймана.

Существование решения поставленных смешанных задач докажем методом функции Грина. Для этого положим, что $a = b = c$ и $D_4 = S$ является $1/8$ часть сферы с центром в точке $O(0,0,0)$, радиусом $R = a$.

Пусть (x, y, z) – произвольная точка в R_3^+ , а $(x_0, y_0, z_0) \in R_3^+$ – некоторая фиксированная точка в R_3^+ .

Определение 1. Функцией Грина задачи для уравнения (10) называется функция $G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0)$, удовлетворяющая условиям:

(i) эта функция является регулярным решением уравнения (10) внутри области D , за исключением точки (x_0, y_0, z_0) ,

(ii) она удовлетворяет граничным условиям:

$$x^{2\alpha} \frac{\partial G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0)}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, (y, z) \in \bar{D}_1,$$

$$y^{2\beta} \frac{\partial G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0)}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, (x, z) \in D_2,$$

$$z^{2\gamma} \frac{\partial G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0)}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, (x, y) \in D_3,$$

$$B_n^{\alpha,\beta,\gamma} [G_0] \Big|_S = 0, (x, y, z) \in S,$$

(iii) она может быть представлена в виде:

$$G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0) = q_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0) + \mathcal{H}_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0),$$

где $q_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0)$ — фундаментальное решение уравнения (10), определяемое равенством [19]:

$$q_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0) = \frac{k_0}{r^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} F_A^{(3)} \left[\begin{matrix} \alpha + \beta + \gamma + \frac{1}{2}, \alpha, \beta, \gamma; \xi, \eta, \zeta \\ 2\alpha, 2\beta, 2\gamma; \end{matrix} \right],$$



a $\vartheta_\theta(x, y, z; x_0, y_0, z_0)$ — регулярное решение уравнения (10) в области D :

$$\vartheta_\theta(x, y, z; x_0, y_0, z_0) = -\left(\frac{a}{R_0}\right)^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma} q_0(x, y, z; \xi_\theta, \eta_\theta, \zeta_\theta),$$

$$\xi = \frac{r^2 - r_1^2}{r^2}, \quad \eta = \frac{r^2 - r_2^2}{r^2}, \quad \zeta = \frac{r^2 - r_3^2}{r^2};$$

$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2, \quad r_1^2 = (x + x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2,$$

$$r_2^2 = (x - x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (z - z_0)^2, \quad r_3^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z + z_0)^2.$$

$$R_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + z_0^2, \quad \xi_\theta = \frac{a^2}{R_0^2} x_0, \quad \eta_\theta = \frac{a^2}{R_0^2} y_0, \quad \zeta_\theta = \frac{a^2}{R_0^2} z_0,$$

$$k_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)\Gamma(\gamma)\Gamma(2\alpha + 2\beta + 2\gamma)}{\Gamma(2\alpha)\Gamma(2\beta)\Gamma(2\gamma)\Gamma(\alpha + \beta + \gamma)}.$$

Здесь $F_A^{(3)}$ – гипергеометрическая функция Лауричелла от трех переменных:

$$F_A^{(3)}(a, b_1, b_2, b_3; c_1, c_2, c_3; x, y, z) = \sum_{m,n,k=0}^{\infty} \frac{(a)_{m+n+k} (b_1)_m (b_2)_n (b_3)_k}{(c_1)_m (c_2)_n (c_3)_k} \frac{x^m y^n z^k}{m! n! k!}.$$

