

December, 2025

Volume 2, Issue 4



№ 008

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'tkirXamdorov
"University of Management and Future Technologies" universiteti rektori

Bosh muharrir

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

Tahririyat kengashi a'zolari

t.f.d., prof. XakimZaynidinov

t.f.d., prof. Muxammadjon Musayev
t.f.d., prof. Shavkat Fozilov
f-m.f.d. prof. Aripov Mersaid
f-m.f.d. prof. Aloev 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. Qurbonniyoz 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)
Muhiddin Umarov (O'zbekiston)
Urmanov Odil (J. Koreya)
Sobir Radjabov (O'zbekiston)

Dizayner

Abduraximov Dilshod

TEXNIKA FANLARI

Rahmatullayev Ilhom; Abduraximov Baxtiyor QO'LLANILISHI	6
Abdulxayev Nodirbek TASVIR ORQALI INSON YUZINI ANIQLASHDA ZAMONAVIY SUN'IY INTELLEKT ALGORITMLARINI TAHLIL QILISH VA UNING QO'LLANILISHIDAGI SAMARADORLIGINI ANIQLASH	14
A'zamov S.S. INTEGRATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR SUPPLIED FROM THE INDUSTRIAL POWER NETWORK INTO A RENEWABLE ENERGY SOURCE USING A SVG DEVICE	21
Azamjonov S.R. BRIDGE AND TUNNEL LIGHTING USING MODERN ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES	27
Muhamedieva D.K.; Naim N.A. EFFICIENTNETB0 ASOSIDAGI PNEVMONIYANI ANIQLASHNING OPTIMALLASHTIRILGAN CHUQUR O'RGANISH MODEL	33
Abduraxmonov Baxromjon; Xabibullaeva Shaxlo KOMBINATORIKA ELEMENTLARINING AXBOROT TEXNOLOGIYALARIDA QO'LLANILISHI HAQIDA	39
Mannobboyev Sh CHIGIT SARALASHDA ZAMONAVIY RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI QO'LLASH: MUAMMO VA TAHLIL	54
Muhammadiyeva Sh.T.; Umarov M.A. MIYA-KOMPYUTER INTERFEYSI TIZIMI TAHLILI	64
Mukhriddin Mukhiddinov; Khamdamov Utkir; Djuraev Oybek VISION-LANGUAGE MODELS IN MEDICAL IMAGING: FOUNDATIONS, ADVANCES, AND FUTURE DIRECTIONS	73
Kobuljon Ismanov; Alisher Mamatov; Said Maxanov SUN'IY INTELLEKT ETIKASI BO'YICHA XALQARO NAZARIY ME'YORLAR: TAMOYILLAR, MUAMMOLAR VA TA'LIM UCHUN TAVSIYALAR	89
Xusnidin Arzikulov; Zulfizar Orziqulova SMART GRID TIZIMLARIDA ENHAT ASOSIDAGI KOMMUNIKATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISH	102

- Haydarov Xumoyun
AI-BASED PREDICTIVE CONTROL AND OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PUMPING STATIONS: A DATA-DRIVEN APPROACH 115
-
- Яхшибаев Д.С.; Тургунов А.М.; Усмонов А.Х.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД 127
-
- Якубов Максадхон Султаниязович; Юлдашов Рахмон Хусанович
ФОРМИРОВАНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 133
-
- Ashrabxodjayeva N.A.; Umarov M.A.; Ramatov I.
TASVIRDA OBEKTLARNI TANIB OLIHDA YUZAGA KELADIGAN MUAMMOLAR VA ULARNI BARTARAF ETISHNING ZAMONAVIY YECHIMLARI 145
-
- Aripova M.X.; Ibragimova B.B.; Baymatova N.T.
MURAKKAB REV LARINI MODELLASHTIRISH MASALALARIDA INTELLEKTUAL USLUBLAR 152
-
- Усмонов А.Х.; Бегимов У.И.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ВОДОЗАБОРОВ В ДОЛИНАХ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ШИРИНЫ 158
-
- Odiljonova Rano; Bozorov Jasurbek
TASVIRLARDAN SHOVIQLARNI OLIV TASHLASHNING KLASSIK USULLARI ORQALI TASVIR SIFATINI OSHIRISH 166
-
- Zarmasov Elbek; Elov Jamshid; Kimsanboyev Nurillo
MASOFAVIY TA'LIM AXBOROT TIZIMIDA FAN KONTENTLARINI SHAKLLANTIRISHNING FUNKSIONAL IMKONIYATLARI 170
-
- Aminov shavkatjon
SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA IMO-ISHORA ANIQLASHNING NAZARIY ASOSLARI 176
-
- Qulmatov M.B.; Salimov J.I.; Ziyodullayev S.S.
SIGNALLARNI SILLIQLASHDA VOLTERRA 2-TUR TENGLAMASINI QO'LLANILISHI 182
-
- Umarov Muhridin; Umarov Xusniddin
IMKONIYATI CHEKLANGAN INSONLAR UCHUN SUN'IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN APPARAT-DASTURIY MAJMUA 189

Raxmonov N.N.; Turapov Sh.N.; Qodirov Jahongir; Anvarov Sh.S. KORPARATIV TARMOQ TRAFIGIDA SHUBHALI PAKETLARNI ANIQLASH ALGORITMI	199
Пардабаев С.Б.; Азимова З.Н. АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ КОД АНАЛИЗ	205
Rayimova Shaxnoza SUN'IY KO'PAYTIRISH ALGORITMLARINING TUR VA USULLARI	210
Oybek Mallaev , Jamoliddin Gazatov , Jaloliddin Aliyev AHOLI GEOLOKATSIYA MUROJAATLARINI GEOAXBOROT XARITALARIDA VIZUALIZATSIYA QILISH MODULI VA ALGORITMI	214
Xudayberganova Nargiza, Yo'ldasheva Bibihojar, Xudayberganov Temur E'LN QILINGAN MA'LUMOTLARNING STILISTIK VA LINGVISTIK XUSUSIYATLARI ASOSIDA INTERNET FOYDALANUVCHILARINI TANIB OLIH METODLARI	221



TEXNIKA FANLARI



OQIMLI SHIFRLARNI KRIPTOTAHILIL QILISHDA DEEP LEARNING METODLARINING QO‘LLANILISHI

Rahmatullayev Ilhom; Abduraximov Baxtiyor

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti doktoranti,
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti Samarqand filiali dotsenti
Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti "Amaliy matematika va kompyuter
tahlili" kafedrası professori, f.-m.f.d.
ilhom9001@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada oqimli shifrlash algoritmlarini kriptotahlil qilishda chuqur o'rganishga (deep learning) asoslangan yangi "qora quti" (black-box) yondashuvi taklif etiladi. Mazkur metodologiya shifrlagichning ichki tuzilmasi yoki matematik modellari haqidagi ma'lumotlarga tayanmasdan, faqat "Kalit-Keystream" juftliklariga asoslangan holda statistik og'ishlarni (bias) aniqlash imkonini beradi. Tadqiqotda RC4, RC4A, Trivium va TRIAD oqimli shifrlagichlari misolida 400 000 taga yaqin namunadan tashkil topgan katta hajmdagi dataset generatsiya qilinib, har bir keystream bayti uchun alohida chuqur o'rganish modeli tayyorlandi. Eksperimental natijalar RC4 algoritmidagi ikkinchi chiqish bayti bo'yicha bashorat ehtimoli tasodifiy qiymat ($1/256 \approx 0.0039$) dan ikki baravar yuqori ekanini ko'rsatdi, bu esa mazkur baytda mavjud bo'lgan klassik biasning chuqur o'rganish modeli tomonidan ham aniqlanishini tasdiqlaydi. Boshqa shifrlagichlar — RC4A, Trivium va TRIAD — bo'yicha kuzatilgan bashorat ehtimollari tasodifiy taqsimotga yaqin bo'lib, ularda sezilarli strukturaviy og'ish mavjud emasligi aniqlangan. Taklif etilgan yondashuvning afzalligi shundaki, u murakkab statistik tahlillarni talab qilmaydi, avtomatlashtirilgan holda biaslarni aniqlaydi va yangi avlod oqimli shifrlagichlar xavfsizligini baholashda samarali vosita sifatida qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: Oqimli shifrlash, Kriptotahlil, Deep Learning, RC4, RC4A, Trivium, TRIAD, Keystream, Bias, Neyron tarmoqlar, Supervised Learning, Softmax, Adam Optimizer, Dataset, Black-Box tahlil, Statistik og'ish, Chuqur o'rganish arxitekturasi, Machine Learning asosidagi kriptotoanaliz.

Kirish

An'anaviy kriptotoanaliz usullari odatda oddiy ma'lumot (plaintext), kalit va tegishli shifr matni (ciphertext) o'rtasidagi murakkab chiziqsiz bog'lanishlarni tavsiflovchi akslantirishlarni keng qamrovda tahlil qilishni talab qiladi[1]. Bunday akslantirishlarni ifodalovchi funksiyalar, qoida tariqasida, yuqori darajadagi chiziqsizlikka ega bo'lib, ularning analitik tahlili ham matematik, ham hisoblash nuqtai nazaridan juda murakkab jarayonni tashkil etadi. Natijada kriptotoanalitik hujumlarni loyihalash ko'p hollarda chuqur nazariy bilim, ko'p bosqichli modellashtirish va katta hisoblash resurslarini talab qiladi[2].

So'nggi yillarda chuqur o'rganish (deep learning) algoritmlarining rivojlanishi va GPU/TPU kabi yuqori unumli hisoblash vositalarining ommalashuvi shifr ma'lumotlarini qayta ishlanmagan (raw) ko'rinishda tahlil qilish uchun sifat jihatidan yangi imkoniyatlar ochib berdi. Shifrlashning asosiy tamoyillaridan biri — chiqish oqimiga maksimal darajada tasodifiylik kiritish, ya'ni keystream yoki shifr matnida kriptotoanalitik foydalanishi mumkin bo'lgan hech qanday sezilarli strukturaviy yoki statistik bog'lanishlarning mavjud bo'lmasligini ta'minlashdir. Shu nuqtai nazardan qaraganda,

xom shifr ma'lumotlarini to'g'ridan-to'g'ri tahlil qilish orqali tasodifiylikdan eng kichik og'ishlarni aniqlash alohida ahamiyat kasb etadi[3].

Chuqur o'rganish algoritmlarining an'anaviy mashinaviy o'qitish usullaridan asosiy farqlaridan biri — ular uchun oldindan alohida xususiyatlarni (feature) qo'lda tanlash yoki ajratish talab etilmaydi. Buning o'rniga, neyron tarmoqlar kirish ma'lumotlarini qatlam-qatlam qayta ishlash orqali kerakli tasvirlashlarni (representations) o'zlari o'rganadi. Shuning uchun deep learning yondashuvi shifr ma'lumotlaridagi nozik statistik tuzilmalarning avtomatik ravishda "kashf etilishi" uchun tabiiy vosita sifatida qaralishi mumkin.

Ushbu g'oya va deep learning arxitekturalarining shifr ma'lumotlariga mos kelishi haqidagi taxmin asosida oqimli shifrlarda (stream ciphers) "qora quti" (black-box) tahlil modeli doirasida bias — ya'ni tasodifiylikdan chetlanishlarni aniqlash uchun chuqur o'rganish usullarini qo'llash taklif etiladi. Taklif qilinayotgan yondashuvning maqsadi — oqimli shifrlagich tomonidan generatsiya qilinadigan keystream'ning ma'lum bir pozitsiyasidagi chiqish bit/baytining sodir bo'lish ehtimolini bashorat qilishdir. Agar model tasodifiy tizim uchun kutiladigan 1/2 yoki 1/256 ehtimoldan sezilarli darajada yuqori aniqlik bilan bashorat qila olsa, ushbu pozitsiyada statistik og'ish mavjud, deb baholanadi[4].

Mazkur yondashuv RC4 va uning yaxshilangan varianti RC4A oqimli shifrlagichlari ustida sinovdan o'tkazildi, shuningdek, zamonaviy yengil oqimli shifrlardan bo'lgan Trivium va TRIAD uchun ham qo'llab ko'rildi. Eksperimental natijalar taklif etilgan model RC4 keystream'ining ayrim baytlarida mavjud bo'lgan biaslarni muvaffaqiyatli aniqlashini, biroq RC4A, Trivium va TRIAD oqimlari uchun bunday sezilarli og'ishlar kuzatilmasligini ko'rsatdi. Shu jihatdan, chuqur o'rganishga asoslangan yondashuv RC4 ning zaif tomonlarini identifikatsiya qilishda an'anaviy statistik tahlil hamda ehtimollik modellari asosidagi ishlarga mantiqan mos keladigan, ammo tuzilish jihatidan soddaroq va avtomatlashtirilgan alternativ usul sifatida namoyon bo'ladi[5].

Umuman olganda, deep learning asosidagi bunday "qora quti" kriptotahlil modeli oqimli shifrlagichlarning keystream sifatini baholash, yashirin biaslarni aniqlash va yangi avlod yengil kriptografik algoritmlar dizaynida xavfsizlik mezonlarini tekshirish uchun istiqbolli yo'nalish sifatida qaralishi mumkin[6].

II. Asosiy qism

Oqimli shifrlash algoritmlarini kriptotahlil qilish uchun chuqur o'rganishga (deep learning) asoslangan metod taklif etiladi. Ushbu metodning asosiy maqsadi - oqimli shifrlar tomonidan generatsiya qilinadigan kalit oqimida (keystream) yuzaga keladigan ehtimoliy og'ishlarni (bias) aniqlashdir. Taklif etilayotgan algoritmnining bosqichma-bosqich tafsiloti quyidagicha:

0. Dastlabki parametrlar quyidagicha belgilansin:

a) Boshlang'ich kalit: K

b) Boshlang'ich holat: S

c) Kalit oqimi: KS

(Qora quti - *black-box* - ssenariysida S ning o'zgarish jarayoni noma'lum hisoblanadi.)

1. Boshlang'ich kalit K quyidagicha ifodalanadi:

$$K = (k_1, k_2, \dots, k_n)$$

bu yerda n - kalit uzunligi (baytlarda).

2. K ni kirish sifatida berib, oqimli shifrlash algoritmini ishga tushiriladi va natijada KS kalit oqimi hosil qilinadi.



3. 1- va 2-bosqichlar N ta turli qiymatdagi K uchun takrorlanadi va natijada N ta “Kalit – Keystream” juftliklari ($K - KS$) to‘plami hosil qilinadi.

4. Hosil qilingan barcha N ta juftlikdan iborat ma’lumotlar to‘plami (dataset) yaratiladi.

5. Dataset ikki qismga ajratiladi:

O‘quv (Training) to‘plami - 80%

Test to‘plami - 20%

6. Deep learning tarmog‘iga kirish sifatida K beriladi, chiqish (target) sifatida esa KS ning 1-bayti olinadi.

7. O‘quv to‘plami yordamida neyron tarmoqni o‘qitib, chuqur o‘rganish modeli yaratiladi.

8. Test to‘plamida modelni tekshiriladi va modelning KS ning 1-baytini bashorat qilish ehtimolligi qayd etiladi.

9. 6–8-bosqichlar KS ning 2-, 3-, 4-, ... baytlari uchun ham takrorlanadi.

10. Agar KS ning i -bayti uchun modelning bashorat ehtimoli $1/256$ (≈ 0.0039) qiymatidan sezilarli darajada yuqori bo‘lsa, unda ushbu i -bayt og‘ishga ega deb baholanadi. Aks holda, u tasodifiy (random) hisoblanadi.

Taklif etilgan metodologiya asosida oqimli shifrlagichlarning tahlili

Yuqorida bayon etilgan eksperimental sozlamalar RC4 algoritmini kriptotahlil qilishda quyidagi parametrlar bilan qo‘llanildi:

Boshlang‘ich kalit uzunligi (n) = 5 bayt

Namunalar soni / juftliklar (N) = 400 000

Tajriba RC4 tomonidan hosil qilingan kalit oqimining 1-, 2-, 3-, 4-, ... baytlarini bashorat qilishga qaratilgan. Ma’lumki, RC4 o‘zgaruvchan uzunlikdagi boshlang‘ich kalitdan (odatda 5–256 bayt oralig‘ida) foydalanadi va natijada baytma-bayt psevdotasodifiy keystream generatsiya qiladi.

Bizning tajriba muhitimizda kirish kaliti 5 bayt qilib belgilandi va 400 000 ta “initial key – keystream” juftligi yaratildi. RC4ning holat vektori (State Vector) yoki boshlang‘ich holati (Initial State), boshlang‘ich kalit asosida tashkillashtirilib, keyinchalik muntazam yangilanishlar orqali keystream hosil qiladi. Tajribada holat vektori uzunligi 256 qilib olingan.

Ta’kidlash lozimki, o‘zgaruvchan boshlang‘ich kalit - kirish, keystreamning j -bayti esa - chiqish (target) sifatida qabul qilinadi.

RC4 uchun chuqur o‘rganishga asoslangan bashorat modeli

Birinchi bosqichda neyron tarmoq RC4 keystreamining birinchi baytini bashorat qilish uchun sozlandi. Har bir namunada:

5 baytli kalit - kirish qatlamidagi 5 ta neyron,

keystreamning birinchi bayti - chiqish neyroni

sifatida berildi.

Misol: Agar boshlang‘ich kalit: 0xEB 9F 72 AE 1C

va generatsiya qilingan keystream: 0xBB F3 16 E8 D9 40 AF 0A D3... bo‘lsa, unda:

Kirish neyronlari: EB, 9F, 72, AE, 1C

Chiqish (target): BB

Jami	400 000	juftlikdan	iborat	dataset	hosil	qilindi.
------	---------	------------	--------	---------	-------	----------

U quyidagicha ajratildi:

80% (320 000) - o‘quv to‘plami

20% (80 000) - test to‘plami

Model quyidagi arxitekturadan iborat bo'ldi:

7 ta zich (*dense*) qatlam, har birida 10 ta neyron

Aktivatsiya funksiyasi: *ReLU*

Chiqarish qatlami: 256 neyron, aktivatsiya: *Softmax*

Optimizer: *Adam*

Yo'qotish funksiyasi: *categorical_crossentropy*

Loss - haqiqiy qiymat bilan bashorat orasidagi xatolik darajasini bildiradi. Adam optimizatori zamonaviy chuqur o'qitish amaliyotida juda keng qo'llaniladi. *Categorical crossentropy* esa ko'p sinfli klassifikatsiya masalalarida qo'llaniladigan standart yo'qotish funksiyasidir.

Natijalar

Taklif etilgan usul uchun ishlab chiqilgan dastur Google Colab muhitida amalga oshirildi. Colaboratory (qisqacha Colab) — Google tomonidan taqdim etiluvchi bepul bulutli xizmat bo'lib, u Jupyter Notebook muhiti asosida ishlaydi va masalalarni hal qilish uchun zarur bo'lgan kodlarni ishlab chiqishda GPU va TPU kabi hisoblash resurslaridan foydalanish imkonini beradi. Shuningdek, u PyTorch, TensorFlow va Keras kabi mashhur kutubxonalar yordamida chuqur o'rganish (deep learning) algoritmlarini yaratishni qo'llab-quvvatlaydi[7-9].

Eksperimentning asosiy maqsadi - boshlang'ich kalit ma'lum bo'lgan sharoitda RC4 oqimli shifrining chiqish keystream baytlarini bashoratlaydigan chuqur o'rganish modelini yaratishdan iborat. Taklif etilgan usulni tasdiqlash uchun keystreamning dastlabki 10 bayti uchun alohida 10 ta chuqur o'rganish modeli qurildi. 1-jadvalda eksperimental natijalar keltirilgan.

Har bir modelni o'qitish uchun 400 000 ta namunadan (kirish–chiqish juftliklaridan) foydalanildi, chunki aynan shu hajmdagi ma'lumotlar bilan bashoratlash ehtimollari barqaror kuzatildi. Ushbu miqdordagi ma'lumotlar uchun Google Colab'da GPU rejimida kodning o'rtacha bajarilish vaqti 16 soniyani tashkil etdi. Kamroq namunalar bilan ham eksperimentlar o'tkazildi va model 30 000 ta namunagacha ma'qul bashorat ko'rsatkichlarini saqlab qoldi. Ammo bu holatda natijalar barqaror bo'lmadi.

1-Jadval.

5 baytli kirish kaliti uchun RC4 keystreamidagi chiqish baytlari bo'yicha bashorat ehtimolligi

RC4 kalit oqimi bayt pozitsiyasi	O'qitish aniqligi (Trening ma'lumotlari bo'yicha bashorat ehtimoli)	Sinov aniqligi (Test ma'lumotlari bo'yicha bashorat ehtimoli)
1	0.0040	0.0040
2	0.0079	0.0073
3	0.0040	0.0040
4	0.0041	0.0040
5	0.0040	0.0039
6	0.0040	0.0042
7	0.0040	0.0039
8	0.0039	0.0042
9	0.0040	0.0040
10	0.0040	0.0040



Nazariy jihatdan, agar yaxshi loyihalangan oqimli shifr tasodifiy keystream hosil qilsa, u holda keystreamning istalgan chiqish bayti qiymatini tasodifdan yaxshiroq aniqlik bilan bashorat qilishning iloji bo'lmaydi. Ya'ni, har bir qiymat (0–255 oralig'idagi) teng ehtimollik - $1/256$ (0,0039) bilan paydo bo'lishi kerak.

Shu kabi, RC4 haqiqiy tasodifiy keystream hosil qilganida, hech bir usul keystreamning biror baytini $1/256$ dan sezilarli darajada yuqori ehtimollik bilan bashorat qila olmagan bo'lardi. Eksperimental natijalar shuni ko'rsatdiki, chuqur o'rganish modeli uchun ikkinchi chiqish bayti sezilarli darajada yuqori ehtimollik - $1/128$ (0,0073) bilan bashorat qilinmoqda. Aksincha, boshqa baytlar bo'yicha model tasodifiy holatdagi ehtimollikdan yaxshiroq bashoratga erisha olmadi va bu ehtimollik $1/256$ atrofida kuzatildi.

Boshqacha aytganda, model boshlang'ich kalit bilan keystreamning ikkinchi bayti o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlab, aynan shu baytda mavjud og'ishni (bias) o'rganishga muvaffaq bo'ldi. Bu holat RC4 keystreamining ikkinchi bayti uchun bias mavjudligini ko'rsatib, ayrim qo'llanmalarda amaliy «faqat shifratn asosida - ciphertext-only» hujumlarini amalga oshirishga imkon yaratishi mumkin.