Пусть $(x_0, y_0, z_0) \in D$. Вырежем из области D шар малого радиуса ε центром в точке (x_0, y_0, z_0) и оставшуюся часть D обозначим через D_ε , а через C_ε – сферу вырезанного шара. Используя формулу (8), получим

$$\begin{aligned} & \iint_{C_\varepsilon} x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \left[u \frac{\partial G_1}{\partial n} - G_1 \frac{\partial u}{\partial n} \right] dS = \iint_{D_1} y^{2\beta} z^{2\gamma} v_1(y, z) G_0(0, y, z; x_0, y_0, z_0) dydz - \\ & - \iint_{D_2} x^{2\alpha} z^{2\gamma} v_2(x, z) G_0(x, 0, z; x_0, y_0, z_0) dx dz - \iint_{D_3} x^{2\alpha} y^{2\beta} v_3(x, y) G_0(x, y, 0; x_0, y_0, z_0) dx dy \\ & + \iint_S x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \varphi(x, y, z) G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0) dS. \end{aligned}$$

Далее, следуя работе [15] и учитывая элементарные соотношения

$$F_A^{(3)}(a, b_1, b_2, b_3; c_1, c_2, c_3; 0, y, z) = F_2(a, b_2, b_3; c_2, c_3; y, z),$$

$$F_A^{(3)}(a, b_1, b_2, b_3; c_1, c_2, c_3; x, 0, z) = F_2(a, b_1, b_3; c_1, c_3; x, z),$$

$$F_A^{(3)}(a, b_1, b_2, b_3; c_1, c_2, c_3; x, y, 0) = F_2(a, b_1, b_2; c_1, c_2; x, y, 0),$$

получим

$$u(x_0, y_0, z_0) = k_0 \iint_{D_1} y^{2\beta} z^{2\gamma} v_1(y, z) \left[\frac{F_2(\beta_0, \beta, \gamma; 2\beta, 2\gamma; \eta_{01}^{(x)}, \zeta_{01}^{(x)})}{X_1^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} - \right]$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \frac{F_2(\beta_0, \beta, \gamma; 2\beta, 2\gamma; \eta_{02}^{(x)}, \zeta_{02}^{(x)})}{Y_1^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} \right] dydz - \\
 & -k_0 \iint_{D_2} xz^{2\gamma} v_2(x, z) \left[\frac{F_2(\beta_0, \alpha, \gamma; 2\alpha, 2\gamma; \xi_{01}^{(y)}, \zeta_{01}^{(y)})}{X_2^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} - \frac{F_2(\beta_1, \alpha, \gamma; 2\alpha, 2\gamma; \xi_{02}^{(y)}, \zeta_{02}^{(y)})}{Y_2^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} \right] dx dz - \\
 & -k_0 \iint_{D_3} xy^{2\beta} v_3(x, y) \left[\frac{F_2(\beta_0, \alpha, \beta; 2\alpha, 2\beta; \xi_{01}^{(z)}, \eta_{01}^{(z)})}{X_3^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} - \frac{F_2(\beta_0, \alpha, \beta; 2\alpha, 2\beta; \xi_{02}^{(z)}, \eta_{02}^{(z)})}{Y_3^{1+2\alpha+2\beta+2\gamma}} \right] dx dy + \\
 & + \iint_S x^{2\alpha} y^{2\beta} z^{2\gamma} \varphi(x, y, z) G_0(x, y, z; x_0, y_0, z_0) dS + C, \tag{12}
 \end{aligned}$$

где $\beta_0 = \frac{1}{2} + \alpha + \beta + \gamma$, C – произвольная постоянная;

$$X_1^2 = x_0^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2, \quad X_2^2 = (x - x_0)^2 + y_0^2 + (z - z_0)^2,$$

$$X_3^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + z_0^2,$$

$$Y_1^2 = \left(a - \frac{yy_0}{a}\right)^2 + \left(a - \frac{zz_0}{a}\right)^2 + \frac{x_0^2 + z_0^2}{a^2} y^2 + \frac{x_0^2 + y_0^2}{a^2} z^2 - a^2,$$

$$Y_2^2 = \left(a - \frac{xx_0}{a}\right)^2 + \left(a - \frac{zz_0}{a}\right)^2 + \frac{y_0^2 + z_0^2}{a^2} x^2 + \frac{x_0^2 + y_0^2}{a^2} z^2 - a^2,$$