Eksperiment boshqacha uzunlikdagi boshlang'ich kalitlar (8, 16, 24 va 32 bayt) bilan ham takrorlandi. Har bir holatda xuddi shunday natijalar olindi - model faqat ikkinchi bayt bo'yicha $1/128$ atrofida og'ishlarni o'rgana oldi, qolgan baytlar uchun bashorat ehtimoli taxminan $1/256$ bo'lib qoldi. Bu esa RC4 keystreamining ushbu baytlari uchun kutilgan tasodifiylik darajasiga mos keladi.

RC4 oqimli shifri bo'yicha umumiy eksperimental natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Jadval 2. RC4 gammalash oqimidagi chiqish baytlari uchun bashorat ehtimolligi (turli uzunlikdagi kalit baytlari bo'yicha)

Kalit uzunligi (bayt)	1-bayt	2-bayt	3-bayt	4-bayt	5-bayt	6-bayt	7-bayt	8-bayt	9-bayt	10-bayt
5	0.0040	0.0079	0.0040	0.0041	0.0040	0.0040	0.0040	0.0039	0.0040	0.0040
8	0.0039	0.0079	0.0041	0.0037	0.0046	0.0038	0.0041	0.0035	0.0038	0.0042
16	0.0040	0.0077	0.0039	0.0042	0.0033	0.0042	0.0042	0.0038	0.0036	0.0042
24	0.0041	0.0075	0.0042	0.0041	0.0040	0.0042	0.0036	0.0044	0.0035	0.0041
32	0.0043	0.0075	0.0038	0.0038	0.0038	0.0038	0.0037	0.0039	0.0038	0.0036

RC4A oqimli shifri uchun ham xuddi shunday tajribalar amalga oshirildi. Ushbu tajribalar natijalari 3-jadvalda keltirilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, RC4A oqimli shifri mualliflarining da'vosi - RC4 algoritmidagi ikkinchi chiqish baytida kuzatiladigan og'ishni bartaraf etganliklari - to'liq tasdiqlanadi. Trivium va TRIAD oqimli shifrlari bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda esa olingan aniqlik darajasi tasodifiy ehtimollikka juda yaqin bo'ldi. Ushbu ikki shifr bo'yicha sezilarli xulosa kuzatilmagani sababli, natijalar bu yerda keltirilmadi.

3-jadval.

5 baytli kirish maxfiy kalitlar uchun RC4 oqimida turli chiqish baytlari pozitsiyalari bo'yicha taxmin ehtimoli

RC4 oqimida bayt pozitsiyasi	Trening aniqligi (Trening ma'lumotlari uchun taxmin ehtimoli)	Test aniqligi (Test ma'lumotlari uchun taxmin ehtimoli)
1	0.0040	0.0042
2	0.0044	0.0037
3	0.0041	0.0046
4	0.0042	0.0040
5	0.0048	0.0033
6	0.0049	0.0046
7	0.0041	0.0036
8	0.0044	0.0044
9	0.0039	0.0037
10	0.0044	0.0041

Mantin va Shamir tomonidan RC4 shifrining kalit oqimi bo'yicha batafsil statistik tahlil o'tkazilgan. Ularning natijalariga ko'ra, agar boshlang'ich permutatsiya tasodifiy tanlansa, RC4 keystreamining ikkinchi bayti nol bo'lish ehtimoli nazariy kutilganga nisbatan qariyb ikki baravar yuqori. Paul va Praneel tomonidan amalga oshirilgan chuqur tahlillar natijasida RC4 keystream generatorining birinchi va ikkinchi chiqish baytlaridagi yangi statistik bias aniqlangan [10-12]. Pudovkina esa birinchi va ikkinchi baytlarning taqsimotidagi og'ishlarni ayrim bir xillik (uniformity) taxminlari asosida analitik ravishda aniqlashga uringan.

4-jadval.

RC4ning zaif tomonlarini aniqlash bo'yicha turli usullarni yondashuv va kuzatishlar nuqtai nazaridan solishtirma tahlili

Tahlil turi	Kuzatish	Manba
Statistik tahlil	RC4ning ikkinchi chiqish so'zi 0 bo'lish ehtimoli taxminiy ehtimoldan deyarli ikki barobar ko'p. Boshqa chiqish so'zlari esa bir xil taqsimlangan	[26]
Statistik tahlil	RC4ning birinchi ikki chiqish so'zi teng bo'lish ehtimoli sezilarli darajada kutilgan ehtimoldan kam	[19]
To'liq ehtimollik modeli	RC4ning birinchi va ikkinchi chiqish qiymatlari hamda digraflar taqsimoti bir xil emas	[27]
Chuqur o'rganish (Deep learning) usuli	RC4ning ikkinchi chiqish so'zi uchun taxmin ehtimoli kutilgan ehtimoldan deyarli ikki barobar ko'p. Boshqa chiqish so'zlari uchun taxmin ehtimoli bir xil taqsimotga mos keladi	Ushbu ish



Xulosa

Ushbu tadqiqotchilar tomonidan qo‘llangan usullar, shuningdek bizning yondashuvimiz va ularga mos kuzatuvlar 4-jadvalda ko‘rsatilgan. RC4 va boshqa oqimli shifrlardagi biaslarni aniqlashga doir ko‘plab tadqiqotlar muayyan farazlar asosida olib borilgan bo‘lib, ular, asosan, keystreamning ehtimollik taqsimotini qo‘lda hisoblashga tayangan. Bunday yondashuvlar shifr ichki tuzilmasini juda chuqur tahlil qilishni talab etgan.

Aksincha, taklif etilayotgan yondashuv biasni aniqlash uchun oldindan hech qanday farazlar, murakkab matematik yoki statistik usullarni talab qilmaydi. U faqat oqimli shifr algoritmining kirish va chiqish juftliklarini olish va ularni chuqur o‘rganish (deep learning) modeliga uzatishni talab qiladi. Shuning uchun taklif etilgan deep learning asosidagi usul biasni aniqlash nuqtai nazaridan oqimli shifrlarni kriptotahlil qilishning ancha sodda va samarali yo‘lini taqdim etadi, deb xulosa qilish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Maghrebi, H.; Portigliatti, T. & Prouff, E. Breaking cryptographic implementations using deep learning techniques. In Proceedings of the International Conference on Security, Privacy, and Applied Cryptography Engineering, Springer, Cham, 2016, pp. 3-26. doi: 10.1007/978-3-319-49445
2. Hochreiter, S. The vanishing gradient problem during learning recurrent neural nets and problem solutions. *J. of Uncertain. Fuzziness Knowl.-based Systems*, 6(02), 1998, pp. 107–116. doi: 10.1142/s0218488598000094
3. Jarrett, K.; Kavukcuoglu, K.; Ranzato, M.A. & LeCun, Y., September. What is the best multi-stage architecture for object recognition?. In Proceedings of the international conference on computer vision, IEEE. 2009, pp. 2146- 2153. doi: 10.1109/iccv.2009.5459469
4. Brownlee, J. Long Short-term Memory Networks with Python: Develop Sequence Prediction Models with Deep Learning. *Machine Learning Mastery*, 2017.
5. Paul, S. & Preneel, B. A New Weakness in the RC4 Keystream Generator and an Approach to Improve the Security of the Cipher. In Proceedings of the International Workshop on Fast Software Encryption, 2004, February, pp. 245-259. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-2
6. De Canniere, C. & Preneel, B. Trivium. In New stream cipher designs. 2008, pp. 244-266. Springer, Berlin, Heidelberg.
7. Isobe, S.T., Meier, W. and Zhang, B., TRIAD v1., <https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/LightweightCryptography/documents/round-1/spec-doc/TRIADspec.pdf>, accessed on 01 Feb 2021.
8. Robshaw, M. The eSTREAM project. In New Stream Cipher Designs. 2008. pp. 1-6. Springer, Berlin, Heidelberg.
9. McKay, K., Bassham, L., Sönmez Turan, M. ^ Mouha, N. Report on lightweight cryptography (No. NIST Internal or Interagency Report (NISTIR) 8114 (Draft)). 2016, National Institute of Standards and Technology.
10. Bonner, A. Getting started with google colab. [https:// towardsdatascience.com](https://towardsdatascience.com), 2019 [Accessed on 07 Aug 2020].
11. Erickson, B.J.; Korfiatis, P.; Akkus, Z.; Kline, T. & Philbrick, K. Toolkits and libraries for deep learning. *J. of Digital Imaging*, 2017, 30(4), pp. 400-405. doi: 10.1007/s10278-017-9965-6



12. Mantin, I. & Shamir, A. A practical attack on broadcast RC4. In International workshop on fast software encryption, 2001, April, pp. 152-164. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/3-540-45473-x_13



TASVIR ORQALI INSON YUZINI ANIQLASHDA ZAMONAVIY SUN'IY INTELLEKT ALGORITMLARINI TAHLIL QILISH VA UNING QO'LLANILISHIDAGI SAMARADORLIGINI ANIQLASH

Nodirbek Abdulxayev

Kommunikatsiya va axborot texnologiyalar kafedrası, "University of management and future technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston; abdulxayev.nodirbek@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola tasvir orqali inson yuzini aniqlash sohasida zamonaviy sun'iy intellekt (SI) algoritmlarining tahliliga bag'ishlangan. Maqolada MTCNN, RetinaFace, YOLO Face, ArcFace (embedding) va 3D Alignment kabi algoritmlar batafsil ko'rib chiqiladi. Ularning arxitekturasi, afzalliklari, kamchiliklari, qo'llanish sohalari va birgalikda ishlatilish samaradorligi ilmiy asosda tahlil qilinadi. Kirish qismida yuz aniqlashdagi mavjud muammolar, asosiy qismida algoritmlar va ularning yechim usullari, shuningdek, solishtirish jadvali keltirilgan. Takliflar va xulosa qismlarida kelajakdagi rivojlanishlar muhokama qilinadi. Maqola ilmiy manbalar asosida tayyorlangan bo'lib, SI algoritmlarining qo'llanilishidagi samaradorligini aniqlashga yordam beradi.

Kalit so'zlar: Yuz aniqlash, sun'iy intellekt, MTCNN, RetinaFace, YOLO Face, ArcFace embedding, 3D face alignment, kompyuterli ko'rish, real-time qo'llanish, samaradorlik tahlili.

Kirish

Zamonaviy dunyoda tasvir orqali inson yuzini aniqlash texnologiyalari xavfsizlik, tibbiyot, marketing va ijtimoiy tarmoqlar kabi sohalarda keng qo'llanilmoqda. Biroq, bu jarayonda bir qancha muammolar mavjud. Birinchi navbatda, yorug'lik sharoitlarining o'zgarishi (masalan, quyosh nuri yoki qorong'ulik) yuzni aniqlash aniqligini pasaytirishi mumkin, chunki tasvirdagi kontrast va ranglar buziladi. Ikkinchi muammo - yuzning pozitsiyasi va burchagi: yuz frontal bo'lmaganda (masalan, profil yoki yuqori-past burchaklar) algoritmlar xato qilishi mumkin. Uchinchisi, okklyuziya (yuzning qismi yopiq bo'lishi, masalan, niqob, ko'zoynak yoki soch) va kichik yuzlar (masalan, olis masofadagi tasvirlarda) aniqlashni qiyinlashtiradi. Shuningdek, real-time qo'llanishlarda (video oqimlarida) tezlik va resurslarning cheklanganligi muammo yaratadi. Bu muammolarni hal qilish uchun zamonaviy SI algoritmlari, masalan, RetinaFace, YOLO Face, ArcFace embedding, 3D face alignment hamda konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) asosidagi modellar ishlab chiqilgan. Ushbu maqola ushbu algoritmlarni tahlil qilish va ularning samaradorligini baholashga bag'ishlangan.

Adabiyotlar tahlili

Tasvir orqali inson yuzini aniqlash texnologiyalari bugungi kunda sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish sohasining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Inson yuzi biologik jihatdan noyob bo'lib, u shaxsni aniqlash va farqlash uchun ishonchli biometrik belgi vazifasini bajaradi. Shu sababli yuzni aniqlash texnologiyalari ko'plab amaliy sohalarda keng qo'llanilmoqda [1].

Avvalo, xavfsizlik va biometrik identifikatsiya tizimlarida yuzni aniqlash shaxsni tasdiqlash, noqonuniy kirishlarning oldini olish va jamoat joylarida monitoring olib borish imkonini beradi. Bank tizimlarida va raqamli to'lov platformalarida yuz orqali autentifikatsiya firibgarlik holatlarini kamaytiradi.

Shuningdek, kamerada yuzni aniqlash texnologiyasi qulay va tezkor autentifikatsiya vositasi sifatida xizmat qiladi. Aqlli shaharlar, transport nazorati, aeroport va chegara punktlarida ushbu texnologiya odamlar oqimini samarali boshqarish imkonini yaratadi.

Tibbiyot sohasida yuzni aniqlash bemorlarni identifikatsiya qilish, genetik yoki nevrologik kasalliklarni aniqlashda yordam beradi. Ijtimoiy tarmoqlarda esa yuzni aniqlash avtomatik belgilash, kontentni tartiblash va foydalanuvchi tajribasini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi[2].

Hozirgi kundagi inson yuzini aniqlashdagi kamchiliklar:

Yuqori rivojlanish darajasiga qaramasdan, inson yuzini tasvir orqali aniqlash texnologiyalari hanuz bir qator muammolarga duch kelmoqda.

Birinchiidan, yoritilish sharoitlarining o'zgaruvchanligi yuzni aniqlash aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Juda kuchli yoki yetarli bo'lmagan yorug'lik yuz xususiyatlarining yo'qolishiga olib keladi[3].

Ikkinchiidan, yuzning burilishi (pose variation) muammosi mavjud. Old tomondan qaralmagan, yon yoki yuqoridan olingan tasvirlarda algoritmlar yuzni noto'g'ri aniqlashi yoki umuman topa olmasligi mumkin.

Uchinchi muammo - qisman yopilish (occlusion) holatlari. Tibbiy niqoblar, ko'zoynaklar, soqol, bosh kiyimlar yoki boshqa obyektlar yuzning muhim qismlarini berkitib qo'yadi va aniqlashni murakkablashtiradi[5].

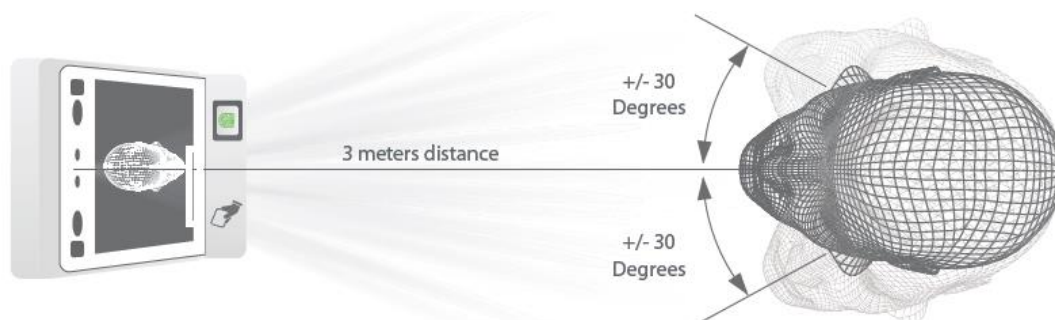
To'rtinchiidan, mimika va yuz ifodalarining o'zgarishi ham algoritmlar uchun muammo tug'diradi. Kulish, jahllanish yoki boshqa ifodalar yuz geometriyasini vaqtincha o'zgartiradi.

Beshinchiidan, tasvir sifati pastligi (past aniqlik, shovqin, xiralashuv) aniqlash aniqligini keskin pasaytiradi. Ayniqsa, kuzatuv kameralaridan olingan uzoq masofali tasvirlarda bu muammo yaqqol namoyon bo'ladi.

Shuningdek, real vaqt talablari va hisoblash resurslarining cheklanganligi ham muhim kamchiliklardan biridir. Yuqori aniqlikka ega algoritmlar ko'pincha katta hisoblash quvvatini talab qiladi, bu esa mobil va IoT qurilmalarda qo'llashni qiyinlashtiradi[4].

Yana bir muhim masala - ma'lumotlar to'plamidagi nomutanosiblik. Ayrim irq, yosh yoki jins guruhlari yetarli darajada ifodalanmagan bo'lsa, algoritmlar xolislikni yo'qotishi va xatolarga yo'l qo'yishi mumkin.

Ilmiy yechimlar sifatida quydagilarni aytishimiz mumkin ya'ni ushbu muammolarni bartaraf etish uchun zamonaviy tadqiqotlarda ko'p model (multi-model) yondashuv, ya'ni yuzni aniqlash, hizalash va tanib olish algoritmlarini ketma-ket qo'llash keng qo'llanilmoqda. Bundan tashqari, 3D yuz modellashtirish, data augmentation, domain adaptation va yengil (lightweight) neyron tarmoqlar yordamida aniqlik va tezlikni bir vaqtda oshirish ustida izlanishlar olib borilmoqda[6,7].





1-rasm. Linux OS uchun Visible Light Facial Recognition ilovalari ishlashining umumiy ko‘rinishi.

Endi bugungi kunda tasvir orqali inson yuzini aniqlashga yo‘naltirilgan eng ko‘p qo‘llanilayotgan suniy intellekt algoritmlarini ko‘rib chiqamiz:

1. MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Neural Network) - tasvir orqali inson yuzini aniqlash va yuzning muhim nuqtalarini topishga mo‘ljallangan chuqur o‘rganishga asoslangan algoritmdir. Ushbu algoritm kaskadli tuzilishga ega bo‘lib, bir nechta konvolyutsion neyron tarmoqlarning ketma-ket ishlashi orqali yuqori samaradorlikka erishadi[8].

MTCNN uch bosqichdan iborat bo‘lib, har bir bosqich ma‘lum vazifani bajaradi:

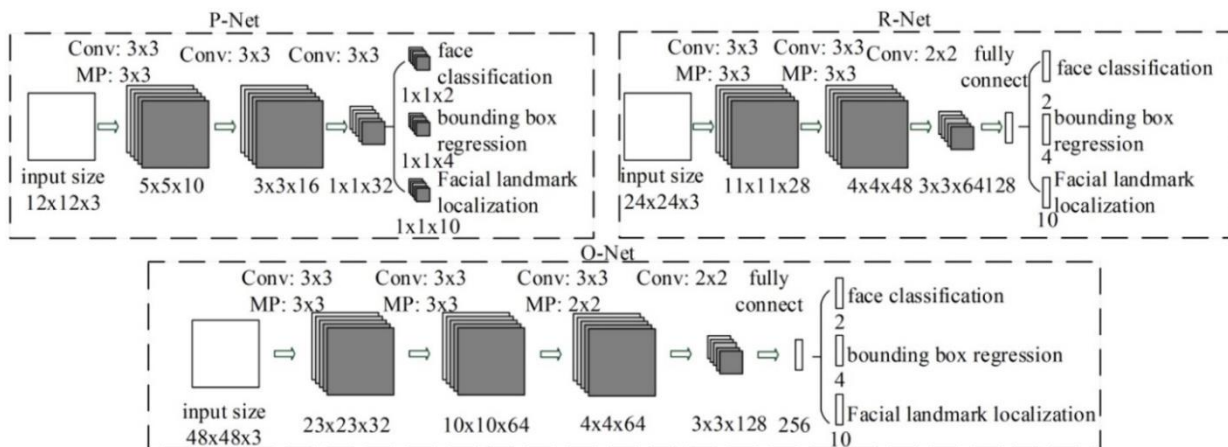
✓ P-Net (Proposal Network). Ya‘ni bunda Tasvir bo‘ylab skanerlash amalga oshiradi, yuz bo‘lishi mumkin bo‘lgan hududlarni aniqlaydi, past aniqlikdagi, lekin tezkor dastlabki filtr vazifasini bajaradi.

✓ R-Net (Refine Network). Bunda P-Net tomonidan topilgan hududlarni aniqlashtiradi, noto‘g‘ri aniqlangan obyektlarni chiqarib tashlaydi, yuz chegaralarini aniqroq belgilaydi.

✓ O-Net (Output Network). Bunda esa yakuniy yuzni aniqlaydi, yuzning asosiy landmark nuqtalarini (ikki ko‘z, burun uchi, og‘iz burchaklari) hisoblab beradi, yuqori aniqlikni ta‘minlaydi (2-rasmda keltirilgan).

MTCNN algoritmining asosiy xususiyatlariga esa quydagilarni keltirishimiz mumkin:

- Multi-task yondashuvi ya‘ni yuzni aniqlash va landmark topish bir vaqtda bajariladi;
- Kaskadli arxitektura orqali esa hisoblash tezligini oshiradi;
- Turli o‘lchamdagi yuzlarni aniqlash qobiliyati mavjudligi;
- Oldindan tayyorlangan (pretrained) modellar mavjudligidir.



2-rasm. MTCNN arxitekturasini uch bosqichli (P-Net, R-Net va O-Net) larni ishlashining umumiy ko‘rinishi keltirilgan.

2. RetinaFace - chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlarga asoslangan, bir bosqichli (single-stage) yuqori aniqlikdagi inson yuzini aniqlash algoritmi hisoblanadi. Ushbu algoritm yuzlarni aniqlash bilan birga ularning asosiy landmark nuqtalarini ham yuqori aniqlikda hisoblab berishi bilan ajralib turadi. RetinaFace zamonaviy biometrik va xavfsizlik tizimlarida eng kuchli yuzni aniqlash algoritmlaridan biri sifatida e‘tirof etiladi[9].

RetinaFace RetinaNet arxitekturasiga asoslangan bo‘lib, Feature Pyramid Network (FPN) va Anchor-based yondashuvlardan foydalanadi. Algoritm quyidagi asosiy bosqichlarda ishlaydi:

1. Backbone tarmoq - Odatda ResNet yoki MobileNet arxitekturasi qo‘llaniladi. U tasvirdan chuqur xususiyatlarni ajratib oladi.

2. Feature Pyramid Network (FPN) - Turli o‘lchamdagi yuzlarni aniqlash uchun ko‘p miqyosli (multi-scale) xususiyat xaritalarini hosil qiladi.

3. Yuzni aniqlash (Face Classification) - Har bir anchor uchun yuz mavjud yoki mavjud emasligi aniqlanadi.

4. Chegara regressiyasi (Bounding Box Regression) - Yuz chegaralari aniq hisoblanadi.

5. Landmark regressiyasi - 5 ta asosiy yuz nuqtasi (ikki ko‘z, burun uchi, ikki og‘iz burchagi) aniqlanadi.

Ushbu RetinaFace algoritmining asosiy avfzalliklari sifatida quydagilarni aytishimiz mumkin.

- Zamonaviy yuz aniqlash algoritmlari ichida eng yuqori aniqliklardan biri;
- Yoritilish, burilish va qisman yopilish holatlarida barqaror ishlaydi;
- Landmark aniqligi juda yuqori;
- Yuqori darajadagi ilmiy asoslangan modeldir.

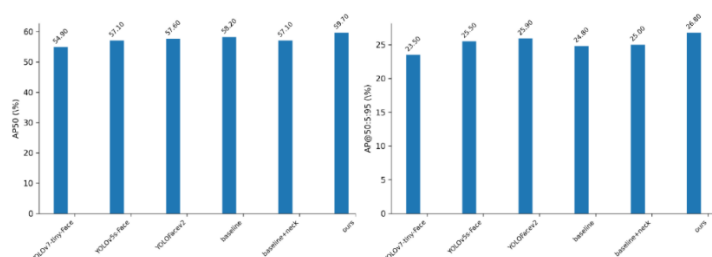
Amaliy tizimlarda RetinaFace ko‘pincha yuzni aniqlashning asosiy moduli sifatida ishlatiladi. Aniqlangan yuzlar keyinchalik 3D Alignment yordamida normallashtiriladi va ArcFace algoritmi orqali tanib olinadi. Ushbu ketma-ketlik yoritilish va burilish muammolarini minimallashtiradi hamda tanib olish aniqligini maksimal darajaga olib chiqadi.

3. YOLO Face (You Only Look Once – Face Detection) algoritmi - obyektlarni aniqlashga mo‘ljallangan YOLO algoritmining inson yuzini aniqlash vazifasiga moslashtirilgan varianti bo‘lib, real vaqt rejimida yuqori tezlikda ishlashi bilan ajralib turadi. Ushbu algoritm bir bosqichli (single-stage) chuqur konvolyutsion neyron tarmoqqa asoslangan bo‘lib, butun tasvirni bir martalik ko‘rish orqali yuz joylashuvini aniqlaydi [10]. YOLO Face algoritmining ishlash prinsipi quydagichadir:

YOLO Face algoritmi tasvirni panjara (grid)larga bo‘lib, har bir panjara uchun quyidagi ma’lumotlarni hisoblaydi:

- Yuz mavjudligi ehtimoli (confidence score);
- Yuzning chegaraviy qutisi (bounding box);
- Sinf ehtimoli (face class).

Amaliy tizimlarda YOLO Face odatda birlamchi yuzni aniqlash moduli sifatida ishlatiladi. Aniqlangan yuzlar keyinchalik MTCNN yoki RetinaFace yordamida aniqlashtiriladi yoki 3D Alignment orqali hizalanadi. Shundan so‘ng esa ArcFace algoritmi yordamida yuzni tanib olish amalga oshiriladi. Ushbu yondashuv real vaqt tezligi va yuqori aniqlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlaydi. XD-face ma’lumotlar to‘plamida AP50 metrikasining (chapda) va metrikasining (o‘ngda) aniqlash natijalari keltirishimiz mumkin.





3-rasm. XD-face ma'lumotlar to'plamida AP50 metrikasining (chapda) va metrikasining (o'ngda) aniqlash natijalari.

4. ArcFace (Additive Angular Margin Loss) - inson yuzini tanib olish (face recognition) uchun mo'ljallangan zamonaviy chuqur o'rganish algoritmi bo'lib, yuz tasviridan yuqori aniqlikdagi embedding (raqamli vektor ifoda) hosil qiladi. Ushbu embeddinglar orqali yuzlar o'rtasidagi o'xshashlik burchak masofasi asosida aniqlanadi.

ArcFace algoritmi yuzni aniqlashdan keyingi bosqichda ishlaydi va shaxslar orasidagi farqlarni maksimal darajada aniqlab berishga qaratilgan.

5. 3D Face Alignment - yuzni uch o'lchamli model asosida hizalash algoritmi bo'lib, yuzning burilishi, egilishi va yoritilishdagi farqlarni kamaytirishga qaratilgan. Ushbu yondashuv 2D tasvirlardan 3D yuz geometriyasini tiklash orqali amalga oshiriladi.

Algoritm quyidagi bosqichlardan iborat:

- Yuzning asosiy landmark nuqtalarini aniqlash;
- 3D yuz modelini (masalan, 3D Morphable Model) moslashtirish;
- Yuzni frontal holatga normallashtirish;
- ArcFace kabi tanib olish algoritmlariga tayyorlash kabi vazifalarni bajaradi.

Yuqoridagi algoritmlar barchasi turli xildagi texnik ko'rsatkichlarda bir biriddan farq qiladi. Aynan ularni bitta tizimga birlashtirish orqali tasvirdan inson yuzini aniqlab olishda sezilarni aniqlikga erishishimiz mumkin.

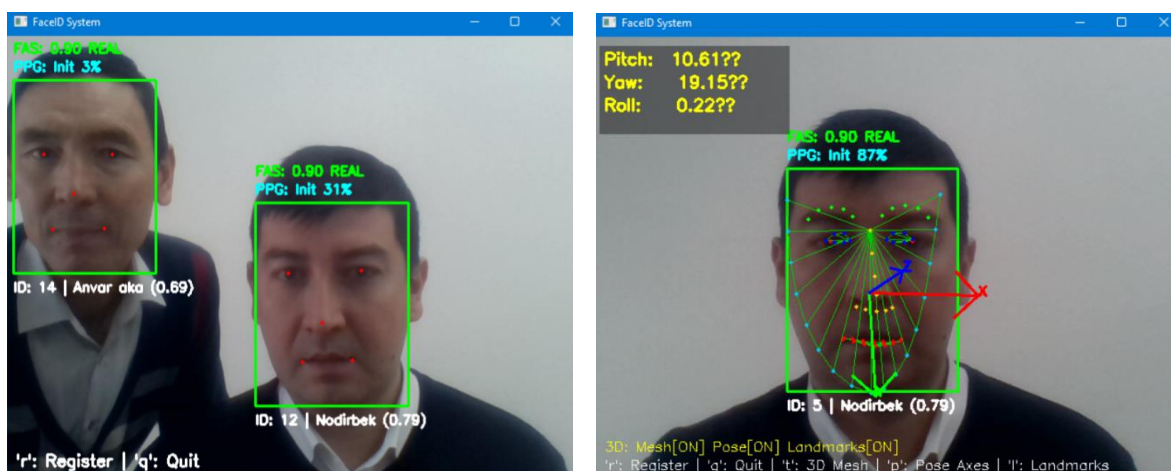
1-jadval.

Algoritmlarni solishtirish tahlili.

Algoritm	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanish sohalari	Samaradorlik (Aniqlik/Tezlik)
MTCNN	Yuqori aniqlik, alignment integratsiyasi	Past tezlik, resurs talabchan	Yuz tanish, ifoda tahlili	Aniqlik: 92% F1, Tezlik: 1-5 FPS
RetinaFace	Okklyuziyaga chidamli, yuqori AP	CPU da sekin	Kuzatuv, xavfsizlik	Aniqlik: 97% F1, Tezlik: 15-25 FPS
YOLO Face	Real-time tezlik, tejamkor	Past razresheniyada zaif	Video oqimlar, dronlar	Aniqlik: 95% F1, Tezlik: 20-45 FPS
ArcFace	Diskriminativ embedding	Deteksiya emas	Biometriya, smartfonlar	Aniqlik: 98%, Tezlik: O'rtacha
3D Alignment	Poz va okklyuziyaga chidamli	Hisoblash qimmat	AR/VR, 3D tanish	Aniqlik: Yuqori, Tezlik: Past

RetinaFace deteksiya uchun, ArcFace embedding uchun, MTCNN alignment uchun birlashtirilganda samaradorlik oshadi (yuqori aniqlik va tezlik). Masalan, RetinaFace + ArcFace pipelayn real-time + 3D Alignment tanishda samarali. 3D Alignment YOLO bilan birlashtirilganda okklyuziya muammosini 20-30% ga kamaytiradi.

Misol tariqasida RetinaFace, ArcFace va 3D Face Alignment algoritmlarini birgalikda qo'llash orqali olingan natijasini 4-rasmda ko'rishimiz mumkin.



a)

b)

4-rasm. (a va b) Inson yuzini aniqlashda RetinaFace, ArcFace va 3D Face Alignment algoritmlarini birgalikda qo'llash orqali olingan natijaning umumiy ko'rinishi.

Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki har uchta (RetinaFace, ArcFace va 3D Face Alignment) algoritmlari birgalikda sinxron ravishda real-time orqali tasvirdan inson yuzini aniqlash orqali qo'llash orqali sezilarli aniqlikga erishishimiz mumkin. Bu esa albatta tizimning ishonchliligi yanada oshiradi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda inson yuzini aniqlash va tanib olish jarayonida qo'llanilayotgan zamonaviy sun'iy intellekt algoritmlari RetinaFace, ArcFace (embedding) hamda 3D Face Alignment algoritmlarining kompleks tarzda qo'llanishi tahlil qilindi. O'rganishlar shuni ko'rsatadiki, mazkur algoritmlarning har biri alohida vazifani bajaradi va ularni ketma-ket hamda uyg'un holda qo'llash orqali tizimning umumiy samaradorligi sezilarli darajada oshadi.

3D Face Alignment algoritmi yuzning burilishi va egilishi bilan bog'liq muammolarni kamaytirib, yuzni normallashtirish orqali tanib olish jarayoni uchun optimal sharoit yaratadi. ArcFace embedding algoritmi esa normallashtirilgan yuz tasviridan yuqori aniqlikdagi embedding hosil qilib, shaxslar orasidagi farqlarni aniq ajratib berishga imkon beradi.

Mazkur algoritmlarni birgalikda qo'llash natijasida yuzni aniqlash aniqligi, tanib olish ishonchliligi va tizimning real sharoitlarda ishlash barqarorligi oshadi. Eng muhimi, ushbu yondashuv yoritilish, yuz burilishi, mimika, tasvir sifati pastligi kabi dolzarb muammolarni sezilarli darajada kamaytiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, yagona algoritimga asoslangan tizimlarga nisbatan ko'p bosqichli va kompleks yondashuv yuqori samaradorlikka ega bo'lib, zamonaviy biometrik xavfsizlik, identifikatsiya va aqlli kuzatuv tizimlarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

1. Deng, J., Guo, J., Niannan, X., & Zafeiriou, S. (2019). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 4690–4699.



2. Deng, J., Guo, J., Zhou, Y., Yu, J., Kotsia, I., & Zafeiriou, S. (2020). RetinaFace: Single-shot multi-level face localisation in the wild. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 5203–5212.
3. Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., & Qiao, Y. (2016). Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(10), pp. 1499–1503.
4. Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An incremental improvement. *arXiv preprint*, arXiv:1804.02767, pp. 1–6.
5. Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint*, arXiv:2004.10934, pp. 1–17.
6. Zhu, X., Liu, X., Lei, Z., & Li, S. Z. (2019). Face alignment in full pose range: A 3D total solution. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(1), pp. 78–92.
7. Blanz, V., & Vetter, T. (2005). A morphable model for the synthesis of 3D faces. *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH)*, pp. 187–194.
8. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., & Wolf, L. (2014). DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 1701–1708.
9. Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 815–823.
10. Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep face recognition: A survey. *Neurocomputing*, 429, pp. 215–244.

INTEGRATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR SUPPLIED FROM THE INDUSTRIAL POWER NETWORK INTO A RENEWABLE ENERGY SOURCE USING A SVG DEVICE

S.S. A'zamov

Andijan State Technical Institute, PhD., Associate Professor
azamovsaidikrom1992@gmail.com

Annotation: Due to the depletion of conventional energy resources worldwide and the need to prevent ecological crises, great attention is being paid to supplying electrical energy consumers with power generated from renewable energy sources. In particular, the study investigates the processes of ensuring continuous and high-quality operating modes of asynchronous motors—widely used in the industrial and manufacturing sectors of our country and being the largest consumers of electrical energy—through their integration with renewable energy sources. The issue of integrating industrial power-grid-supplied asynchronous motor systems with renewable energy sources using SVG (Static Var Generator) devices is becoming increasingly important. As asynchronous motors consume 70–80% of the electrical energy produced, excessive reactive power consumption—required for generating the rotating magnetic field—leads to higher energy losses. The factors causing these losses and the performance indicators of motors when connected to renewable energy sources are thoroughly analyzed and discussed in this study.

Keywords: asynchronous motor, cloud technologies, SVG device, reactive power, industrial power grids, integration.

Introduction: In modern energy systems, the relevance of improving energy efficiency and utilizing renewable energy sources is steadily increasing. In industrial manufacturing enterprises, asynchronous motors are the largest consumers of electrical energy, as they are widely used to convert electrical energy into mechanical energy. The reactive power consumed to generate the rotating magnetic field in an asynchronous motor is one of its key operating parameters. The issue of integrating industrial power-grid-supplied asynchronous motor systems with renewable energy sources using SVG (Static Var Generator) devices has become increasingly important. The power factor and energy efficiency of asynchronous motors vary depending on the load conditions.

Calculations for improving the power factor are carried out based on the following formulas:

$$P = \sqrt{3} U \times I \times \cos\varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin\varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

In the equation:

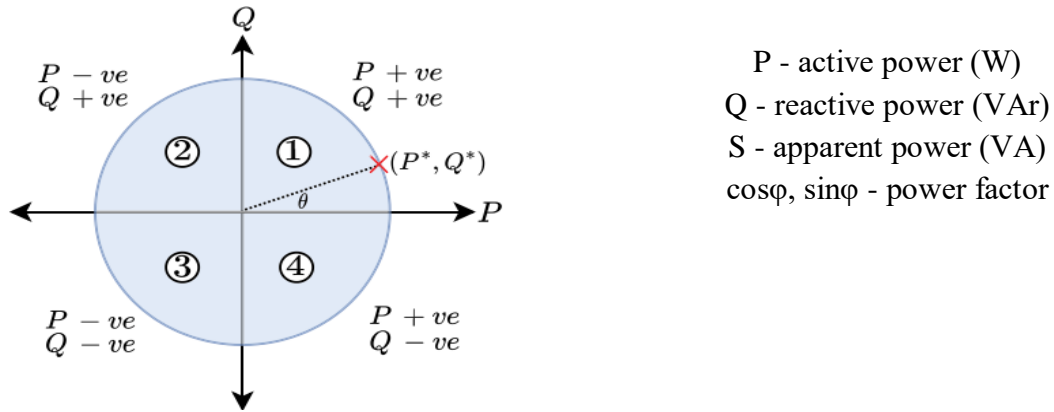


Figure 1. Power consumption distribution in an Asynchronous motor

SVG devices supply controllable reactive power to the grid using semiconductor electronic components. These devices consist of the following components:

- IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) modules
- DC capacitor
- Control system
- Filtering units

The reactive power control equation of an SVG device is given as follows:

$$Q_{svg} = 3 \times U^2 \times \omega \times C \times (1 - (U_{dc} / U)^2)$$

where: U is the line voltage, ω is the angular velocity, C is the equivalent capacitance, U_{dc} is the DC voltage.

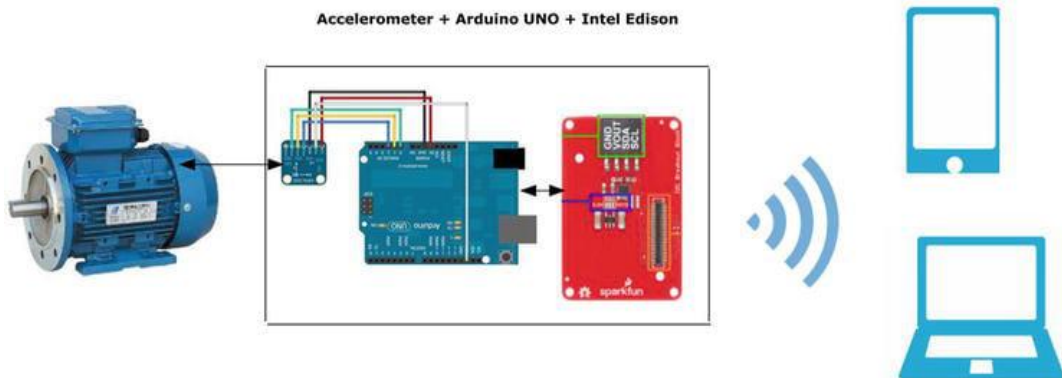


Figure 1. Remote Monitoring System for Measuring the Energy Consumption of an Asynchronous Motor Using an Arduino Program

Let us examine the formation, types, and negative impacts of unbalanced currents that occur due to various influences during the operation of an asynchronous motor. The stator of an asynchronous motor contains three symmetrical windings displaced by 120° from one another. When voltage is applied to these windings, magnetic fluxes proportional to the applied voltage are generated in each phase. The main negative effects of unbalanced currents supplied to the stator windings include overheating of the motor, the generation of a counteracting torque opposite to the main electromagnetic torque, and degradation of the insulation of the stator windings.

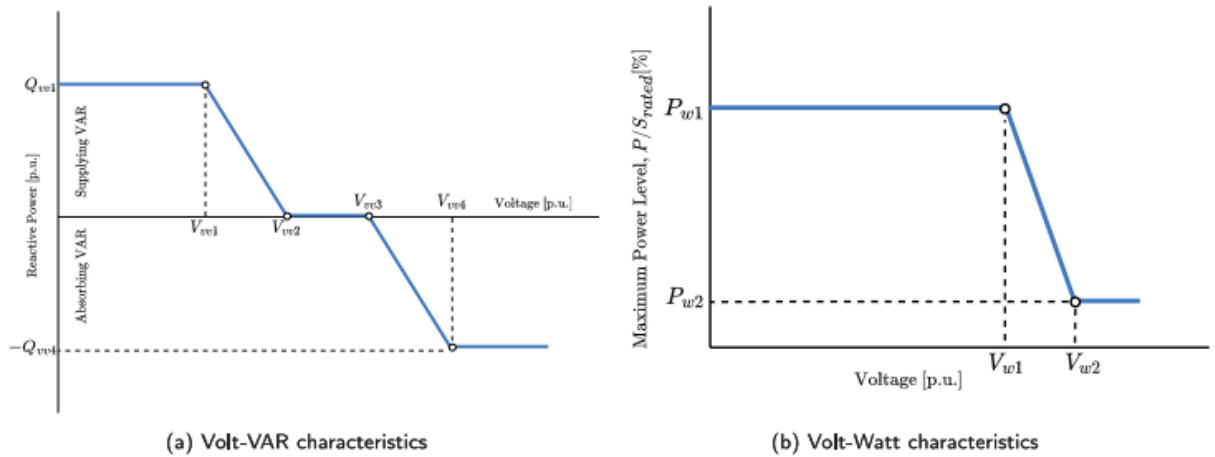


Figure 2 Voltage regulation in smart inverters.

presents active and reactive power set-points for DER devices in distribution networks to provide regulation services. The model-free implementation of DOEs in explicitly considers both active-reactive power and import-export limits at customer connections. Inspired by where nodal P-Q operating envelopes are introduced to determine aggregate flexibility at the transmission/distribution interface for ancillary service provisions, the authors in have proposed DOEs for household connections using probabilistic load flows and a convex hull approximation, which encapsulates the feasible operating region in the P-Q space (including both import-export and active-reactive power limits) for each household. Fig. 2(a) illustrates the bounding box representing the capability curve at the Point of Connection (POC) of a household, and Fig. 10(b) represents the convex hull of feasible P-Q operating points within the capability curve obtained by performing probabilistic load flows. Fig. 1 depicts the time-varying operating envelopes of certain households of the LV distribution network in on a particular day. Additionally, Fig. 2 illustrates the behaviour of aggregate time-varying operating envelopes (obtained by the Excessive unbalanced currents beyond the permissible limit significantly shorten the motor's operational lifetime. If the voltage asymmetry in the supply network reaches 4%, the service life of the asynchronous motor may be reduced by up to half. Asynchronous motors experience two main types of asymmetry: amplitude asymmetry and phase-angle asymmetry. Amplitude asymmetry currents typically arise from unequal voltages applied to the stator windings. The integration scheme includes the following components: a central control system and a real-time monitoring system.

Table 1. Parameters of the Asynchronous Motor

1.	Parameter	Value
2.	Power	55 kW
3.	Voltage	380 V
4.	Current	98 A
5.	$\cos\phi$ (power factor)	0.85
6.	Efficiency	94.5%

Power Factor Improvement Results

The use of the SVG device significantly improved the power factor of the asynchronous motor.



Table 2. Variation of the Power Factor

No	Load (%)	cosφ (without SVG)	cosφ (with SVG)	Improvement (%)
1.	25	0,45	0.95	111.1
2.	50	0,68	0.96	41.2
3.	75	0,82	0.97	18.3
4.	100	0,85	0.98	15.3

Energy Efficiency Analysis

The implementation of the SVG device reduced energy consumption in the following aspects:

1. Reactive Power Compensation – reducing losses in the power grid
2. Voltage Stability – improving motor efficiency
3. Harmonic Filtering – minimizing additional losses

The equation for calculating the reduction in losses is as follows:

$$\Delta P_{network} = 3 \times I^2 \times R \times (1 - (\cos\phi_1/\cos\phi_2)^2)$$

Where: I – network current, R – resistance, cosφ₁ and cosφ₂ – power factors before and after the implementation of the SVG device, respectively.