$$Y_3^2 = \left(a - \frac{xx_0}{a}\right)^2 + \left(a - \frac{yy_0}{a}\right)^2 + \frac{y_0^2 + z_0^2}{a^2} x^2 + \frac{x_0^2 + z_0^2}{a^2} y^2 - a^2,$$

$$\xi_{0i}^{(y)} = \xi_i|_{y=0}, \quad \xi_{0i}^{(z)} = \xi_i|_{z=0}, \quad \eta_{0i}^{(x)} = \eta_i|_{x=0}, \quad \eta_{0i}^{(z)} = \eta_i|_{z=0}, \quad \zeta_{0i}^{(x)} = \zeta_i|_{x=0}, \quad \zeta_{0i}^{(y)} = \zeta_i|_{y=0},$$

$$\xi_i = \sigma_i xx_0, \quad \eta_i = \sigma_i yy_0, \quad \zeta_i = \sigma_i zz_0, \quad i = 1, 2;$$

$$\sigma_1 = -\frac{4}{r^2}, \quad \sigma_2 = -\frac{8a^2}{R_0^2(Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 - a^2)}.$$

Здесь F_2 – гипергеометрическая функция Аппеля от двух переменных:

$$F_2(a, b_1, b_2; c_1, c_2; x, y) = \sum_{m, n=0}^{\infty} \frac{(a)_{m+n} (b_1)_m (b_2)_n}{(c_1)_m (c_2)_n} \frac{x^m y^n}{m! n!}.$$

Итак, мы доказали следующую теорему

Теорема 2. Внутренняя задача Неймана с граничными условиями (3) – (6) для уравнения (10) имеет бесчисленное множество решений и они представляются формулой (12).



Литература

1. Holmgren E. Sur un probleme aux limites pour l'equation $y^m z_{xx} + z_{yy} = 0$ // Arkiv for matematik, astronomi och fysik, 1927, v. 19 B, No.14. P. 1-3.
2. М.М.Смирнов, Вырождающиеся эллиптические и гиперболические уравнения. М.: Наука, 1966.
3. Agostinelli C. Integrazione dell'equazione differenziale $u_{xx} + u_{yy} + u_{zz} + x^{-1}u_x = 0$ e problema analogo a quello di Dirichlet per un campo emisferico // Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. 1937. 6(26). -P.7-8 (Italian).
4. Олевский М.Н. Решения задачи Дирихле, относящейся к уравнению $\Delta u + px_n^{-1}u_{x_n} = f$ для полусферической области // Докл. АН СССР. 1949. Т.64. 6. С. 767-770.
5. Келдыш М.В. О некоторых случаях вырождения уравнений эллиптического типа на границе области. ДАН СССР. 1951. Т.77. 1. С.181-183.
6. Ergashev T.G. The Dirichlet problem for with several singular coefficients. Electronic Journal of Analysis and Applied Mathematics, 2018, № 1, p.81 - 99.
7. Ergashev T. G., Hasanov A. Holmgren problem for elliptic equation with singular coefficients. Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki. 2020, № 32:3, P.159 - 175.
8. Эргашев Т.Г. Обобщенная задача Хольмгрена для эллиптического уравнения с несколькими сингулярными коэффициентами // Дифференциальные уравнения. 2020. Т.56. № 7. С.872-886. DOI: 10.1134/S0374064120070043.
9. Karimov E.T., Nieto J.J. The Dirichlet problem for a 3D elliptic equation with two singular coefficients//Computers and Mathematics with Applications, 2011, No.62. P. 214 - 224.
10. Salakhitdinov M.S., Karimov E.T. Spatial boundary problem with the Dirichlet-Neumann condition for a singular elliptic equation//Applied Mathematics and Computation, 2012, No.219. P.3469-3476.
11. Karimov E.T. On a boundary problem with Neumann's condition for 3D singular elliptic equations//Appl. Math. Lett., 2010, No.23. P.517-522.
12. Karimov E.T. A boundary-value problem for 3-D elliptic equation with singular coefficients//Progress in analysis and its applications, 2010. P.619-625.
13. Nieto J.J., Karimov E.T. On an analogue of the Holmdreen's problem for 3D singular elliptic equation//Asian-European J. of Math., 2012, v.5, No.2. P. 1 - 18.
14. Каримов Э.Т. О задаче Дирихле для трехмерного эллиптического уравнения с сингулярными коэффициентами. Доклады Академии наук Узбекистана, 2, 2010, 9-11.
15. Каримов Э.Т. Краевая задача для трехмерного эллиптического уравнения с сингулярными коэффициентами. Узбекский математический журнал, 2, 2012, 56-66.
16. Хасанов А. Об одной смешанной задаче для уравнения $sign y|y|^m u_{xx} + |x|^n u_{yy} = 0$. // Известия АН УзССР, серия физ.-мат. наук, 1982, 2, с. 28-32.
17. Тулакова З.Р. Смешанная задача для трехмерного сингулярного эллиптического уравнения. Научный вестник Наманганского государственного университета, 2023, № 7, с.44 - 51.
18. Tulakova Z.R. Mixed problem for the three-dimensional elliptic equation with the two singular coefficients. Scientific bulletin of Namangan State University. 2023, no. 11, pp. 43 - 48.