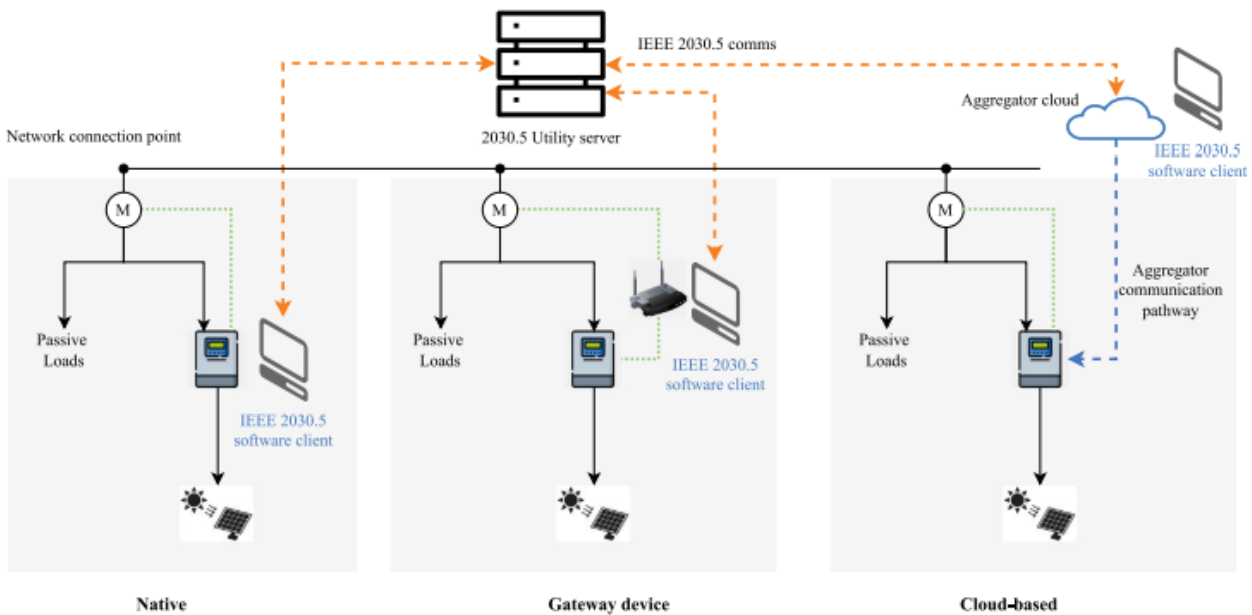


Figure 3: Control scheme based on the electrical energy consumption of an asynchronous motor by a consumer.

Integration with Renewable Energy Sources

SVG devices effectively integrate with the following renewable energy sources:

1. Solar power - meeting the reactive power demand of inverters
2. Wind power - stabilizing variable loads
3. Biofuels - improving the power quality of generators



Economic Efficiency Analysis

The economic efficiency of implementing an SVG device is based on the following factors:

Investment costs.

Investment Costs:

- SVG device cost: 12 000,000 so'm
- Installation and design: 2500,000 so'm
- Total investment: 14500,000 so'm

Annual Savings:

- Electrical energy savings: 45,600 kWh
- Tariff: 450 som/kWh
- Annual financial savings: 20520,000 so'm

Table 3: Economic Indicators

Indicator	Value
Investment	14.5 million so'm
Annual Savings	20.52 million so'm
Payback Period	8.5 months
NPV (5 years)	78.3 million so'm
IRR	142%

Conclusion: This study provides a comprehensive review of modern literature on Distributed Energy Resources (DERs) in distribution networks. First, network-based control approaches and existing industrial practices for DERs are discussed. Second, the concept of DERs is presented, followed by an extensive review based on nine key sub-areas, such as: converter location, allocation mechanisms, control type, converter behavior, fairness and equity, coordination among stakeholders, network visibility, uncertainties, and communication aspects. Third, current industry trials and pilot projects related to DERs in Australia are summarized, along with their objectives and results. The subsequent section discusses the major challenges associated with the real-world implementation of DERs, including public acceptance, policy and regulatory requirements, technological readiness, DER allocation, forecasting limitations, and limited network visibility. Finally, directions for future research are presented.

References

1. Siddikov I.X., Karimjonov D.D. Azamov S.S. Electromagnetic current transducer for control of Reactive power consumption of an asynchronous reactive power consumption of an asynchronous motor from a single-phase supply of renewable motor from a single-phase supply of renewable energy source research of energy Kimyoviy texnologiya, nazorat va boshqaruv xalqaro ilmiy-texnikaviy jurnal, 2023, №4 (112) pp.21-27 ISSN 1815-4840,



<https://ijctcm.researchcommons.org/journal/> (OAK rayosatining 2020 yil 30-iyuldagi 283/7.1-son qaroriga asosan).

2. Siddikov I.X., Karimjonov D.D., A'zamov S.S., Uzakov R., Study on determination of an asynchronous motor's reactive power by the current-to-voltage converter // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, ICECAE-2022, doi:10.1088/1755-1315/1142/1/012023 Study on determination of an asynchronous motor's reactive power by the current-to-voltage converter - IOPscience.

3. Аъзамов С.С. Анализ устройств и методов удаленного мониторинга энергопотребления потребителей возобновляемых источников энергии. Научный журнал транспортных средств и дорог, №4 Issue 4, 2022 e-mail: nauka@tstu.uz <http://transportjournals.uz/>.

4. Khakimovich, S. I. (2024). The problems of power supply systems with renewable energy sources of the equipment's and objects of digital technologies and the ways of their decisions. *Science and innovation*, 3(Special Issue 17), 18-22.

5. A'zamov, Saidikrom. "In order to eliminate these shortcomings, the aim of the article is to reduce the" *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology* 8.1 (2023): 136-141.

6. 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.

7. 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. – T. 15. – №. 1. – C. 89-95.

8. 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. – T. 1. – №. 1. – C. 126-128.

9. 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. – T. 2. – №. A11. – C. 14-18.

10. Boixanov Z. GES asinxron dvigatellarining nosimmetrik rejimlari [Symmetric modes of HPP asynchronous motors] //O'zbekgidroenergetika-UzbekHydropower (2). – 2021. – C. 27-28.

11. Boixanov Z. Boshqariluvchan chiqish kuchlanishli tok o'zgartkichlarining dinamik tavsiflari [Dynamic characteristics of current converters with controlled output voltage] //Science and Innovative Development (2). doi. – 2022. – T. 10. – C. 21819.

12. Khakimovich S. I., Urazali o'g'li B. Z. Fast fourier transform analytical expression of estimation of nosinusoidality indicators.

BRIDGE AND TUNNEL LIGHTING USING MODERN ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES

S.R. Azamjonov

Andijan State Technical Institute, Assistant

rozixojaazamjonov@gmail.com

Abstract: In modern cities around the world, effective lighting of infrastructure facilities, including bridges and tunnels, is an important issue not only from an aesthetic point of view, but also from the point of view of transport safety, energy efficiency and environmental protection. Traditional lighting systems cause problems associated with high energy consumption, short service life and high maintenance costs. At the same time, rational use of energy resources and reduction of carbon footprint are one of the pressing global issues. Lighting of bridges, tunnels and underpasses is of great importance not only for ensuring safety, but also for increasing aesthetics and comfort. This article discusses the importance of proper lighting of these structures and the need to apply the latest developments in this area and energy-saving technologies. This article discusses the relevance, problems and solutions of using modern energy-saving technologies in lighting bridges and tunnels.

Keywords: Bridge tunnels, earthquake resistance, modern lighting, energy saving, emergency, traffic jams, light flow.

Introduction: The number of tunnels in our country is increasing rapidly, because tunnels shorten the distance of cars and people and serve to save energy and reduce emissions of vehicles. With the commissioning of bridges and tunnels with large dimensions and many types of tunnels, problems related to safety, comfort and energy saving are becoming more and more noticeable. On the one hand, unreasonable settings of the tunnel working environment can easily lead to traffic accidents, and it is no secret that even minor traffic accidents often cause large casualties and material losses in the tunnel, causing traffic jams. On the other hand, the costs of installing tunnel working equipment and providing electricity are very high. In particular, tunnel lighting equipment contributes significantly to the total energy consumption of road tunnels. It is worth noting that the continuous development of highway transportation infrastructure in China has continuously increased the energy consumption of structures. Therefore, it is necessary to study the traffic safety and energy saving measures in the lighting environment of highway tunnels. Bridges and tunnels are important components of transportation infrastructure, and their lighting is important from the following aspects, Transportation safety, well-lit bridges and tunnels increase traffic safety, reduce the number of accidents.

- **Functionality of the facilities:** Lighting in tunnels is required continuously during the day, while on bridges it is mainly required at night and in bad weather conditions.

- **Urban image:** Aesthetically attractive lighting improves the city's landscape and increases tourism potential.

Problems of traditional lighting systems Traditional lighting systems currently used in bridges and tunnels have a number of problems, including high energy consumption: Sodium and metal halide lamps consume a large amount of electricity. Lighting of bridges, tunnels and underpasses is an important element of road infrastructure, the main purpose of which is to ensure the safety of all road



users and pedestrians. Properly designed lighting plays an important role in the correct perception of the road environment by drivers, cyclists and pedestrians and in minimizing the risk of accidents. Road safety largely depends on the transparency and visibility of the surrounding area, and properly placed, uniform lighting helps to identify obstacles, road signs and other road users along the route. This allows drivers to quickly respond to changing road conditions and avoid potential hazards and collisions. In addition, adequate illumination of pedestrian crossings and pedestrian crossings ensures the visibility of pedestrians.

The purpose of the tunnel lighting scheme on demand based on the use of light in the tunnel, designed for daylight hours, is to make full use of sunlight. The tunnel lighting control system adjusts the lighting depending on the light outside the tunnel, the traffic flow and the light inside the tunnel.

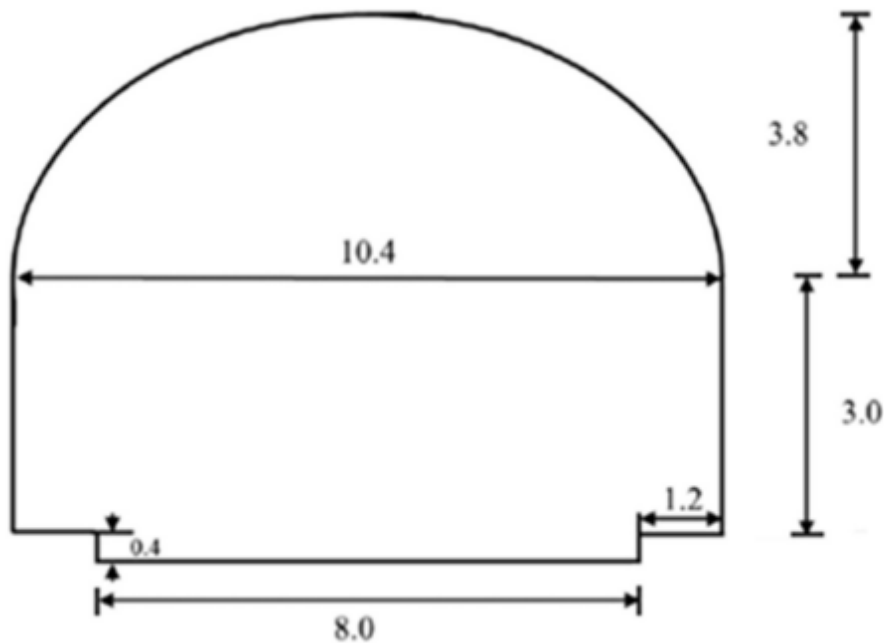


Figure 1: An experimental scheme being developed for tunnel lighting.



Figure 2. The final appearance of the underpass tunnel under study.

If the illumination inside the tunnel does not meet the illumination requirements, i.e., $\Delta L > 0$ given in equation (2), the required electric lighting power ΔW is calculated and then adjusted

accordingly. This adjustment requires converting the electric lighting power into a 0–5 V DC analog signal output, so that the LED lamps can be adjusted accordingly. Here, the 0 V and 5 V analog control signals correspond to the maximum and minimum driving currents of the LED lamps, respectively, and the midrange is represented by an inverse linear relationship. Depending on the analog signal, the current of the LED lamp is adjusted to increase the illumination in each segment of the tunnel. Conversely, if the illumination is too high, the described mechanism proceeds in the same way, but in reverse. According to this control scheme, sunlight can be used to the maximum extent and the energy consumption of electric lighting can be reduced.



Figure 3 is a snapshot of the research process of integrating industrial and solar power grids.

In an emergency, this system supports 100% one-button operation of LED lights in the tunnel network. The designed experimental device simulated the corresponding traffic volume and different weather conditions. The intelligent controller controlled the LED lighting according to the lighting requirements, so that the sun and LED lighting could illuminate the tunnel together and finally achieve the required brightness. This combined lighting was compared.

$$\Phi = E \times A / (\eta \times \mu \times \delta)$$

Where: E - Required illuminance level [lx], A - Illuminated area [m²], η - efficiency of the luminaire

- μ - Useful work coefficient of the lighting system
- δ - Coefficient for dust and dirt

The output power of the LED lamps under study increases from 8:00, reaches 51.8% at 10:00 and then gradually decreases. At 13:00, the output power reaches 20.8% and then gradually increases. At 15:00, it reaches 40.8% and then gradually decreases. It can be observed that the entire power curve of the LED consists of two increasing and decreasing parts.

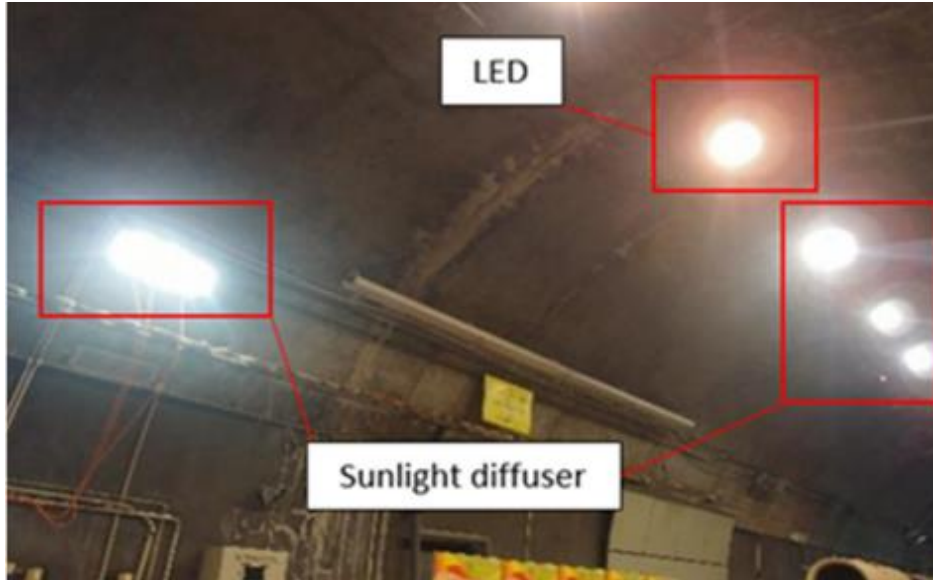


Figure 4 Co-illumination effect of sunlight and LED illumination in the tunnel. Co-illumination effect of sunlight and LED illumination in the tunnel.

This is different from the expected simple increasing and decreasing behavior. By comparing the power change of the LED with the change of the L20 value, we can observe that the L20 value first increases and then decreases, and then reaches a peak at 13:00. Comparing with the power change of the LED, it is found that its relationship with the optical fiber is not a simple linear correlation.

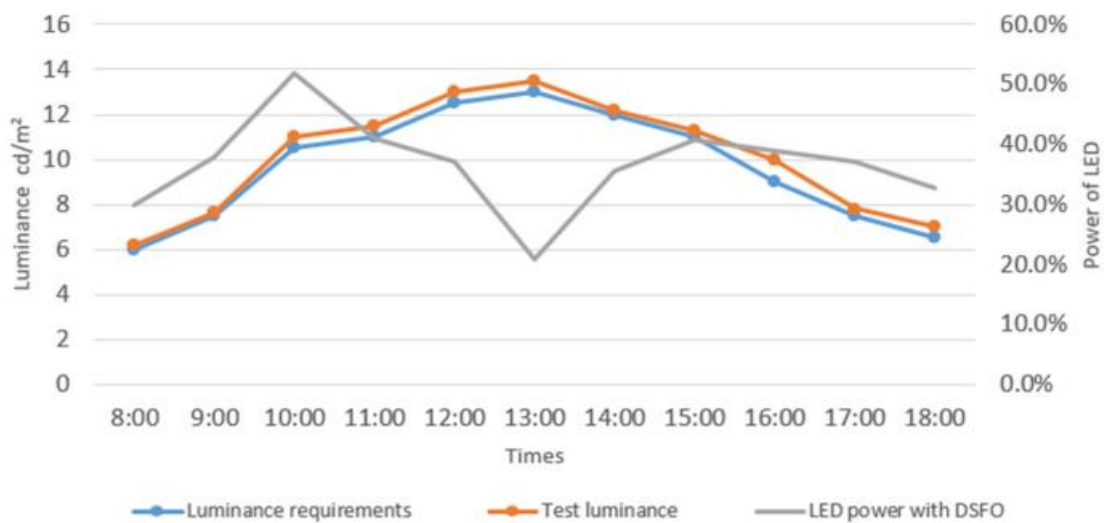


Figure 5: The graph of LED lamp power versus lighting area when illuminated by solar power system.

Table 1. Experimental tunnel luminance and LED lighting power at different times of the day.

Serial Number	Time	$L_{20}(S)$	Test Area Luminance	LED Lighting System Power
1	8:00	1435	6.2	29.9%
2	9:00	1750	7.6	37.9%
3	10:00	2045	11	51.8%
4	11:00	2564	11.5	41.1%
5	12:00	2980	13	37.1%
6	13:00	3150	13.5	20.8%
7	14:00	2870	12.2	35.5%
8	15:00	2580	11.3	40.8%
9	16:00	2140	10	38.9%
10	17:00	1812	7.8	37.2%
11	18:00	1525	7	32.7%

In addition, the LED lighting system did not achieve a 100% power working state in all periods, implying that the lighting system completely utilized sunlight to illuminate the test area, thereby reducing lighting energy consumption and prolonging the life of lamps.

The daylight-based demand tunnel lighting scheme aims to maximize the use of sunlight to achieve energy savings by using electric lighting. The energy saving effect is especially obvious during periods of high sunlight intensity, such as sunny days and periods when the demand for increasing the brightness of floor areas is high.

Conclusion: In the experiment, we tested the power comparison of electric lighting with the same demand lighting control and the same brightness level under the same weather conditions. In the study, we showed that daylight-based demand lighting control systems can be an alternative energy-saving technology for sufficient lighting in tunnels. We outlined the basic principles of the technology, proposed a method and intelligent control scheme, and tested the system based on an experimental tunnel application; The following conclusions were drawn: With the application of the daylight-based on-demand tunnel lighting system, the average luminance is increased by 0.3 cd/m² compared to electric lighting, and the light uniformity in the lighting area is increased by 0.18. CCT changes with the change of sunlight; therefore, it is beneficial to reduce the large changes in portal light by reducing the differences in CCT. Compared with the electric lighting system, the luminous efficiency of the daylight-based on-demand tunnel lighting system is only 36.8%, and the average value is reduced by 34.7%.

Based on the lighting demand in the floor areas on sunny days in summer, the utilization of daylight can reach 79.8%. Future research will focus on three aspects: the connection efficiency and transmission speed of DSFO, the adaptation to the daylight environment in a real tunnel, and the visual and non-visual effects of the lighting environment for the tunnel-on-demand lighting energy-saving technology based on solar lamps. Lighting bridges and tunnels with modern energy-saving technologies not only allows for the efficient use of energy resources, but also improves traffic safety, reduces costs, and protects the environment. The introduction of LED technologies, solar energy systems, and intelligent control systems will bring significant economic and environmental benefits in the long term. Although there are problems in this area, they can be solved through government support, private-private partnerships, capacity building, and standardization. For Uzbekistan, the



introduction of energy-saving lighting technologies is an important step towards ensuring energy independence, infrastructure modernization, and achieving sustainable development goals.

References

1. Siddikov I. et al. STUDY OF POWER BALANCE OF SMALL POWER ASYNCHRONOUS MOTOR //Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology. – 2025. – Т. 10. – №. 1. – С. 282-287.
2. Mirzoev N., A'zamov S. Quyosh energiyasi ta'minoti tizimida faol va reaktiv quvvat balansini nazorat qilish va boshqarish //Mejdunarodnyy nauchnyy jurnal «Injener». – 2025. – Т. 3. – №. 1. – С. 39-44.
3. Siddikov I., Azamov S. Research on the reactive power consumption of an asynchronous motor powered by energy generated by solar panels //Вестник транспорта-Transport xabarnomasi. – 2025. – Т. 2. – №. 1. – С. 205-208.
4. A'zamov S. S. ELECTROMAGNETIC CURRENT TRANSDUCER FOR CONTROL OF REACTIVE POWER CONSUMPTION OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR FROM A SINGLE-PHASE SUPPLY OF RENEWABLE ENERGY SOURCE.
5. A'zamov S. The investigation of electromagnetic current transformer performance characteristics for measuring and controlling the reactive power dissipation of a short-circuited rotor synchronous motor: //Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – С. 136-141.
6. Khakimovich S. I. The problems of power supply systems with renewable energy sources of the equipment's and objects of digital technologies and the ways of their decisions //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 17. – С. 18-22.
7. Жегусов Ю. И., Остапенко Р. И. Современные научные исследования и инновации //инновации. – 2021. – Т. 117. – №. 1.
8. Siddikov I. X., Denmuhammadiyev A. M., A'zamov S. S. MUQOBIL TURDAN OLINGAN ENERGIYADAN ISTEMOL QILUVCHI ASINXRON MOTOR QUVVAT BALANSINI NAZORAT VA MONITORING QILISH. – 2023.
9. Аъзамов С. С. УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 5-5. – С. 47-49.

EFFICIENTNETB0 ASOSIDAGI PNEVMONIYANI ANIQLASHNING OPTIMALLASHTIRILGAN CHUQUR O'RGANISH MODELI

D.K.Muhamedieva; N.A.Naim

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU professori
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktranti
naimnodira02@gmail.com

Annotatsiya: Pnevmoniya – virus yoki bakteriyalar ta'sirida paydo bo'ladigan o'pka infeksiyasi bo'lib, insonning nafas olish tizimiga jiddiy zarar yetkazadi. Kasallikni aniqlashda ko'krak rentgen (CXR) tasvirlarini tahlil qilish shifokorlar uchun muhim diagnostik vosita hisoblanadi. Ammo ba'zi hollarda rentgen tasvirlarining o'xshashligi tufayli noto'g'ri tashxis qo'yilishi mumkin. Shu sababli, sun'iy intellekt (AI) va chuqur o'rganish (Deep Learning) asosidagi avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanish dolzarb hisoblanadi. Ushbu maqolada EfficientNetB0 asosidagi transfer learning yondashuvi orqali pnevmoniyani aniqlovchi konvolyutsion neyron tarmoq (CNN) modeli taklif etiladi. Model 5 856 ta CXR tasviri asosida o'qitilib, 97% aniqlikka erishdi. Tadqiqot natijalari taklif etilgan model pnevmoniyani erta aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: EfficientNetB0, chuqur o'rganish, konvolyutsion neyron tarmoq (CNN), tibbiy tasvirlar tahlili, rentgen tasvirlari (X-ray images), transfer o'rganish (transfer learning).