19. Hasanov A., Karimov E.T. Fundamental solutions for a class of three-dimensional elliptic equations with singular coefficients//Appl. Math. Lett. 2009, No.22. P.1828-1832.



Автор

Ахмеджонов Нодирбек

University of Management and
future technologies, nodirbek.
axmedjonov@bk.ru

Кафедры математики и физики
университета ALFRAGANUS

ОБСУЖДЕНИЕ ПЛЮСОВ И МИНУСОВ, РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МУЛЬТИМЕДИЙНОМУ ОБУЧЕНИЮ В МЕСТНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ШКОЛАХ И ВУЗАХ

Аннотация: Глобализация - неизбежная тенденция развития мультимедийного сетевого обучения. В нашем современном обществе мир подключен к Интернету; невероятно, что люди не могут использовать безграничную информацию через сеть кампуса, мультимедийный класс или отдельный мультимедийный компьютер без подключения к глобальной сети. Новый метод обучения, основанный на использовании Интернета, преодолевает ограничения, связанные с ограниченными ресурсами, расстояниями и размерами страны, и распространяет мультимедийный сетевой метод обучения по всему миру. Открытые виртуальные школы, Глобальный класс и ряд новых систем обучения быстро объединились.

Ключевые слова: Глобализация, мультимедийные технологии, мультимедийное обучение, интернет, обучение.



Copyright: © 2025 by the authors.

Ushbu maqola Creative Commons
Attribution (CC BY) litsenziyasi
shartlari asosida tarqatiladigan ochiq
foydalanish maqolasi hisoblanadi
([https://creativecommons.org/
licenses/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Введение

В последние годы наука и техника широко используются в обучении быстрыми темпами, и компьютерные мультимедийные технологии в этой ситуации являются просто процветающим современным методом обучения.

Мультимедийные технологии - это технологии, использующие компьютер для обработки текстовой информации, графики, изображений, звуков, анимации и видео с целью установления логических связей и взаимодействия между человеком и компьютером.

Мультимедийное обучение - это процесс обучения, при котором выбираются правильные методы и используются современные средства обучения в соответствии с целями обучения и особенностями учащихся посредством разработки инструкций, и в сочетании с традиционными методами обучения и разнообразной мультимедийной информацией для формирования рациональной структуры учебного процесса могут быть достигнуты прекрасные результаты обучения. Благодаря этим мультимедийным методам обучения тексты, графика, анимация, базы данных, аудио и другие мультимедийные сигналы объединены в единый объект с помощью серии гибких взаимодействий между человеком и компьютером в соответствии с запросами пользователя, а интерфейс является ярким и дружелюбным с очень удобной возможностью пропуска. Однако этот передовой метод обучения не будет работать должным образом при правильном использовании. В данной статье рассматриваются плюсы и минусы этого метода обучения, а также меры по его совершенствованию

Преимущества мультимедийного обучения

Вот преимущества мультимедийных методов обучения по сравнению с традиционными методами обучения:

- Традиционная модель обучения существует уже тысячи лет без особых изменений, появление мультимедиа побуждает преподавателей исследовать и разрабатывать новые средства обучения, чтобы улучшить методику преподавания и качество преподавания, чтобы освободить учителей от традиционной классной доски, учителям больше не нужно стоять на трибуне и выкрикивать скучные лекции вместе со студентами. сидите там без всякой страсти. Этот метод обучения улучшает интуитивность преподавания и вызывает у студентов энтузиазм в учебе.
- Мультимедийный метод обучения создает насыщенную, расслабляющую учебную среду для студентов. Он раскрывает многогранность содержания, разнообразную выразительность, стимулирует сенсорные способности студентов во многих отношениях и реализует ситуационный метод обучения, создавая приятную, яркую атмосферу для обучения



студентов. Таким образом, усталость и напряжение учащихся после занятий могут быть в некоторой степени устранены, так что интеллектуальные и неинтеллектуальные факторы учащихся могут взаимодействовать, способствуя общему развитию, и учащиеся могут учиться самостоятельно и активно в хорошем состоянии, тогда могут быть достигнуты лучшие результаты обучения.

- Мультимедийное обучение увеличивает время, затрачиваемое преподавателями на занятия, повышает качество контента и углубляет понимание и знание содержания учащимися. В то же время это является сложной задачей и для учителей, поскольку требует от них гораздо больше времени и усилий на планирование уроков и подготовку учебных пособий, чем традиционный метод обучения, и повышает качество как самих учителей, так и их преподавания.

- Мультимедийное обучение расширяет рамки и области преподавания. Традиционная модель обучения ориентирована на очную лекцию преподавателей и студентов или лекцию в небольшом классе, но при интенсивном занятии эффективность преподавания не может быть гарантирована. В то время как мультимедийное обучение может использоваться для обучения на больших площадях, в больших масштабах и дистанционно, это может облегчить преподавателям проведение интенсивных занятий и курсов и, следовательно, повысить эффективность преподавания.

- Мультимедийное обучение способствует внедрению двунаправленного обучения и повышению эффективности преподавания. При традиционном обучении учителям трудно общаться с каждым учеником, в то время как мультимедийное обучение позволяет в полной мере использовать преимущества интерактивной функции компьютера для практического применения двунаправленного обучения. Благодаря своевременной и высококачественной обратной связи с компьютером, осуществляемой через коммуникацию между человеком и компьютером, можно выявить ситуацию обучения каждого учащегося. Что касается знаний, то мультимедийное обучение может превратить абстрактные знания в конкретные, сложное - в простое, а трудное - в легкое. Компьютеры раскрывают суть некоторых необъяснимых проблем и затем повышают эффективность обучения.

1. Недостатки мультимедийного обучения

1.1. Чрезмерная зависимость от мультимедийного обучения

Некоторые учителя считают, что для содействия модернизации образования и реформированию модели преподавания компьютерное обучение является обязательным инструментом. Таким образом, независимо от реальной необходимости, учителя используют компьютер с начала урока до конца, они развивают традиционную модель обучения от зубрежки к зубрежке электронной модели. Педагоги и психологи считают, что, напротив,

чрезмерное использование компьютерных средств обучения в классе может отвлекать внимание учащихся, чем больше непреднамеренное внимание учащихся, тем больше нарушений в процессе передачи учебной информации, это бесполезно для получения учащимися информации.