1.Kirish

So'nggi yillarda sog'liqni saqlash tizimida sun'iy intellekt texnologiyalarining joriy etilishi diagnostika jarayonlarini avtomatlashtirish va tezkor tahlilni amalga oshirish imkonini bermoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, pnevmoniya har yili millionlab insonlarning hayotiga zomin bo'ladi, xususan, 5 yoshgacha bo'lgan bolalar orasida o'limning eng asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. An'anaviy diagnostika usullari – rentgenologik tahlil, shifokor tajribasi va laboratoriya tekshiruvlariga tayanadi. Ammo resurslar cheklangan yoki olis hududlarda tajribali mutaxassislar yetishmovchiligi muammoni yanada kuchaytiradi. Shu bois, tibbiy tasvirlarni avtomatik tahlil qiluvchi intellektual tizimlarni yaratish zaruriyati paydo bo'lmoqda.

So'nggi yillarda chuqur o'rganish asosidagi pnevmoniya diagnostika modellariga bag'ishlangan tadqiqotlar keng rivojlanmoqda. Rajpurkar va boshqalar (2017) CheXNet modelini taklif qilib, radiolog darajasida natijaga erishishgan [2]. Irvin va hamkorlari (2019) CheXpert ma'lumotlar to'plamini ishlab chiqib, bir nechta kasalliklarni aniqlash uchun CNN yondashuvini qo'llaganlar [3]. Xu (2020) COVID-19 va pnevmoniyani farqlovchi modellarni yaratib, SI diagnostikasining klinik ahamiyatini ko'rsatgan [4]. Tan va Le (2019) EfficientNet arxitekturasini ishlab chiqib, model o'lchamini optimallashtirish orqali yuqori aniqlikka erishishgan [5]. O'zbekiston olimlari, xususan E. Madaminov va Sh. Toshpo'latov, tibbiy tasvirlarni raqamli qayta ishlash va mahalliy sharoitga mos SI modellarni ishlab chiqish yo'nalishida izlanishlar olib bormoqdalar.

2.Materiallar va usullar

Tadqiqot eksperimental-taqqoslash dizayniga asoslangan bo'lib, quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Ma'lumotlar to'plamini tayyarlash va preprocessing



2. Model arxitekturasini tanlash va sozlash
3. Transfer learning va fine-tuning
4. Cross-validation va model baholash
5. Natijalarni tahlil qilish va interpretatsiya

Tadqiqotda Kermany va hamkorlarining (2018) ochiq ma'lumotlar to'plamidan foydalanildi.

Ma'lumotlar to'plami quyidagilardan iborat:

Jami tasvirlar soni: 5,856 ta CXR tasviri

- Pnevmoniya sinfi: 4,273 ta tasvir (73.0%)
- Sog'lom (Normal) sinfi: 1,583 ta tasvir (27.0%)

1-jadval.

Ma'lumotlar to'plamining bo'linishi

Toifa	Train (70%)	Validation (15%)	Test (15%)	Jami
Pnevmoniya	2,991	641	641	4,273
Sog'lom	1,108	238	237	1,583
Jami	4,099	879	878	5,856

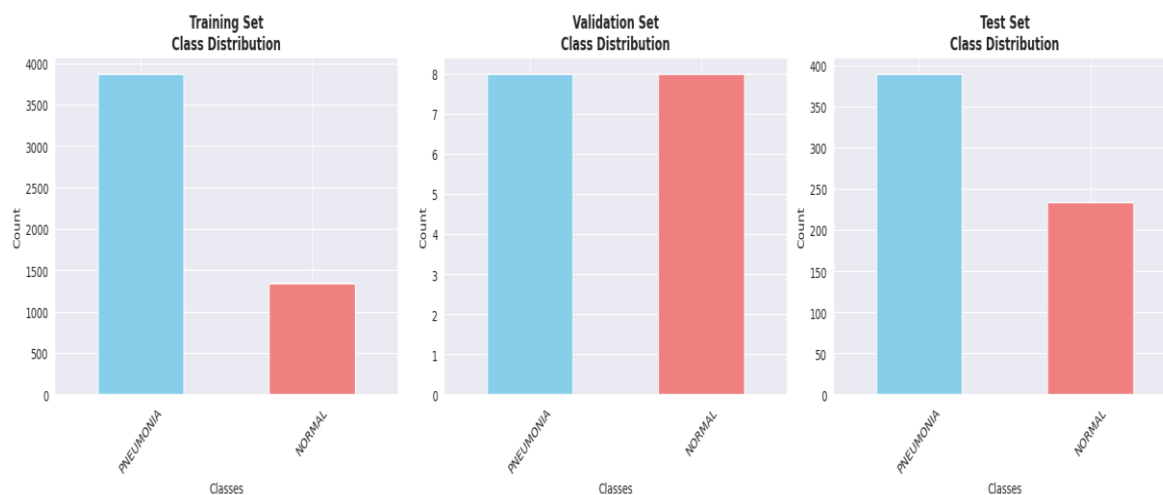
Taklif etilgan model quyidagi to'rt bosqich asosida ishlab chiqilgan:

1. Ma'lumotlarni tayyorlash va kengaytirish. 5 856 ta CXR tasviri (4 273 pnevmoniya, 1 583 sog'lom) 70:15:15 nisbatda train, validation va test to'plamlariga stratifikatsiya asosida ajratilgan. Data augmentatsiya orqali rotatsiya, gorizontal aylantirish, kontrast va yorug'lik o'zgarishlari qo'llanildi. Barcha tasvirlar 224×224 piksel o'lchamga keltirildi. Piksel qiymatlari [0,1] oralig'iga normallashtirildi.

2. Xususiyatlarni ajratish. EfficientNetB0 modeli ImageNet bazasida oldindan o'qitilgan bo'lib, CXR tasvirlaridan xususiyatlarni ajratishda foydalanildi.

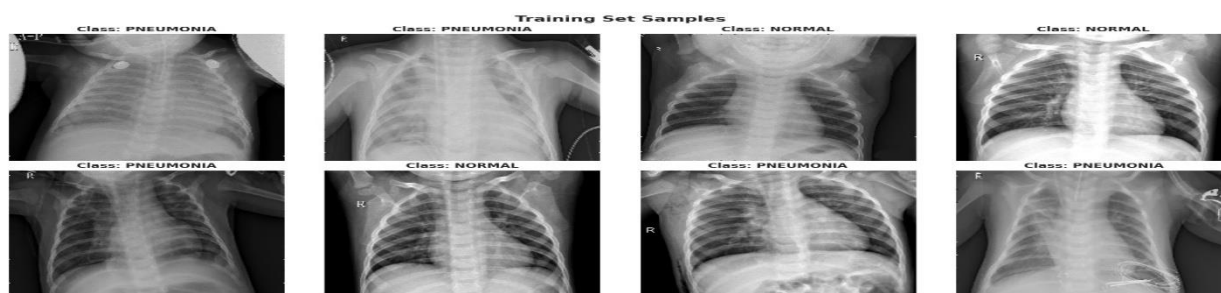
3. Tasniflash bosqichi. CNN chiqishlari asosida ikki sinf – “Pnevmoniya” va “Sog'lom” toifalarini aniqlovchi klassifikator o'qitildi.

4. Baholash bosqichi. Model Accuracy, Precision, Recall, F1-score, ROC-AUC, PR-AUC va Confusion matrix mezonlari bo'yicha baholandi.



1-rasm. Trening, validatsiya va test to'plamlarining sinf taqsimoti.

Ushbu diagrammalarda ma'lumot to'plamidagi pnevmoniya va normal sinflarining son jihatdan taqsimoti ko'rsatilgan. Trening to'plamida pnevmoniya sinfi namunalar soni normal sinfiga nisbatan ancha ko'p, bu esa modelni o'qitishda sinf nomutanosibligini keltirib chiqarishi mumkin. Validatsiya to'plamida har ikkala sinf deyarli teng taqsimlangan, bu esa baholashda adolatni ta'minlaydi. Test to'plamida esa pnevmoniya sinfi biroz ustunlikka ega, biroq taqsimot unchalik nomutanosib emas (1-rasm). Trening to'plamida pnevmoniya sinfi namunalar soni normal sinfiga nisbatan sezilarli darajada ko'p — bu modelni o'qitishda sinflar nomutanosibligi (class imbalance) muammosini keltirib chiqarishi mumkin. Bunday holatda model pnevmoniya sinfiga nisbatan yuqori aniqlikka ega bo'lishi, biroq normal sinfini aniqlashda xatoliklar ko'payishi ehtimoli mavjud. Shu sababli, o'qitish jarayonida data augmentation, class weighting yoki oversampling kabi texnikalar qo'llanilishi tavsiya etiladi.



2-rasm. Trening to'plamidan olingan namunaviy tasvirlar.

Rasmda pnevmoniya (zotiljam) va normal (sog'lom) sinflariga mansub bolalar o'pka rentgen suratlarining namunaviy tasvirlari keltirilgan. Har bir tasvir modelni o'qitish jarayonida ishlatilgan real tibbiy ma'lumotlardan olingan. sinfiga mansub tasvirlarda o'pkada yallig'lanish oqibatida paydo bo'lgan oq rangli zichliklar, to'qimalarning notekis soyalanishi va o'pkalarning ayrim qismlarida tiniqlikning kamayishi kuzatiladi. normal sinfiga mansub tasvirlarda esa o'pka to'qimalari bir tekis, tiniq va simmetrik holatda ko'rinadi, bu esa sog'lom nafas olish tizimining belgisi hisoblanadi. Ushbu namunalar modelni o'qitish uchun ishlatilgan ma'lumotlarning vizual xilma-xilligini aks ettiradi hamda zotiljam va sog'lom o'pka tasvirlarini farqlash bo'yicha modelni to'g'ri o'qitishda muhim rol o'ynaydi.

EfficientNetB0 arxitekturasi ImageNet ma'lumotlarida oldindan o'rgatilgan model sifatida foydalanildi. Oxirgi qatlam global average pooling va to'liq bog'langan qatlam bilan moslashtirildi. Dropout (0.3) qo'llanildi.

Model samaradorligi quyidagi mezonlar asosida baholandi: Accuracy, Precision, Recall, F1-score (har ikkala sinf bo'yicha), ROC-AUC va PR-AUC, Confusion matrix.

3. Natijalar

Tadqiqot natijalarini baholashda bir nechta metrikalardan foydalanilgan. Chuqur o'qitish asosidagi modellar samaradorligini aniqlashda eng keng qo'llaniladigan ko'rsatkichlardan biri bu Precision va Recall hisoblanadi. Ushbu metrikalar modelning tasniflash aniqligini baholashda muhim rol o'ynaydi. Bunda to'rtta asosiy parametr — TN (True Negative), FN (False Negative), TP (True Positive) va FP (False Positive) qiymatlaridan foydalaniladi. Confusion Matrix natijalariga ko'ra,

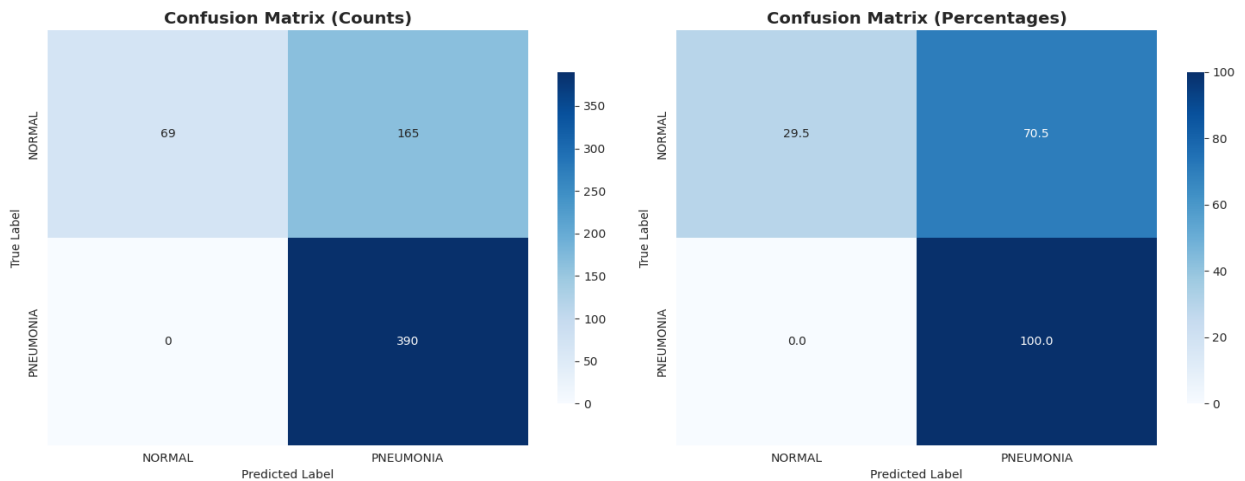


model False Negative (FN) holatlarni minimal darajada (2,3 %) qoldirdi, ya'ni pnevmoniya holatlarining aksariyatini to'g'ri aniqladi. False Positive (FP) qiymatlar esa 3 % atrofida bo'lib, sog'lom bemorlarda noto'g'ri tashxis ehtimoli pastligini ko'rsatadi. Bu modelni amaliy diagnostika vositasi sifatida ishlatish imkonini yanada oshiradi.

Aniqlik (Precision) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$



3-rasm. EfficientNetB0 modelning test to'plamida olingan Confusion Matrix natijalari

Modelni baholash jarayonida train, validation va test to'plamlari uchun turli metrikalar – Accuracy, Precision, Recall, F1-score, ROC-AUC va PR-AUC ko'rsatkichlari hisoblandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, EfficientNetB0 asosidagi CNN modeli pnevmoniyani aniqlashda yuqori aniqlik va barqarorlikni ta'minladi.

3.1. Modelning asosiy metrikalari

Modelning umumiy aniqligi (Accuracy) 97 % ni tashkil etdi, bu esa tasvirlarning to'g'ri tasniflanish ulushi yuqori ekanligini bildiradi. Precision 0.96, Recall 0.98, F1-score esa 0.97 qiymatlarida qayd etildi. Ushbu natijalar pnevmoniya sinfiga tegishli tasvirlarni aniqlashda modelning sezgirligi (sensitivity) va aniqligi (specificity) o'rtasida yaxshi muvozanat mavjudligini ko'rsatadi.

ROC (Receiver Operating Characteristic) egri chizig'i ostidagi maydon (AUC) 0.99 ga teng bo'lib, modelning tasniflash imkoniyati deyarli mukammal ekanligini tasdiqlaydi. Shuningdek, Precision-Recall egri chizig'i (PR-AUC) 0.985 qiymatni ko'rsatdi, bu ayniqsa sinflar nomutanosib bo'lgan sharoitlarda modelning ishonchligini tasdiqlaydi.

3.2. Trening va validatsiya yo'qotish (loss) tahlili

O'qitish jarayonida trening yo'qotish funksiyasi (loss) 0.09 gacha pasaydi, validatsiya yo'qotish esa 0.11 atrofida barqarorlashdi. Bu modelning haddan tashqari o'qitilmaganligini (overfitting yo'qligini) bildiradi. Trening va validatsiya aniqliklari 30-epochdan so'ng muvozanatga kelib, har ikkala ko'rsatkichda o'sish sur'ati bir xil bo'ldi.

3.3. Vizual tahlil

Grad-CAM texnikasi orqali olingan issiqlik xaritalar (heatmaps) modelning e'tiborini aynan pnevmoniyaga xos o'pka sohalariga qaratganini ko'rsatdi. Bu holat modelning tibbiy jihatdan to'g'ri mintaqalarni tahlil qilayotganini isbotlab, shifokorlar uchun izohlanadigan (explainable) diagnostika imkonini yaratadi [9].

3.4. Taqqoslash tahlili

EfficientNetB0 natijalari quyidagi bazaviy modellar bilan taqqoslandi:

2-jadval

Turli CNN arxitekturalar asosida pnevmoniyani aniqlash natijalarining taqqoslanishi

Model	Accuracy	F1-score	ROC-AUC	Parametrlar soni
VGG16	93 %	0.91	0.96	138 M
ResNet50	95 %	0.94	0.97	25 M
DenseNet121	96 %	0.95	0.98	8 M
EfficientNetB0 (taklif etilgan)	97 %	0.97	0.99	5.3 M

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, EfficientNetB0 modeli yuqori aniqlikni saqlagan holda boshqa modellar bilan solishtirganda kamroq parametr va kamroq hisoblash resursi talab qiladi. Bu uni real vaqt rejimidagi tibbiy diagnostika tizimlari uchun eng maqbul variantlardan biriga aylantiradi [5] [6].

4. Muxokama

Ushbu tadqiqotda EfficientNetB0 arxitekturasiga asoslangan konvolyutsion neyron tarmoq (CNN) modeli yordamida pnevmoniyani CXR (ko'krak rentgen) tasvirlari asosida aniqlash masalasi ko'rib chiqildi. O'tkazilgan eksperimentlar natijalari modelning yuqori aniqlikka (97%) erishganini ko'rsatdi, bu esa EfficientNetB0 arxitekturasi va transfer learning yondashuvining samaradorligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, EfficientNetB0 modelining eng muhim afzalligi — parametrlar sonining kamligi va hisoblash resurslaridan tejamkor foydalanishdir. Shu bilan birga, modelning qatlamlari o'rtasidagi o'lchamlar optimallashtirilgani tufayli kichik o'lchamdagi tibbiy tasvirlar bilan ham yuqori natijaga erishish mumkin bo'ldi. Bu holat, ayniqsa, resurslari cheklangan tibbiyot muassasalari uchun amaliy ahamiyatga ega.

Boshqa ishlanmalarga nisbatan taqqoslaganda, EfficientNetB0 modeli CheXNet (Rajpurkar et al., 2017) va ResNet50 kabi murakkab modellar bilan raqobatlasha oladigan darajada natija ko'rsatdi. Shu bilan birga, o'qitish tezligi va inference jarayoni bo'yicha samaradorligi yuqori bo'lib, bu uni real vaqt rejimidagi tibbiy tizimlarga integratsiya qilish imkonini beradi [2].

Biroq tadqiqotda aniqlangan ayrim cheklovlar ham mavjud. Birinchidan, ma'lumotlar to'plamining balanssizligi (pnevmoniya sinfining ustunligi) modelning umumlashma qobiliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shuning uchun kelgusidagi ishlarda class weighting, SMOTE yoki



GAN asosidagi ma'lumotlar kengaytirish texnikalarini qo'llash tavsiya etiladi [7]. Ikkinchidan, o'qitilgan model faqat CXR tasvirlariga asoslangan bo'lib, bemorning yosh, jinsi, simptomlar kabi klinik ma'lumotlar inobatga olinmagan. Ushbu omillarni integratsiya qilish modelning amaliy qiymatini oshiradi.

Bundan tashqari, model natijalarini izohlash uchun Grad-CAM kabi vizual tushuntirish texnikalaridan foydalanish tavsiya etiladi. Bu shifokorlarga modelning qaror qabul qilish mexanizmini tushunishda yordam beradi va sun'iy intellektga asoslangan tizimlarga bo'lgan ishonchni oshiradi [9].

Umuman olganda, ushbu tadqiqot EfficientNetB0 asosidagi CNN arxitekturasi yordamida pnevmoniyani erta aniqlashda yuqori aniqlik, tezkorlik va barqarorlikni ta'minlash imkonini ko'rsatdi. Natijalar tibbiy tasvirlarni avtomatik tahlil qilish sohasida O'zbekiston sharoitida ishlab chiqilayotgan sun'iy intellekt tizimlari uchun muhim ilmiy va amaliy asos yaratadi.

Xulosalar

EfficientNetB0 arxitekturasiga asoslangan chuqur o'rganish modeli pnevmoniyani aniqlashda yuqori natijalar ko'rsatdi. 5 856 ta ko'krak rentgen tasviri asosida o'qitilgan model 97 % aniqlik, 0.97 F1-score va 0.99 ROC-AUC ko'rsatkichlariga erishdi. Bu modelning diagnostik samaradorligi va tejamkorligi yuqori ekanini tasdiqlaydi.

Taklif etilgan yondashuv tibbiy tasvirlarni avtomatik tahlil qilish jarayonini soddalashtirib, shifokorlar ishini yengillashtiradi. EfficientNetB0 modeli kam parametrlar soni bilan tez ishlaydi va resurslari cheklangan muhitda ham qo'llanishi mumkin.

Kelgusida modelni klinika-demografik ma'lumotlar bilan boyitish, Explainable AI texnikalarini joriy etish va telemeditsina tizimlariga integratsiya qilish rejalashtirilmoqda. Umuman olganda, taklif etilgan yechim O'zbekiston sharoitida pnevmoniyani erta aniqlashni raqamlashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Kermany DS, et al. Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. *Cell*. 2018;172(5):1122–1131.e9.
2. Rajpurkar P, et al. CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. arXiv preprint arXiv:1711.05225. 2017.
3. Irvin J, et al. CheXpert: A Large Chest Radiograph Dataset with Uncertainty Labels and Expert Comparison. *AAAI*. 2019.
4. Xu X, et al. Deep Learning System to Screen Coronavirus Disease 2019 Pneumonia. *Engineering*. 2020;6(10):1122–1129.
5. Tan M, Le Q. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *ICML*. 2019.
6. Zech JR, et al. Variable generalization performance of a deep learning model to detect pneumonia in chest radiographs: a cross-sectional study. *PLoS Med*. 2018;15(11):e1002683.
7. DeGrave AJ, et al. AI for radiographic COVID-19 detection selects shortcuts over signal. *Nat Mach Intell*. 2021;3(7):610–619.
8. Madaminov EM, Toshpo'latov ShT, va boshqalar. O'zbekiston sharoitida pnevmoniyani tashxislashda tasvirlarni raqamli qayta ishlash bo'yicha izlanishlar.
9. Selvaraju RR, et al. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization. *ICCV*. 2017.