1.2. Игнорировать субъективизм учащихся

Преподаватели играют ведущую роль в преподавательской деятельности, но студенты являются основной частью познавательной деятельности. Сам процесс обучения представляет собой учебную среду для взаимного взаимодействия и влияния между преподавателями и студентами, что способствует развитию познавательной деятельности. Несмотря на то, что мультимедиа могут предоставить огромный объем мультимедийной информации и превосходят традиционные методы обучения в передаче информации, они не могут достичь целей эмоционального обучения или заменить традиционное обучение, мультимедийное обучение делает атмосферу в классе скучной, отсутствие эмоционального взаимодействия и не позволяет вовлечь учащихся в самостоятельное обучение, поэтому эффективность обучения не может быть гарантирована.

1.3. Не обращайтесь к деталям содержания курса

Использование мультимедийного устройства может сделать изложение знаний более ясным, представимым и всеобъемлющим; однако это также может привести учителей к мысли о том, что нет необходимости добавлять дополнительные объяснения, примеры и выводы к всеобъемлющей, систематизированной и подробной информации, содержащейся в мультимедиа. На самом деле, определение, теорема, процесс расчета задачи, метод и техника расчета не могут быть четко и наглядно объяснены только с помощью мультимедийного учебного пособия. Вообще говоря, только изложение основного содержания урока не может заменить преподавателю конкретную иллюстрацию содержания. Благодаря учебному пособию учащиеся получают лишь общее представление о содержании без какого-либо глубокого понимания ключевых, сложных моментов, поэтому есть сомнения в том, что незнание содержания учебного пособия и конкретных объяснений преподавателя повлияет на качество преподавания.

1.4. Инверсия целей обучения

Чтобы удовлетворить интерес студентов, многие учебные материалы являются инновационными и динамичными, в них используются чрезмерно яркие цвета, картинки и анимация, предназначенные для отражения богатых, мощных функций и различных характеристик контента. Студенты в восторге от этих ярких аудиовизуальных учебных пособий, но фактические результаты могут быть не такими удовлетворительными. Благодаря разнообразию интерфейса, восприятие студентов может быть стимулировано и углублено



психологически, оно проявляется независимо от начального и среднего образования, отвлекает, а некоторые экраны даже становятся помехой при обучении. Эти изящные учебные пособия неосознанно принимают радость духа за конечную цель обучения и в конечном итоге влияют на эффективность преподавания.

2. Совершенствование методов мультимедийного обучения

2.1. Выбор методов обучения в соответствии с содержанием и целью обучения

При составлении планов преподавания учителям следует исходить из конкретного содержания и целей обучения, использование мультимедиа должно быть организовано научно в соответствии с написанием выводов, обсуждением в классе, экспериментальной работой и другими альтернативными средствами, обращать внимание на согласованность и интеграцию различных методов обучения, эффективно использовать это современное мультимедийное обучение. устройство.

2.2. Создавать отличные мультимедийные учебные пособия

Разнообразие методов создания мультимедийных учебных программ с использованием программных средств приводит к тому, что организация компоновки контента отличается друг от друга. Во-первых, текстовое представление контента учебных программ должно соответствовать объему контента и способам его выражения. Слишком много слов могут серьезно повлиять на качество учебного материала и интересы студентов, поэтому использование электронных учебных материалов без удаления какого-либо содержимого исходного текста не даст должного эффекта при обучении. При создании учебных пособий основные моменты, трудные и ключевые точки должны быть выделены специальным цветом и шрифтом, чтобы показать разницу, усилить воздействие визуальных эффектов и усилить впечатление в сознании студентов, тем самым повысив качество преподавания. Во-вторых, использование правильного графического цвета в мультимедийных учебных пособиях как и в традиционных учебных пособиях, макет электронного учебного пособия может иметь свои особенности и соответствовать отличительным особенностям преподавателей и особенностям курса, но цвета макета не должны быть слишком разнообразными, чтобы при различных вариантах выбора цвет и яркость были контрастными. не должно быть таким интенсивным.