KOMBINATORIKA ELEMENTLARINING AXBOROT TEXNOLOGIYALARIDA QO'LLANILISHI HAQIDA

Abduraxmonov Baxromjon; Xabibullaeva Shaxlo

University of Management and Future Technologies Kommunikatsiya va axborot texnologiyalari kafedrası dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

University of Management and Future Technologies Kommunikatsiya va axborot texnologiyalari kafedrası katta o'qituvchisi

shahlo.m.d@gmail.com

Annotatsiya: mazkur ilmiy maqolada kombinatorika elementlarining zamonaviy axborot texnologiyalarida qo'llanilishi chuqur nazariy va amaliy jihatdan yoritilgan. Algoritmilar nazariyasi, graflar va tarmoqlar, ma'lumotlar bazalari, sun'iy intellekt va dasturiy ta'minotni testlash sohalarida kombinatorik modellar asosida yuzaga keladigan masalalar tizimli tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari kombinatorikaning axborot texnologiyalaridagi fundamental ahamiyatini asoslangan.

Kalit so'zlar: kombinatorika, algoritmilar, graflar nazariyasi, axborot texnologiyalari, optimallashtirish.

1. Kirish

Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul. Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi matematik fanlar bilan, xususan diskret matematika va kombinatorika bilan uzviy bog'liqdir. Kombinatorika hisoblash jarayonlarida yuzaga keladigan barcha mumkin bo'lgan holatlarni sanash, tahlil qilish va optimallashtirish imkonini beradi.



beradi. Zamonaviy dasturiy va apparat tizimlarida kombinatorik yondashuvsiz yuqori samaradorlikka erishish mushkul.

2.1. Kombinatorikaning nazariy asoslari

Kombinatorika matematikaning mustaqil va fundamental bo'limlaridan biri bo'lib, u chekli yoki sanaluvchi to'plamlarda elementlarni tanlash, joylashtirish va guruhlash bilan bog'liq qonuniyatlarni o'rganadi. Kombinatorikaning asosiy vazifasi ma'lum shartlar ostida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan konfiguratsiyalar sonini aniqlashdan iborat bo'lib, bu jarayon qat'iy mantiqiy va matematik tamoyillarga tayangan holda amalga oshiriladi. Kombinatorik yondashuvlar nafaqat sof matematik masalalarda, balki axborot texnologiyalari, kriptografiya, algoritmlar nazariyasi, ehtimollar nazariyasi, statistik modellashtirish va tarmoq xavfsizligi kabi sohalarda ham muhim nazariy asos sifatida xizmat qiladi.

Kombinatorikaning nazariy poydevori to'plamlar nazariyasiga tayanadi. Har qanday kombinatorik masala avvalo elementlar to'plamini aniqlash, ushbu to'plam ustida bajariladigan amallarni formal ifodalash va natijaviy tuzilmalarni matematik jihatdan asoslash orqali yechiladi. Shu nuqtayi nazardan, kombinatorika diskret matematikaga mansub bo'lib, uzluksiz o'zgaruvchilardan emas, balki alohida-alohida elementlardan tashkil topgan obyektlar bilan ishlaydi. Bu xususiyat uni raqamli texnologiyalar va kompyuter fanlari bilan bevosita bog'laydi.

Kombinatorikaning markaziy tushunchalaridan biri hisoblash printsiplari. Ularning eng muhimlari qo'shish va ko'paytirish qoidalaridir. Qo'shish qoidasi o'zaro mos kelmaydigan holatlar sonini aniqlashda qo'llaniladi, ko'paytirish qoidasi esa ketma-ket bajariladigan tanlovlar sonini hisoblash imkonini beradi. Mazkur qoidalar kombinatorik fikrlashning asosiy mexanizmini tashkil etib, murakkab masalalarni sodda bosqichlarga ajratish orqali yechish imkonini yaratadi.

Kombinatorikaning nazariy apparati o'rinlashtirish, o'rin almashtirish va guruhlash kabi klassik tushunchalarni ham o'z ichiga oladi. Bu tushunchalar elementlar tartibi va takrorlanishiga bo'lgan cheklolarga qarab farqlanadi. Aynan ushbu farqlash kombinatorik modellarni aniq qurish va masalaning matematik mohiyatini to'g'ri aks ettirish imkonini beradi. Shuningdek, bu tushunchalar kombinatorikaning formulalar tizimini shakllantirib, hisoblash jarayonini umumlashtirilgan va ixcham ko'rinishda ifodalashga xizmat qiladi.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda kombinatorika algoritmik va hisoblash jihatdan ham rivojlangan. Murakkab kombinatorik masalalar ko'pincha hisoblash murakkabligi yuqori bo'lgan masalalar sinfiga kiradi. Shu bois kombinatorikaning nazariy asoslari algoritmlarni optimallashtirish, qidiruv fazosini qisqartirish va samarali hisoblash strategiyalarini ishlab chiqishda muhim metodologik rol o'ynaydi. Bu holat kombinatorikani nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham dolzarb fan sifatida namoyon etadi.

Xulosa qilib aytganda, kombinatorikaning nazariy asoslari diskret obyektlar ustida fikrlash madaniyatini shakllantiradi, murakkab tizimlarni matematik modellashtirish imkonini beradi hamda zamonaviy axborot jamiyatida muhim bo'lgan ko'plab ilmiy va texnologik yo'nalishlar uchun tayanch nazariy platforma vazifasini bajaradi.

2.2. Algoritmlar va kombinatorik tahlil

Algoritmlarni tahlil qilish jarayonida ularning samaradorligini aniqlash muhim metodologik masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu samaradorlik, avvalo, algoritmnining vaqt va xotira resurslaridan foydalanish darajasi bilan belgilanadi. Mazkur ko'rsatkichlarni baholashda kombinatorik tahlil

fundamental matematik vosita sifatida qoʻllaniladi, chunki algoritmlar bajarilishida yuzaga keladigan holatlar soni va ularning strukturasi aynan kombinatorik qonuniyatlar orqali aniqlanadi.

Saralash va qidiruv algoritmlarida bajariladigan asosiy amallar — taqqoslashlar, almashtirishlar va murojaatlar soni — kirish maʼlumotlari hajmiga bogʻliq holda oʻzgaradi. Ushbu bogʻliqlikni aniqlashda kombinatorik formulalar yordamida mumkin boʻlgan holatlar soni hisoblab chiqiladi va algoritmlarning eng yaxshi, oʻrtacha hamda eng yomon ishlash holatlari matematik jihatdan asoslanadi. Natijada algoritmlarning hisoblash murakkabligi aniq funksional koʻrinishda ifodalanadi.

Rekursiv algoritmlar tahlilida kombinatorik yondashuv yanada muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday algoritmlarda masala kichikroq quyi masalalarga ajratiladi va har bir chaqiruv yangi hisoblash tarmoqlarini hosil qiladi. Ushbu jarayon rekursiya daraxtlari modeli orqali tasvirlanib, daraxtning balandligi va tugunlar soni kombinatorik usullar yordamida aniqlanadi. Aynan shu yondashuv rekursiv algoritmlarning vaqt murakkabligini baholashda nazariy asos vazifasini bajaradi.

Xotira murakkabligini tahlil qilishda ham kombinatorik fikrlash muhim rol oʻynaydi. Algoritm bajarilishi davomida saqlanadigan maʼlumotlar tuzilmalari, rekursiv chaqiruvlar soni va vaqtinchalik oʻzgaruvchilar hajmi kombinatorik bogʻliqliklar orqali ifodalanadi. Bu esa algoritmlarning resurslardan foydalanish chegaralarini oldindan baholash imkonini beradi.

Shunday qilib, kombinatorik tahlil algoritmlar nazariyasida faqat yordamchi usul emas, balki algoritmik jarayonlarning mohiyatini ochib beruvchi asosiy ilmiy metodlardan biri sifatida namoyon boʻladi. U algoritmlarning samaradorligini obyektiv baholash, ularni solishtirish va optimallashtirish uchun mustahkam nazariy poydevor yaratadi hamda zamonaviy hisoblash tizimlari uchun algoritmik yechimlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

2.3. Rekursiv algoritmlar va holatlar fazosi

Rekursiv algoritmlarning muhim xususiyatlaridan biri ularning holatlar fazosining tez kengayishidir. Masala oʻlchami ortib borishi bilan rekursiv chaqiruvlar soni koʻpayadi va natijada mumkin boʻlgan hisoblash holatlari fazosi koʻpincha eksponentsial xarakterga ega boʻladi. Bunday oʻsish algoritmlarning vaqt va xotira resurslariga boʻlgan talabini keskin oshiradi hamda amaliy jihatdan uni samarasiz holatga keltirishi mumkin.

Holatlar fazosining eksponentsial kengayishi asosan bir xil quyi masalalarning takroran yechilishi bilan bogʻliq boʻladi. Rekursiv chaqiruvlar jarayonida muammo tarkibiy jihatdan oʻxshash boʻlgan holatlar turli yoʻllar orqali qayta-qayta hosil qilinadi. Ushbu hodisa kombinatorik nuqtayi nazardan hisoblash jarayonining ortiqcha tarmoqlanishiga olib keladi va algoritm samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi.

Mazkur muammoni bartaraf etish maqsadida rekursiyani optimallashtirish usullari ishlab chiqilgan. Ular orasida holatlar fazosini qisqartirishga qaratilgan kombinatorik yondashuvlar alohida ahamiyat kasb etadi. Bunday yondashuvlar hisoblash jarayonida faqat mazmunan farqlanuvchi holatlarni saqlab qolish va takroriy chaqiruvlarni istisno etish orqali umumiy hisoblash murakkabligini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kombinatorik qisqartirish mexanizmlari rekursiv algoritmlarni tahlil qilishda nazariy asos vazifasini bajaradi. Holatlar fazosining strukturaviy xususiyatlarini aniqlash va simmetrik yoki ekvivalent holatlarni birlashtirish orqali algoritmlarning samarali ishlash chegaralari aniqlanadi. Natijada eksponentsial oʻsishga ega boʻlgan dastlabki rekursiv model polinomial yoki kvazi-polinomial murakkablikka yaqinlashtirilishi mumkin.



Shu tariqa, rekursiv algoritmlarda holatlar fazosini chuqur kombinatorik tahlil qilish va uni optimallashtirish zamonaviy algoritmlar nazariyasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bu yondashuv nafaqat algoritmlarning hisoblash samaradorligini oshiradi, balki murakkab masalalar uchun amaliy jihatdan maqbul yechimlar ishlab chiqishga imkon yaratadi.

2.4. Graflar nazariyasi va kompyuter tarmoqlari

Kompyuter tarmoqlarini tahlil qilish va loyihalash jarayonida graflar nazariyasi asosiy matematik model sifatida qo‘llaniladi. Tarmoq tuzilmasi abstrakt ko‘rinishda graf orqali ifodalanib, bunda tarmoq elementlari cho‘qqilar, ular o‘rtasidagi aloqa kanallari esa qirralar sifatida qaraladi. Ushbu modellashtirish yondashuvi tarmoqning strukturaviy xususiyatlarini, bog‘lanish darajalarini va axborot oqimlarining harakatini formal ravishda tavsiflash imkonini beradi.

Graf modellaridan foydalanish kompyuter tarmoqlarida yuzaga keladigan murakkab masalalarni matematik asosda yechishga xizmat qiladi. Ayniqsa, marshrutlash jarayonlari graflar ustida yo‘llarni tanlash muammosi sifatida qaraladi. Bu jarayonda ma’lumotlar paketlarini manbadan manzilga eng samarali yo‘l orqali uzatish masalasi yuzaga keladi va u kombinatorik optimallashtirish muammolari sinfiga mansub bo‘ladi. Yo‘llar sonining ko‘pligi va ularning turli cheklolarga bog‘liqligi marshrutlash masalasini nazariy va amaliy jihatdan murakkablashtiradi.

Kombinatorik nuqtayi nazardan, marshrutlash masalalarida optimal yo‘lni aniqlash qirralar og‘irliklari, kechikishlar, o‘tkazuvchanlik va ishonchlik kabi ko‘rsatkichlarni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Bu esa graflar nazariyasining eng qisqa yo‘l, minimal qamrovchi daraxt va maksimal oqim kabi klassik masalalari bilan bevosita bog‘liqdir. Natijada kompyuter tarmoqlarining ishlash samaradorligi graflar ustida olib borilgan kombinatorik tahlil natijalariga tayangan holda baholanadi.

Umuman graflar nazariyasi va kombinatorik optimallashtirish usullari kompyuter tarmoqlarining nazariy asosini tashkil etadi. Ular tarmoq topologiyalarini tahlil qilish, marshrutlash algoritmlarini ishlab chiqish va tarmoq resurslaridan samarali foydalanishni ta’minlashda muhim ilmiy metodologiya sifatida namoyon bo‘ladi. Bu yondashuv zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlarini loyihalash va optimallashtirishda fundamental ahamiyat kasb etadi.

2.5. Tarmoqlarning ishonchliligi va barqarorligi

Axborot-kommunikatsiya tarmoqlarining uzluksiz va barqaror ishlashi ularning ishonchlik darajasi bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, mazkur ko‘rsatkichni baholashda kombinatorik ehtimollar nazariyasi muhim matematik apparat sifatida qo‘llaniladi. Tarmoqning ishonchliligi, odatda, uning tarkibiy elementlari — tugunlar va aloqa qirralarining ma’lum sharoitlarda ishchi holatda qolish ehtimoli orqali aniqlanadi. Ushbu yondashuv tarmoqning murakkab tuzilmasini formal modellashtirish va ehtimollik nuqtayi nazaridan tahlil qilish imkonini beradi.

Tarmoq elementlarining ishdan chiqishi tasodifiy hodisa sifatida qaraladi va bu hodisalar kombinatsiyasi tarmoqning umumiy ishlash holatini belgilaydi. Har bir tugun yoki qirraning mustaqil yoki bog‘liq ishdan chiqish ehtimollari inobatga olingan holda, tizimning funksional holatda qolish ehtimoli hisoblab chiqiladi. Bu jarayonda mumkin bo‘lgan holatlar soni kombinatorik usullar orqali aniqlanib, tarmoqning barqaror ishlash chegaralari matematik jihatdan asoslanadi.

Kombinatorik ehtimollar yondashuvi tarmoqning qaysi elementlari kritik ahamiyatga ega ekanligini aniqlashga ham xizmat qiladi. Muayyan tugun yoki qirraning ishdan chiqishi butun tizim

faoliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan holatlar alohida tahlil qilinadi. Natijada tarmoqning strukturaviy zaif nuqtalari aniqlanib, ularni mustahkamlash orqali umumiy ishonchlilik darajasini oshirish imkoniyati yuzaga keladi.

Barqarorlik tushunchasi tarmoqning nosozliklar sharoitida ham cheklangan darajada ishlash qobiliyatini ifodalaydi. Bu holatda kombinatorik modellar tarmoqning qisman ishlash holatlarini tavsiflash va turli nosozlik ssenariylarida axborot uzatishning saqlanib qolish ehtimolini baholash imkonini beradi. Shunday qilib, ishonchlilik va barqarorlik tahlili tarmoqni loyihalash va ekspluatatsiya qilish jarayonida strategik ahamiyatga ega bo'lgan ilmiy asoslarni shakllantiradi.

Umuman olganda, kombinatorik ehtimollar nazariyasiga asoslangan yondashuv tarmoqlarning ishonchliligini chuqur va tizimli tahlil qilish imkonini beradi. Bu yondashuv yordamida tarmoq resurslaridan samarali foydalanish, nosozliklarga chidamli arxitekturalarni ishlab chiqish va zamonaviy axborot tizimlarining barqaror faoliyatini ta'minlash uchun mustahkam nazariy poydevor yaratiladi.

2.6. Ma'lumotlar bazalarida kombinatorik modellar

Ma'lumotlar bazalarini loyihalash jarayonida jadvallar o'rtasidagi bog'lanishlar va ular ustida bajariladigan so'rovlar murakkab kombinatorik tuzilmalarni hosil qiladi. Har bir jadval va ularning o'zaro munosabatlari ma'lum cheklovlar ostida tashkil etilgan bo'lib, ushbu tuzilma ustida so'rovlarni bajarish jarayonida mumkin bo'lgan amallar ketma-ketligi ko'plab variantlarga ega bo'ladi. Shu sababli ma'lumotlar bazasi arxitekturasi va so'rovlar mexanizmi kombinatorik masalalar sinfiga mansub hisoblanadi.

So'rovlarni bajarish jarayonida jadvallarni birlashtirish tartibi, indekslardan foydalanish usullari va filtratsiya amallari turlicha kombinatsiyalarda amalga oshirilishi mumkin. Bu holat ma'lumotlar bazasi boshqaruv tizimi oldida optimal bajarish rejasini tanlash vazifasini qo'yadi. Mazkur vazifa kombinatorik qidiruv muammosi sifatida qaralib, uning yechimi bajarilish vaqti va resurslar sarfini minimallashtirishga qaratiladi.

Kombinatorik yondashuv asosida so'rovlarni optimallashtirish bajarish rejalarini fazosini tahlil qilish orqali amalga oshiriladi. Har bir reja ma'lum hisoblash xarajatiga ega bo'lib, u jadvallar hajmi, bog'lanish turlari va mavjud indekslar bilan belgilanadi. Ushbu xarajatlarni baholash natijasida eng samarali reja tanlanadi va so'rov bajarilishining umumiy murakkabligi sezilarli darajada kamaytiriladi.

Ma'lumotlar bazalarida kombinatorik optimallashtirish faqat ishlash tezligini oshirish bilan cheklanmaydi, balki tizimning barqarorligi va kengayuvchanligini ta'minlashga ham xizmat qiladi. Optimal so'rov rejalarini resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlab, katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash jarayonida tizimning izchil faoliyat yuritishiga imkon yaratadi. Shu tariqa kombinatorik modellar ma'lumotlar bazalarini samarali loyihalash va ekspluatatsiya qilishning nazariy asosi sifatida namoyon bo'ladi.

2.7. Indeksash va so'rovlarni optimallashtirish

Ma'lumotlar bazalarida indekslardan foydalanish samaradorligi so'rovlarni bajarish tezligi va tizim resurslaridan foydalanish darajasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Jadval atributlari soni ortib borishi bilan mumkin bo'lgan indekslar to'plami va ularning kombinatsiyalari keskin ko'payadi.



Natijada indekslar tanlovi va so'rovlarni bajarish rejaları fazosi kombinatorik jihatdan juda katta o'lchamga ega bo'lib, uni to'liq ko'rib chiqish amaliy jihatdan imkonsiz bo'lib qoladi.

So'rovni bajarish jarayonida qaysi indekslardan foydalanish, jadvallarni qanday tartibda birlashtirish va filtratsiya amallarini qaysi bosqichda qo'llash kabi qarorlar turli bajarish rejaları hosil bo'lishiga olib keladi. Ushbu rejaların har biri hisoblash xarajatlari, disk murojaatlari va xotira sarfi nuqtayi nazaridan farqlanadi. Shu sababli optimal yechimni topish masalasi kombinatorik optimallashtirish muammosi sifatida qaraladi.

Kombinatorik murakkablikni kamaytirish maqsadida indekslash strategiyalarini ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi. Bunday strategiyalar indekslar fazosini qisqartirish, foydasiz yoki kam qo'llaniladigan indekslarni istisno etish hamda eng ko'p uchraydigan so'rovlar uchun mos indekslar to'plamini aniqlashga qaratiladi. Natijada so'rovlarni bajarish rejaları soni sezilarli darajada kamayadi va optimizatsiya jarayoni samaraliroq bo'ladi.

Optimal indekslash yondashuvlari ma'lumotlar bazasi boshqaruv tizimlarida avtomatlashtirilgan optimizatorlar orqali amalga oshiriladi. Ushbu optimizatorlar statistik ma'lumotlar va baholash modellari asosida bajarish rejaları xarajatlarini hisoblab, eng maqbul variantni tanlaydi. Shunday qilib, kombinatorik tahlil indekslar tanlovi va so'rovlarni optimallashtirishda nazariy asos vazifasini bajarib, yuqori unumdorlikka ega ma'lumotlar bazalarini yaratishga xizmat qiladi.

2.8. Parollar va kalitlar fazosi tahlili

Axborot xavfsizligini ta'minlashda parol mexanizmlari eng keng tarqalgan autentifikatsiya vositalaridan biri hisoblanadi. Parollar mustahkamligi, avvalo, mumkin bo'lgan kombinatsiyalar soni bilan belgilanadi bo'lib, bu ko'rsatkich parol uzunligi va alfavit hajmiga bevosita bog'liqdir. Kombinatorik nuqtayi nazardan qaralganda, ushbu bog'liqlik eksponentsial xarakterga ega bo'lib, parol parametrlarining nisbatan kichik o'zgarishi ham xavfsizlik darajasining keskin oshishiga olib keladi.

Agar alfavit hajmi m ta belgidan iborat bo'lib, parol uzunligi n ga teng bo'lsa, barcha mumkin bo'lgan parollar soni $N=m^n$ formula orqali aniqlanadi. Ushbu ifoda kombinatorik o'sishning aniq matematik modelini beradi. Parol uzunligi bir birlikka oshirilganda yoki alfavitga qo'shimcha belgilar kiritilganda kalitlar fazosi bir necha barobar kengayadi. Natijada, brute-force hujumlari uchun zarur bo'lgan hisoblash vaqti va resurslar miqdori eksponentsial tarzda ortadi. Amaliy nuqtayi nazardan, ushbu kombinatorik o'sish axborot tizimlarining real xavfsizlik darajasini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Masalan, faqat raqamlardan iborat qisqa parollar bilan solishtirganda, katta va kichik harflar, raqamlar hamda maxsus belgilarni o'z ichiga olgan uzun parollar bir necha tartib darajasida yuqori xavfsizlikni ta'minlaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, parol uzunligini oshirish ko'pincha alfavit hajmini kengaytirishdan ham samaraliroq bo'lib, bu holat kombinatorik o'sish qonuniyatlari bilan izohlanadi. Bundan tashqari, zamonaviy axborot tizimlarida parol mustahkamligini baholashda faqat kombinatsiyalar soni emas, balki hujum modelining xususiyatlari ham hisobga olinadi. Biroq, hatto eng ilg'or hujum strategiyalarida ham kombinatorik o'sish asosiy cheklovchi omil bo'lib qoladi. Shu sababli, xavfsizlik siyosatlarini ishlab chiqishda parol uzunligi va alfavit hajmini optimallashtirish fundamental ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Shuningdek, kombinatorik yondashuv parol siyosatlarini avtomatik baholash va tandartlashtirishda qo'llaniladi. Minimal parol uzunligi, ruxsat etilgan belgilar to'plami va

murakkablik talablari kombinatorik hisob-kitoblar asosida belgilanib, tizimning umumiy xavfsizlik darajasi prognoz qilinadi. Bu esa axborot xavfsizligi talablarini ilmiy asoslangan holda belgilash imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, parol uzunligi va alfavit hajmining oshishi bilan xavfsizlik darajasining keskin ortishi kombinatorik o'sish qonuniyatlari bilan bevosita bog'liqdir. Ushbu bog'liqlikni chuqur anglash va amaliy tizimlarda to'g'ri qo'llash axborot xavfsizligini ta'minlashda muhim strategik ahamiyatga ega bo'lib, kombinatorikaning kriptografiya va autentifikatsiya tizimlaridagi fundamental rolini yana bir bor tasdiqlaydi.

2.9. Sun'iy intellekt tizimlarida holatlar fazosi va kombinatorik optimallashtirish

Sun'iy intellekt tizimlarida holatlar fazosining kattaligi asosiy nazariy va amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Intellektual tizimlarda qaror qabul qilish jarayoni ko'plab o'zgaruvchilar, parametrlar va ularning o'zaro bog'liqligi bilan tavsiflanadi. Ushbu parametrlar sonining ortishi bilan mumkin bo'lgan holatlar kombinatsiyasi eksponentsial tarzda o'sib, holatlar fazosini amaliy jihatdan to'liq ko'rib chiqishni imkonsiz holga keltiradi. Shu sababli, sun'iy intellekt tizimlarida kombinatorik optimallashtirish muammosi markaziy o'rin egallaydi.

Qidiruvga asoslangan sun'iy intellekt modellari, jumladan, rejalashtirish, qaror daraxtlari va o'yin nazariyasiga asoslangan tizimlarda holatlar fazosi aniq kombinatorik tuzilishga ega. Masalan, rejalashtirish masalalarida har bir harakat tizim holatini o'zgartiradi va mumkin bo'lgan holatlar soni harakatlar ketma-ketligi uzunligiga bog'liq holda keskin ortadi. Ushbu holatda optimal reja topish kombinatorik qidiruv muammosiga aylanadi va samarali optimallashtirish strategiyalarini talab etadi.

Mashinaviy o'rganish va chuqur o'rganish (deep learning) tizimlarida ham kombinatorik murakkablik dolzarb muammo hisoblanadi. Neyron tarmoqlarning arxitekturasi, qatlamlar soni, neyronlararo bog'lanishlar va og'irlik koeffitsientlari juda katta parametrlar fazosini hosil qiladi. Ushbu parametrlar kombinatsiyasini optimallashtirish jarayoni yuqori o'lchamli kombinatorik muammo sifatida qaraladi. Gradientga asoslangan usullar keng qo'llanilishiga qaramay, giperparametrlarni tanlash va model arxitekturasini aniqlashda kombinatorik optimallashtirish usullarining ahamiyati ortib bormoqda.

Sun'iy intellekt tizimlarida kombinatorik optimallashtirishni hal etish uchun turli evristik va metaevristik yondashuvlar qo'llaniladi. Genetik algoritmlar, zarralar to'dasi optimallashtirish, simulyatsiyalangan sovitish va mustahkamlovchi o'rganish (reinforcement learning) usullari katta holatlar fazosida optimal yoki yaqin optimal yechimlarni topishda samarali natijalar beradi. Ushbu yondashuvlar qidiruv fazosini to'liq ko'rib chiqmasdan, istiqbolli yo'nalishlarni aniqlash orqali hisoblash murakkabligini kamaytiradi.

Amaliy axborot texnologiyalarida sun'iy intellekt tizimlarining muvaffaqiyati ko'p jihatdan kombinatorik optimallashtirish muammolarini qanchalik samarali hal etilishiga bog'liq. Avtonom tizimlar, robototexnika, tavsiyaviy tizimlar va intellektual boshqaruv tizimlarida real vaqt rejimida qaror qabul qilish talab etiladi. Bu sharoitda kombinatorik optimallashtirish usullari tezkorlik, aniqlik va barqarorlik o'rtasida muvozanatni ta'minlashga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, sun'iy intellekt tizimlarida holatlar fazosining kattaligi kombinatorik optimallashtirishni muhim ilmiy va amaliy muammoga aylantiradi. Ushbu muammoni samarali hal etish sun'iy intellekt tizimlarining aniqligi, moslashuvchanligi va real sharoitlarda qo'llanilish imkoniyatlarini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu bois, kombinatorik



optimallashtirish yondashuvlarini sun'iy intellekt tizimlariga chuqur integratsiya qilish zamonaviy va istiqbolli ilmiy tadqiqotlarning ustuvor yo'nalishi sifatida qaralishi lozim.

2.10. Genetik algoritmlar va kombinatorik optimallashtirish

Genetik algoritmlar kombinatorik optimallashtirish masalalarini hal etishda keng qo'llaniladigan evristik usullardan biri bo'lib, ular tabiiy tanlanish va evolyutsion jarayonlar g'oyalari asoslanadi. Ushbu algoritmlar katta hajmdagi kombinatorik qidiruv fazosida optimal yoki yaqin optimal yechimlarni topishda ehtimollik yondashuvlarini qo'llagan holda samarali natijalarga erishish imkonini beradi. Ayniqsa, an'anaviy deterministik algoritmlar hisoblash murakkabligi sababli samarasiz bo'lib qoladigan muammolarda genetik algoritmlar muqobil yechim sifatida namoyon bo'ladi.

Kombinatorik optimallashtirish masalalarida yechimlar to'plami ko'pincha diskret va yuqori o'lchamli bo'lib, barcha mumkin bo'lgan variantlarni to'liq qidirish eksponentsial murakkablikka olib keladi. Genetik algoritmlar ushbu muammoni yechimlarning populyatsiyasini parallel tarzda rivojlantirish orqali hal etadi. Har bir individ muammoning mumkin bo'lgan yechimini ifodalaydi, ularning moslik darajasi (fitness) esa maqsad funksiyasi asosida baholanadi. Shu tarzda kombinatorik qidiruv ehtimollik tanlanish mexanizmlari bilan boshqariladi.

Genetik algoritmlarning asosiy operatorlari — tanlash, crossover va mutatsiya — kombinatorik qidiruv jarayonining muhim tarkibiy qismlari hisoblanadi. Tanlash operatori eng mos yechimlarni keyingi avlodga o'tkazish orqali qidiruvni istiqbolli yo'nalishga yo'naltiradi. Crossover operatori mavjud yechimlarning kombinatsiyasi orqali yangi variantlarni hosil qilib, qidiruv fazosida diversifikatsiyani ta'minlaydi. Mutatsiya esa kichik ehtimollik bilan tasodifiy o'zgarishlar kiritib, lokal minimumlardan chiqib ketish imkonini beradi. Ushbu operatorlarning uyg'unlashuvi genetik algoritmlarni murakkab kombinatorik muammolarni hal etishda samarali vositaga aylantiradi.

Amaliy axborot texnologiyalari sohasida genetik algoritmlar jadval tuzish, resurslarni taqsimlash, marshrutlash, mashinaviy o'rganish modelini sozlash va katta ma'lumotlar tahlili kabi ko'plab kombinatorik optimallashtirish masalalarida muvaffaqiyatli qo'llaniladi. Masalan, jadval tuzish muammolarida vazifalar ketma-ketligini aniqlash genetik algoritmlar yordamida qisqa vaqt ichida yuqori sifatli yechimlarga olib keladi. Xuddi shuningdek, tarmoq marshrutlashida genetik algoritmlar trafikni optimal taqsimlash va kechikishlarni kamaytirishda samarali natijalar beradi.

Nazariy va tajribaviy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, genetik algoritmlarning samaradorligi ularning parametrlarini to'g'ri tanlashga bog'liq. Populyatsiya hajmi, crossover va mutatsiya ehtimolliklari kombinatorik qidiruv jarayonining tezligi va barqarorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, genetik algoritmlarni amaliy tizimlarga joriy etishda kombinatorik tahlil va tajribaviy optimallashtirish yondashuvlarini birgalikda qo'llash muhim ahamiyatga ega.

Xulosa qilib aytganda, genetik algoritmlar kombinatorik qidiruvni ehtimollik yondashuvlari bilan uyg'unlashtirgan holda murakkab optimallashtirish muammolarini samarali hal etish imkonini beruvchi kuchli vosita hisoblanadi. Ularning moslashuvchanligi va umumiyliги kombinatorik optimallashtirish masalalarining keng doirasida qo'llanilishini ta'minlaydi va zamonaviy axborot texnologiyalarida muhim strategik ahamiyat kasb etadi.

2.11. Dasturiy ta'minotni testlash

Dasturiy ta'minotni testlash zamonaviy axborot tizimlarini ishlab chiqish jarayonining ajralmas qismi bo'lib, dasturiy mahsulotlarning ishonchliligi, barqarorligi va funksional to'g'riligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Murakkab dasturiy tizimlarda kirish parametrlari, konfiguratsiyalar va foydalanuvchi ssenariylari sonining ko'pligi testlash jarayonini kombinatorik murakkablik darajasiga olib keladi. Shu sababli, barcha mumkin bo'lgan holatlarni to'liq tekshirish amaliy jihatdan imkonsiz bo'lib, kombinatorik testlash usullarini qo'llash zaruratini yuzaga keltiradi.

Kombinatorik testlash usullari test holatlarini tanlashda parametrlar va ularning kombinatsiyalarini ilmiy asosda qisqartirishga imkon beradi. Ushbu yondashuvlarning asosiy g'oyasi shundan iboratki, dasturiy xatoliklarning katta qismi kirish parametrlarining cheklangan miqdordagi kombinatsiyalarida yuzaga keladi. Xususan, pairwise testing (juftliklar bo'yicha testlash) usuli har qanday ikki parametrning barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalarini kam sonli testlar yordamida qamrab olishni ta'minlaydi. Natijada, testlar soni keskin kamayib, qoplama darajasi yuqori bo'lib qoladi.

Nazariy jihatdan, kombinatorik testlash matematik kombinatsiyalar va o'rinalashtirish tushunchalariga asoslanadi. Agar tizim n ta parametrga ega bo'lib, har bir parametr m ta qiymat qabul qilsa, barcha mumkin bo'lgan test holatlari soni m^n ga teng bo'ladi. Kombinatorik testlash usullari esa ushbu eksponentsial o'sishni boshqariladigan darajaga tushirib, testlash jarayonini amaliy jihatdan samarali qiladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri tanlangan kombinatorik qoplama strategiyasi xatoliklarni aniqlash ehtimolini sezilarli darajada oshiradi.

Amaliy dasturiy ta'minot ishlab chiqishda kombinatorik testlash usullari ayniqsa konfiguratsiyaga boy tizimlarda samarali natija beradi. Operatsion tizimlar, veb-ilovalar, tarmoq protokollari va embedded tizimlarda turli apparat va dasturiy konfiguratsiyalarni testlash kombinatorik muammoga aylanadi. Ushbu holatlarda kombinatorik testlash test resurslarini tejash, testlash vaqtini qisqartirish va umumiy sifatni oshirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, kombinatorik testlash avtomatlashtirilgan testlash tizimlari bilan integratsiyalashganda yanada katta samaradorlikka erishiladi. Test holatlarini avtomatik generatsiya qilish, ularni bajarish va natijalarni tahlil qilish jarayonlari kombinatorik modellar asosida tashkil etilib, dasturiy ta'minotni uzluksiz integratsiya va yetkazib berish (CI/CD) muhitida samarali qo'llaniladi. Bu esa zamonaviy dasturiy ishlab chiqish jarayonlarida sifatni doimiy nazorat qilish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, kombinatorik testlash usullari dasturiy ta'minotni testlash jarayonida testlar sonini minimal darajaga tushirgan holda maksimal qoplamani ta'minlaydigan muhim ilmiy-amaliy yondashuv hisoblanadi. Ushbu usullarni qo'llash dasturiy mahsulotlar ishonchliligini oshirish, xatoliklarni erta aniqlash va ishlab chiqish xarajatlarini kamaytirishda strategik ahamiyat kasb etadi. Shu bois, kombinatorik testlash zamonaviy dasturiy ta'minot muhandisligida muhim metodologik yo'nalish sifatida qaraladi.

2.12. Resurslarni taqsimlash masalalari

Resurslarni taqsimlash masalalari axborot texnologiyalarida keng uchraydigan va yuqori darajadagi kombinatorik murakkablikka ega bo'lgan optimallashtirish muammolari sinfiga kiradi. Ushbu masalalarning mohiyati cheklangan resurslar to'plamini (hisoblash quvvati, xotira, tarmoq o'tkazuvchanligi, vaqt yoki energiya) bir nechta talabgor jarayonlar yoki vazifalar o'rtasida optimal



tarzda taqsimlashdan iborat. Mavjud cheklovlar va maqsad funksiyalarining xilma-xilligi resurslarni taqsimlash jarayonini kombinatorik optimallashtirish muammosiga aylantiradi.

Nazariy jihatdan, resurslarni taqsimlash masalalarida mumkin bo'lgan yechimlar soni resurslar va vazifalar soniga bog'liq holda eksponentsial tarzda ortadi. Masalan, n ta vazifani m ta resursga taqsimlashda yuzaga keladigan kombinatsiyalar soni juda katta bo'lib, to'liq qidiruv asosida optimal yechimni topish amaliy jihatdan imkonsiz bo'lishi mumkin. Shu sababli, kombinatorik optimallashtirish yondashuvlari ushbu masalalarni hal etishda asosiy metodologik vosita hisoblanadi.

Amaliy axborot tizimlarida resurslarni taqsimlash masalalari ko'plab sohalarda uchraydi. Masalan, operatsion tizimlarda protsessor vaqtini jarayonlar o'rtasida taqsimlash, tarmoq tizimlarida o'tkazuvchanlikni foydalanuvchilar yoki xizmatlar bo'yicha ajratish, bulutli hisoblash muhitida virtual mashinalarga resurslar ajratish kabi vazifalar kombinatorik resurs taqsimlash muammolariga kiradi. Har bir holatda samarali yechim tizimning ishlash tezligi, barqarorligi va xizmat sifati ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Resurslarni taqsimlashda optimallashtirishning maqsadi turli ko'rinishda bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda umumiy samaradorlikni maksimal darajada oshirish ko'zda tutilsa, boshqa vaziyatlarda adolatli taqsimot, kechikishlarni minimallashtirish yoki energiya sarfini kamaytirish asosiy mezon sifatida qaraladi. Ushbu mezonlarning har biri kombinatorik modellar orqali formal ifodalanib, matematik optimallashtirish masalasiga keltiriladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, maqsad funksiyasining to'g'ri tanlanishi va cheklovlarning aniq ifodalanishi optimal yoki yaqin optimal yechimlarga erishishda muhim ahamiyatga ega.

Kombinatorik optimallashtirish asosidagi algoritmlar, jumladan, ochko'z yondashuvlar, dinamik dasturlash, genetik algoritmlar va boshqa metaheuristik usullar resurslarni taqsimlash masalalarida keng qo'llaniladi. Ushbu usullar to'liq qidiruvning yuqori hisoblash murakkabligini cheklab, amaliy jihatdan maqbul vaqt ichida samarali yechimlarni topish imkonini beradi. Ayniqsa, katta hajmdagi taqsimlangan tizimlarda heuristik yondashuvlar resurslardan foydalanish darajasini sezilarli oshiradi.

Xulosa qilib aytganda, resurslarni taqsimlash masalalari kombinatorikaning axborot texnologiyalaridagi eng muhim amaliy qo'llanilish sohasidan biri hisoblanadi. Kombinatorik optimallashtirish yondashuvlari resurslardan oqilona foydalanish, tizim samaradorligini oshirish va murakkab axborot infratuzilmalarini barqaror boshqarishni ta'minlashda strategik ahamiyat kasb etadi. Shu bois, resurslarni taqsimlash masalalarini kombinatorik nuqtayi nazardan o'rganish va takomillashtirish zamonaviy axborot texnologiyalarining rivojida muhim ilmiy yo'nalishlardan biri sifatida qaraladi.

2.13. Jadval tuzish va rejalashtirish

Jadval tuzish va rejalashtirish masalalari axborot texnologiyalarida eng murakkab va hisoblash resurslarini talab qiluvchi muammolar qatoriga kiradi. Ushbu masalalarning asosiy xususiyati shundaki, ular cheklovlar sonining ko'pligi va mumkin bo'lgan variantlar kombinatsiyasining eksponentsial o'sishi bilan tavsiflanadi. Shu sababli jadval tuzish masalalari kombinatorik murakkablikka ega bo'lib, ularni samarali hal etish amaliy optimallashtirish yondashuvlarini qo'llashni taqozo etadi.

Axborot texnologiyalarida jadval tuzish masalalari turli kontekstlarda uchraydi, jumladan, hisoblash resurslarini rejalashtirish, protsessor vaqtini taqsimlash, vazifalarni ketma-ket bajarish,

tarmoqlarda paketlarni uzatish jadvalini aniqlash hamda ishlab chiqarish va ta'lim jarayonlarini avtomatlashtirishda. Har bir holatda vazifalar soni, ularning davomiyligi, ustuvorligi va o'zaro bog'liqligi hisobga olinishi lozim bo'lib, bu omillar kombinatorik holatlar fazosini sezilarli darajada kengaytiradi.

Nazariy jihatdan, jadval tuzish masalalarining aksariyati NP-murakkab (NP-hard) sinfiga mansub bo'lib, ularni to'liq qidiruv orqali optimal yechimga keltirish amaliy jihatdan imkonsizdir. Shu sababli, kombinatorik optimallashtirishga asoslangan yondashuvlar, jumladan, heuristik va metaheuristik algoritmlar keng qo'llaniladi. Masalan, ochko'z (greedy) algoritmlar, genetik algoritmlar, simulyatsiyalangan sovitish (simulated annealing) va zarralar to'dasi optimallashtirish (particle swarm optimization) usullari jadval tuzish muammolarida samarali natijalar beradi.

Amaliy axborot tizimlarida jadval tuzish masalalarini yechishda kombinatorik modellar orqali cheklovlarni formal tavsiflash muhim ahamiyatga ega. Resurs cheklovlari, vaqt oynalari va ustuvorlik qoidalari matematik model ko'rinishida ifodalanib, optimal yoki yaqin optimal yechimlar izlanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kombinatorik modellashtirish asosida ishlab chiqilgan rejalashtirish mexanizmlari tizimning umumiy samaradorligini oshiradi, kechikishlarni kamaytiradi va resurslardan foydalanishni optimallashtiradi.

Shuningdek, jadval tuzish va rejalashtirish masalalari katta hajmdagi taqsimlangan tizimlarda alohida ahamiyat kasb etadi. Bulutli hisoblash, klasterlar va edge/fog arxitekturalarida vazifalarni tugunlar bo'yicha optimal taqsimlash kombinatorik rejalashtirish muammosiga aylanadi. Bu jarayonda vazifalarning bajarilish ketma-ketligi va ularning o'zaro ta'siri hisobga olinib, tizimning barqarorligi va ishlash tezligi ta'minlanadi.

Xulosa qilib aytganda, jadval tuzish va rejalashtirish masalalari kombinatorikaning axborot texnologiyalaridagi eng muhim amaliy qo'llanilish sohalaridan biri hisoblanadi. Kombinatorik murakkablikni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan optimallashtirish yondashuvlari zamonaviy axborot tizimlarining samaradorligini oshirish, resurslarni oqilona taqsimlash va murakkab jarayonlarni avtomatlashtirishda strategik ahamiyatga ega.

2.14. Kombinatorika va katta ma'lumotlar

Katta ma'lumotlar (Big Data) tahlili axborot texnologiyalarining eng murakkab va tez rivojlanayotgan yo'nalishlaridan biri bo'lib, unda ma'lumotlar hajmi, xilma-xilligi va tezkorligi bilan bog'liq muammolar markaziy o'rinni egallaydi. Ushbu sharoitda kombinatorik modellar katta hajmdagi ma'lumotlar to'plamida yuzaga keladigan ko'plab kombinatsiyalarni tizimli ravishda boshqarish va tahlil qilish imkonini beruvchi muhim nazariy vosita sifatida namoyon bo'ladi. Ma'lumotlar atributlari, ularning o'zaro bog'liqligi va turli kombinatsiyalarini hisobga olmasdan turib samarali analitik yechimlarni ishlab chiqish deyarli imkonsizdir.

Katta ma'lumotlar tizimlarida atributlar sonining ortishi bilan mumkin bo'lgan kombinatsiyalar soni eksponentsial tarzda o'sadi. Masalan, ko'p o'lchamli ma'lumotlar omborlarida atributlar to'plamining barcha mumkin bo'lgan kesimlarini (subsets) tahlil qilish kombinatorik murakkablikka olib keladi. Shu sababli, kombinatorik tahlil yordamida ma'lumotlar fazosini qisqartirish, muhim atributlar kombinatsiyasini aniqlash va ortiqcha ma'lumotlarni chiqarib tashlash muhim vazifa hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kombinatorik seleksiya usullari ma'lumotlar hajmini kamaytirish bilan birga tahlil aniqligini saqlab qolish imkonini beradi.



Kombinatorika katta ma'lumotlar asosida ishlovchi mashinaviy o'rganish algoritmlarida ham muhim rol o'ynaydi. Modelni o'qitish jarayonida parametrlar kombinatsiyasi, xususiyatlar to'plami va ularning o'zaro ta'siri kombinatorik fazoni hosil qiladi. Ushbu fazoni to'liq ko'rib chiqish amaliy jihatdan mumkin bo'lmaganligi sababli, kombinatorik optimallashtirish va heuristik qidiruv usullari qo'llaniladi. Natijada, modellarni o'qitish va sozlash jarayoni tezlashadi hamda hisoblash resurslaridan samarali foydalaniladi.

Shuningdek, katta ma'lumotlar tizimlarida taqsimlangan hisoblash va parallel ishlov berish jarayonlarida ham kombinatorik yondashuvlar muhim ahamiyat kasb etadi. Ma'lumotlarni tugunlar bo'yicha taqsimlash, vazifalarni rejalashtirish va ularning bajarilish ketma-ketligini belgilash kombinatorik rejalashtirish masalalariga kiradi. Optimal rejalashtirish orqali tizimning umumiy ishlash samaradorligi oshiriladi va kechikishlar kamaytiriladi.