2.3. Точное знание расписания занятий

При использовании мультимедийных учебных пособий в учебной деятельности преподаватели должны понимать ритм и время проведения лекции. Скорость воспроизведения учебного материала может быть скорректирована в соответствии с потребностями, но она должна соответствовать скорости работы преподавателей. По сути, непрерывное воспроизведение в режиме нон-стоп просто высвобождает контент за секунду, не заставляя студентов знакомиться с содержанием в том же ритме, что и студенты, так что

они не могут эффективно учиться. Даже тщательно продуманные, всесторонние и превосходные учебные материалы будут представлены только в виде мультимедиа без какого-либо понимания содержания, если скорость воспроизведения или ритм преподавания не будут подобраны должным образом.

2.4. Сочетание мультимедийного обучения с традиционным обучением

К традиционным средствам обучения относятся учебные доски, настенные диаграммы, модели, магнитофоны, проекторы слайдов, видеоманитофоны с их преимуществами. Традиционные обучающие средства просты в эксплуатации, удобны благодаря некоторым специальным функциям, таким как отображение натюрмортов, масштабирование объектов и функции трехмерного отображения слайдов, которые являются неустойчивыми функциями компьютера. В то же время, используя традиционные методы обучения, можно легко укрепить коммуникацию между учащимися и повысить их инициативность. Поэтому учителя должны сочетать мультимедийный метод обучения с традиционными методами обучения для достижения лучшего эффекта обучения.

2.5. Школам следует увеличить инвестиции в мультимедийное обучение

Школы должны предпринять усилия по совершенствованию как аппаратных, так и программных средств мультимедиа, созданию хорошо оборудованных мультимедийных классов и библиотек с полным набором ресурсов, учебных пособий. Профессиональные разработчики программного обеспечения могут объединить все элементы знаний по каждому контенту, чтобы сформировать небольшое независимое учебное пособие, и превратили это учебное пособие в библиотеку продуктов, чтобы преподаватели могли выбирать необходимое им учебное пособие в соответствии с реальной ситуацией из общей библиотеки учебных пособий, тем самым повышая эффективность и качество преподавания. Более того, школам необходимо направлять специально назначенных лиц для регулярной проверки и обновления мультимедийных классов, оборудования и библиотек учебных пособий, чтобы обеспечить поддержание мультимедийного обучения и управление им.

Заключение

Одним словом, компьютерное мультимедийное обучение - это своего рода учебное пособие для высших учебных заведений. Несмотря на стремительное развитие мультимедийного обучения, было разработано и успешно применяется большое количество мультимедийных учебных программ и разнообразных моделей обучения. Но в процессе разработки и использования системы есть некоторые недостатки. А именно - учащиеся по-прежнему пассивны в обучении, и они не могут ответить на вопросы в более глубоком смысле; они не могут точно определить причину неправильных ответов. При использовании



мультимедиа в обучении мы должны преодолевать недостатки и искать их преимущества, стремиться к их интеграции с традиционным методом обучения и учиться друг у друга для достижения лучшего результата обучения.

Литература

1. Research and practice on public elective courses teaching management in higher vocational colleges; Jinyue Gao Yin Tang Yiwang Wang Fengwen Cao; Dept. Of Comput. Eng., Suzhou Vocational Univ., Suzhou, China; 10.1109/ICEIT.2010.5607508; 2010.10
2. The teaching reform of CNC Machining and Programming Technology curriculum, an interactive approach based on the Internet; Tong Zhu, Jinyue Gao; Education for Chinese After-school; 2010.08
3. The experimental reform program of computer hardware courses - using the "Assembler Language Program Design" as the main line; Jinyue Gao; Journal of Suzhou Vocational University; 2006.02
4. Li Chuanshuang. Existing Problems and Strategies of Vocational College Quality Assessment. Huainan TAFE journal. 2009 (3).
5. Wenhui Dai, Ling Fan. "Discussion about the Pros and Cons and Recommendations for Multimedia Teaching in Local Vocational Schools" 2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering Physics Procedia 33 (2012) 1144 – 1148 doi:10.1016/j.phpro.2012.05.188



Management and Future Technologies

journal.umft.uz