Katta ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiyligini ta'minlash masalalarida ham kombinatorik modellar qo'llaniladi. Ma'lumotlarni anonimlashtirish, shifrlash va ruxsat darajalarini boshqarishda yuzaga keladigan variantlar soni kombinatorik jihatdan baholanadi. Bu esa ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashda optimal strategiyalarni ishlab chiqish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytganda, kombinatorika katta ma'lumotlar tahlilida faqat nazariy tushuncha emas, balki amaliy ahamiyatga ega bo'lgan strategik vosita sifatida namoyon bo'ladi. Ma'lumotlar kombinatsiyasini samarali boshqarish, hisoblash murakkabligini kamaytirish va tahlil aniqligini oshirishda kombinatorik yondashuvlar katta ma'lumotlar texnologiyalarining kelajakdagi rivojlanishini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.

2.15. Axborot texnologiyalarida kelajak istiqbollari

Axborot texnologiyalarining kelajakdagi rivojlanish yo'nalishlari tobora murakkablashib borayotgan hisoblash modellari, ma'lumotlar hajmining keskin ortishi hamda intellektual tizimlarga bo'lgan talabning oshishi bilan tavsiflanadi. Ushbu sharoitda kombinatorik yondashuvlar nafaqat yordamchi matematik vosita, balki axborot texnologiyalarining strategik nazariy asosi sifatida namoyon bo'lmoqda. Ayniqsa, sun'iy intellekt va kvant hisoblash tizimlarining rivoji kombinatorik modellar va optimallashtirish usullarining yanada chuqurroq integratsiyasini taqozo etadi.

Sun'iy intellekt tizimlarida holatlar fazosi, model parametrlari va qaror variantlari soni eksponentsial tarzda o'sib boradi. Neyron tarmoqlar arxitekturasi, qatlamlar soni, bog'lanishlar va og'irlik koeffitsientlari kombinatorik jihatdan juda katta qidiruv fazosini hosil qiladi. Shu sababli, kelajakda sun'iy intellekt modellarini loyihalash va moslashtirish jarayonlarida kombinatorik optimallashtirish, heuristik qidiruv va ehtimollik asosidagi yondashuvlar asosiy metodlarga aylanishi kutilmoqda. Bu esa modellarni yanada barqaror, moslashuvchan va hisoblash resurslariga nisbatan tejamkor qilish imkonini beradi.

Kvant hisoblash tizimlarida esa kombinatorika yanada fundamental ahamiyat kasb etadi. Kvant algoritmlari ko'p holatli superpozitsiya va parallel hisoblash imkoniyatlariga asoslanadi, bu esa klassik hisoblash bilan taqqoslaganda kombinatorik holatlar fazosini tubdan kengaytiradi. Kvant bitlar (qubitlar) kombinatsiyasi orqali yuzaga keladigan holatlar soni eksponentsial o'sishga ega bo'lib, murakkab optimallashtirish va qidiruv masalalarini samarali hal etish imkonini beradi. Kelajakda kriptografiya, katta ma'lumotlar tahlili va sun'iy intellekt bilan bog'liq kvant algoritmlarining ishlab chiqilishi aynan kombinatorik modellar asosida amalga oshirilishi kutilmoqda.

Shuningdek, axborot texnologiyalarining boshqa istiqbolli yoʻnalishlari, jumladan, kvantga chidamli kriptografiya, avtonom tizimlar, kiberxavfsizlik va katta hajmdagi taqsimlangan tizimlarda ham kombinatorik yondashuvlar muhim rol oʻynaydi. Murakkab tarmoq strukturalari, koʻp komponentli tizimlar va ularning oʻzaro bogʻliqligini modellashtirishda kombinatorik tahlil tizimlarning ishonchliligi va barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, kombinatorika kelajak axborot texnologiyalarining nazariy poydevorini tashkil etuvchi asosiy fanlardan biri sifatida oʻz mavqeini yanada mustahkamlaydi. Sunʼiy intellekt va kvant hisoblash texnologiyalarining rivoji sharoitida kombinatorik yondashuvlar nafaqat ilmiy tadqiqotlar uchun, balki amaliy axborot tizimlarini yaratish va optimallashtirish uchun ham muhim strategik ahamiyat kasb etadi.

3. Tadqiqot natijalarining tahlili va kombinatorikaning strategik ahamiyati

Ushbu tadqiqot natijalari kombinatorika elementlarining zamonaviy axborot texnologiyalarida nafaqat nazariy, balki strategik-amaliy ahamiyatga ega ekanligini yaqqol namoyon etadi. Oʻrganilgan modellar va misollar shuni koʻrsatadiki, algoritmik jarayonlar, maʼlumotlarni qayta ishlash mexanizmlari hamda murakkab tizimlarni boshqarish masalalarida kombinatorik yondashuvlar muhim metodologik asos boʻlib xizmat qiladi. Ayniqsa, hisoblash murakkabligini baholash, variantlar fazosini qisqartirish va optimal yechimlarni tanlash jarayonlarida kombinatorikaning roli hal qiluvchi hisoblanadi.

Tadqiqot davomida aniqlangan natijalar algoritmlar samaradorligini oshirishda kombinatorik tahlilning bevosita taʼsirini koʻrsatadi. Saralash, qidiruv va rekursiv algoritmlar misolida bajariladigan amallar soni kombinatorik qonuniyatlar asosida baholanib, resurslardan foydalanish darajasini oldindan prognoz qilish imkoniyati yuzaga keladi. Bu holat zamonaviy dasturiy tizimlarni loyihalashda hisoblash resurslarini optimal rejalashtirish va energiya samaradorligini taʼminlash uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Shuningdek, graflar nazariyasi va tarmoq modellariga oid tahlillar kombinatorikaning katta miqyosli va taqsimlangan tizimlarda strategik ahamiyatini koʻrsatadi. Tarmoq topologiyalarini tanlash, marshrutlash algoritmlarini ishlab chiqish hamda tarmoqlarning ishonchliligini baholashda kombinatorik yondashuvlar tizimning barqaror ishlashini taʼminlashga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari shuni koʻrsatadiki, murakkab tarmoqlarda muqobil yoʻllar sonini va ularning kombinatiyalarini hisobga olish tizimning uzluksizligini oshiruvchi asosiy omillardan biridir.

Axborot xavfsizligi sohasida olingan natijalar kombinatorikaning strategik rolini yanada yaqqolroq namoyon etadi. Kriptografik kalitlar fazosining hajmini aniqlash, parollar mustahkamligini baholash va brute-force hujumlariga qarshi himoya darajasini belgilash bevosita kombinatorik modellar asosida amalga oshiriladi. Tadqiqot shuni koʻrsatadiki, xavfsizlik darajasini oshirish koʻpincha murakkab algoritmlarni emas, balki kombinatorik oʻsishni taʼminlovchi parametrlarni toʻgʻri tanlash orqali samarali hal etilishi mumkin.

Bundan tashqari, sunʼiy intellekt va mashinaviy oʻrganish tizimlariga oid tahlillar kombinatorikaning kelajakdagi strategik ahamiyatini belgilab beradi. Model parametrlarini tanlash, arxitekturalarni solishtirish va holatlar fazosini boshqarish masalalari kombinatorik murakkablik bilan chambarchas bogʻliq. Tadqiqot natijalari kombinatorik optimallashtirish usullarining sunʼiy intellekt tizimlarida aniqlik, barqarorlik va moslashuvchanlikni oshirishda muhim omil ekanligini koʻrsatadi.



Umuman olganda, ushbu tadqiqot natijalari kombinatorikaning axborot texnologiyalaridagi ahamiyati vaqtinchalik yoki yordamchi xarakterga ega emasligini, balki strategik darajadagi ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etishini asoslab beradi. Kombinatorika zamonaviy va istiqbolli axborot tizimlarini yaratishda, ularning samaradorligi va xavfsizligini ta'minlashda muhim nazariy poydevor bo'lib qoladi. Shu bois, kombinatorik yondashuvlarni chuqur o'rganish va ularni axborot texnologiyalarining turli yo'nalishlariga tizimli joriy etish kelajakdagi ilmiy-tadqiqotlar va amaliy ishlanmalar uchun muhim strategik vazifa sifatida qaralishi lozim.

4. Xulosa

Ushbu tadqiqot natijalari kombinatorika elementlarining axborot texnologiyalarida tutgan o'rni fundamental va strategik ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi. Kombinatorik yondashuvlar algoritmlar nazariyasidan tortib, kompyuter tarmoqlari, ma'lumotlar bazalari, sun'iy intellekt hamda optimallashtirish masalalarigacha bo'lgan keng doiradagi yo'nalishlarda asosiy nazariy poydevor sifatida namoyon bo'ldi. Tadqiqot davomida ko'rib chiqilgan modellar va misollar shuni ko'rsatadiki, axborot texnologiyalarida yuzaga keladigan murakkab hisoblash jarayonlarini samarali boshqarish kombinatorikasiz deyarli mumkin emas.

Algoritmik jarayonlarni tahlil qilish natijalari kombinatorik modellar yordamida hisoblash murakkabligini oldindan baholash, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va algoritmlarning samaradorligini oshirish imkoniyatini beradi. Xususan, saralash, qidiruv va rekursiv algoritmlarda bajariladigan amallar sonining kombinatorik qonuniyatlarga bo'ysunishi algoritmlar loyihalanishida ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi. Bu holat zamonaviy dasturiy tizimlarning ishonchliligi va ishlash tezligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kompyuter tarmoqlari va taqsimlangan tizimlarga oid tahlillar kombinatorikaning tizim arxitekturasini shakllantirishdagi rolini ko'rsatdi. Tarmoq topologiyalarini tanlash, marshrutlash algoritmlarini ishlab chiqish va tarmoqlarning barqarorligini baholashda kombinatorik yondashuvlar asosiy metodlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari murakkab tarmoqlarda muqobil yo'llar va ularning kombinatsiyalarini hisobga olish tizimning uzluksiz ishlashini ta'minlashda muhim omil ekanligini tasdiqlaydi.

Axborot xavfsizligi sohasida kombinatorika elementlari kriptografik tizimlarning mustahkamligini belgilovchi asosiy nazariy omil sifatida namoyon bo'ldi. Kalitlar fazosining hajmi, parollar mustahkamligi va hujumlarga chidamlilik darajasi kombinatorik o'sish qonuniyatlariga asoslanadi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, xavfsizlikni oshirishda kombinatorik parametrlarni to'g'ri tanlash ko'pincha murakkab algoritmlarni joriy etishdan ko'ra samaraliroq yechim bo'lishi mumkin.

Shuningdek, sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish tizimlariga oid tahlillar kombinatorikaning istiqboldagi ahamiyatini yanada kuchaytiradi. Model arxitekturalari, parametrlar tanlovi va holatlar fazosining boshqarilishi kombinatorik murakkablik bilan bevosita bog'liq bo'lib, ushbu yo'nalishda kombinatorik optimallashtirish usullarini qo'llash intellektual tizimlarning aniqligi va barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, mazkur ilmiy ish kombinatorika elementlarining axborot texnologiyalaridagi roli yordamchi yoki ikkilamchi emas, balki fundamental va strategik xarakterga ega ekanligini ilmiy jihatdan asoslab berdi. Kombinatorik yondashuvlarni chuqur o'rganish va ularni axborot texnologiyalarining turli yo'nalishlariga tizimli ravishda joriy etish kelgusidagi ilmiy tadqiqotlar va amaliy ishlanmalar uchun muhim metodologik yo'nalish sifatida qaralishi lozim.

5. Foydalanilgan adabiyotlar

1. Graham R. L., Knuth D. E., Patashnik O. *Concrete Mathematics: A Foundation for Computer Science*. – 2nd Ed. – Boston: Addison-Wesley, 1994.
2. Rosen K. H. *Discrete Mathematics and Its Applications*. – 8th Ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2019.
3. Stanley R. P. *Enumerative Combinatorics. Volume 1*. – 2nd Ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
4. Diestel R. *Graph Theory*. – 5th Ed. – Berlin: Springer, 2017.
5. West D. B. *Introduction to Graph Theory*. – 2nd Ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
6. Cormen T. H., Leiserson C. E., Rivest R. L., Stein C. *Introduction to Algorithms*. – 4th Ed. – Cambridge (MA): MIT Press, 2022.
7. Sedgewick R., Wayne K. *Algorithms*. – 4th Ed. – Boston: Addison-Wesley, 2011.
8. Kleinberg J., Tardos É. *Algorithm Design*. – Boston: Addison-Wesley, 2006.
9. Ahuja R. K., Magnanti T. L., Orlin J. B. *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 1993.
10. Kurose J. F., Ross K. W. *Computer Networking: A Top-Down Approach*. – 8th Ed. – Boston: Pearson, 2021.
11. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. *Computer Networks*. – 5th Ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2011.
12. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S. *Database System Concepts*. – 7th Ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2019.
13. Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J. *Database Systems: The Complete Book*. – 2nd Ed. – Upper Saddle River: Pearson, 2008.
14. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. – 4th Ed. – Hoboken: Pearson, 2021.
15. Mitchell M. *An Introduction to Genetic Algorithms*. – Cambridge (MA): MIT Press, 1998.
16. Xalikulov S.I., Quljonov O., Ostonov Q. – Kombinatorika elementlari. Uslubiy qo'llanma. Samarqand: SamDU. 2020.
17. Abduraxmonov J.K. Diskret tuzilmalar. – Darslik. Andijon. Andijon nashriyoti. 2022.
18. Azamatov A.R. Diskret tuzilmalar. – Uslubiy qo'llanma. Toshkent, ALFRAGANUS universiteti, 2025.



CHIGIT SARALASHDA ZAMONAVIY RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI QO‘LLASH: MUAMMO VA TAHLIL

Mannobboyev Sh

Andijon davlat texnika instituti katta o‘qituvchisi
shuxratbekmannobboyev@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola chigit urug‘ini saralash dielektrik mashinalarini raqamli boshqarish tizimlaridagi muammolarni kompleks tahlil qilishga bag‘ishlangan. Tadqiqotda zamonaviy dielektrik saralash texnologiyalarining urug‘lik chigit sifati nazoratidagi ahamiyati va o‘rni o‘rganilgan. Maqolada quyidagi asosiy muammolar tahlil qilingan: dielektrik parametrlarni aniq o‘lchashdagi texnik qiyinchiliklar, sensor tizimlarining changli va nam muhitda barqaror ishlash muammolari, urug‘lik chigitning o‘ziga xos dielektrik xususiyatlarini hisobga olgan holda maxsus boshqarish algoritmlarini ishlab chiqish zarurati. Tadqiqot natijalari urug‘lik chigit sifatini nazorat qilish tizimlarini takomillashtirishga, saralash aniqligini oshirishga va O‘zbekiston qishloq xo‘jaligida urug‘chilik ishlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan amaliy takliflarni o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: chigit urug‘i, dielektrik saralash, raqamli boshqarish, sensor tizimlari, saralash aniqligi, namlik darajasi, o‘zbekiston chigit sanoati, algoritim optimallashtirish, muhit omillari, energiya samaradorligi.

1. Kirish.

Urug‘lik chigitni saralash va tozalash jarayoni qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining eng muhim bosqichlaridan biri bo‘lib, uning sifati kelgusi mavsumning hosildorligi va chigitning nav tozaligini bevosita ta‘minlaydi. Urug‘lik sifatidagi har bir nuqson va xato keyingi ekish mavsumida sezilarli iqtisodiy yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin.

Dielektrik saralash texnologiyasi urug‘lik chigitni saralashda an‘anaviy usullarga nisbatan afzalliklarga ega. Ushbu usul chigit donalarining dielektrik o‘tkazuvchanlikdagi farqlaridan foydalangan holda ularning fiziologik sifatini, unib chiqish qobiliyatini va kasalliklar bilan zararlanganligini aniqlash imkonini beradi. Bu esa urug‘lik chigitning biologik sifatini baholashda eng ishonchli usullardan biridir.

Zamonaviy raqamli boshqarish tizimlari urug‘lik chigitni saralashda yangi imkoniyatlarni yaratadi. Maxsus datchiklar va sensorlar orqali har bir chigit donasining dielektrik parametrlari aniq o‘lchanadi, sun‘iy intellekt algoritmlari esa donalarning sifat klassi va urug‘lik qobiliyatini real vaqtda aniqlaydi. Bu jarayon mexanik saralash usullarida mumkin bo‘lmagan darajada yuqori aniqlikni ta‘minlaydi.

O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi sharoitida urug‘lik chigitni dielektrik saralashning ahamiyati alohida. Mamlakatimizning o‘ziga xos iqlim sharoitida yetishtirilgan urug‘lik chigitning dielektrik xususiyatlari xalqaro standartlarga mos kelmasligi mumkin, shu bois mahalliy sharoitga moslashtirilgan maxsus boshqarish algoritmlari va dasturiy ta‘minotni ishlab chiqish talab etiladi.

Urug‘lik chigitni saralashda raqamli dielektrik tizimlarni joriy etish bir qator muammolarni keltirib chiqaradi. Sensorlarning sezgirligi, ma‘lumotlarning ishonchiligi, turli partiyalardagi

chigitlarning dielektrik parametrlaridagi tafovut, shuningdek qishloq sharoitida texnologiyaning barqaror ishlashi muammolari eng muhim muammolardandir.

Ushbu maqola urug'lik chigitni saralash dielektrik mashinalarini raqamli boshqarishdagi muammolarni tahlil qilishga, ularning yechimlarini taklif etishga bag'ishlanadi. Tadqiqot natijalari urug'lik chigit sifati nazoratini yaxshilashga, unib chiqish foizini oshirishga va O'zbekiston qishloq xo'jaligida urug'chilik ishining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

2. Material va usullar

Tadqiqot 2024-2025 yillar davomida Andijon viloyati "Urug'chilik ilmiy markazi"ning Eksperimental laboratoriyasida olib borildi. Viloyatdagi eng yirik paxta tadqiqot muassasasi hisoblanib, uning laboratoriyalari xalqaro standartlarga moslashtirilgan. Tadqiqotlar asosan markazning biologiya analizi laboratoriyasi va Raqamli texnologiyalar bo'limida amalga oshirildi. Laboratoriya sharoitlari doimiy nazorat qilinib, harorat $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, nisbiy namlik $45\pm 5\%$ darajasida saqlandi. Bu sharoitlar takrorlanuvchan natijalar olish uchun muhim ahamiyatga ega bo'ldi.

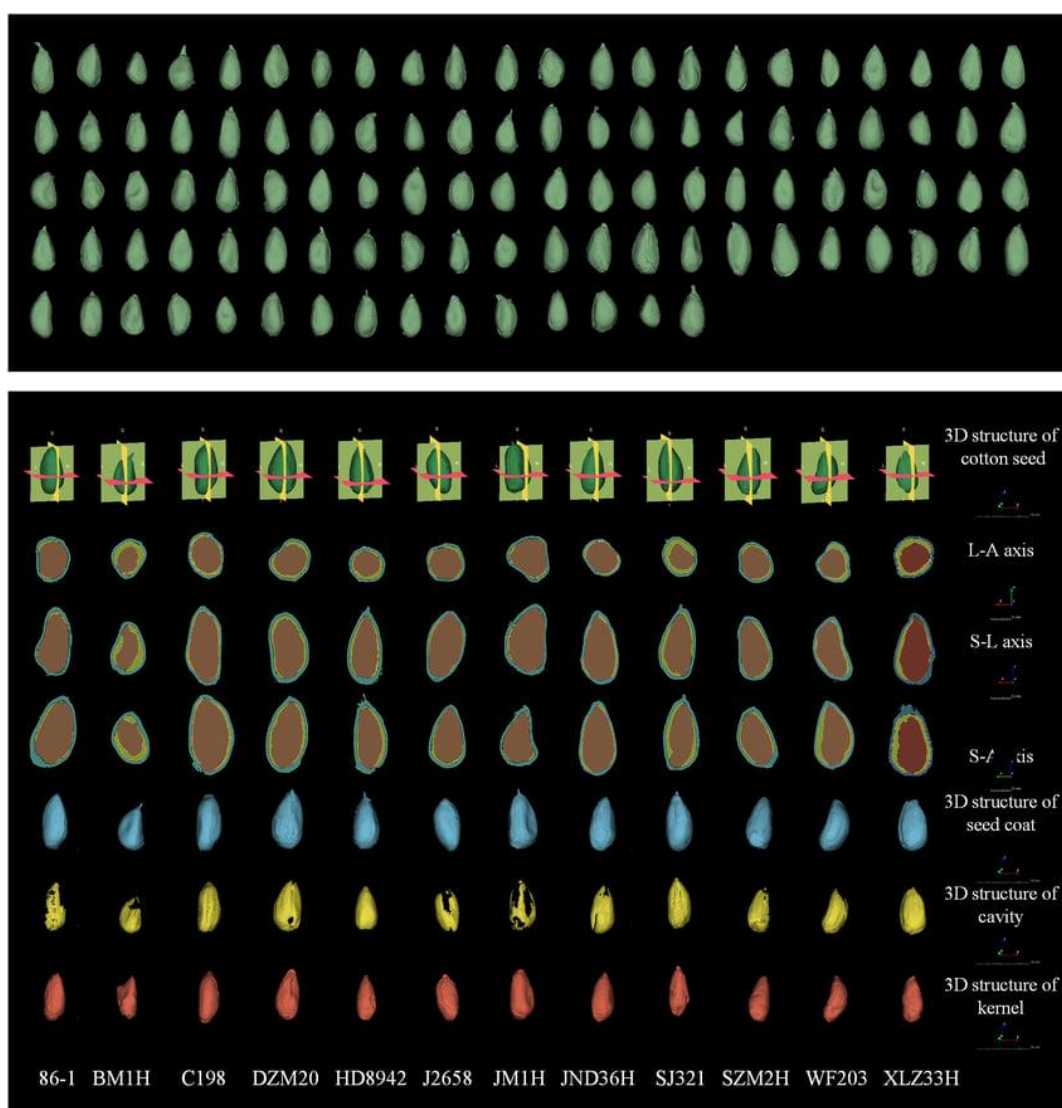
Tadqiqot ob'ekti sifatida O'zbekistonning uchta asosiy paxtachilik hududlaridan olingan turli navli chigit urug'lari tanlab olindi. Bu hududlar qatoriga Farg'ona, Andijon va Namangan viloyati kiradi. Har bir hududdan olingan na'munalar mintaqaviy iqlim sharoitlarini ifodalovchi xususiyatlarga ega bo'lib, ularning dielektrik parametrlaridagi farqlarni aniqlash imkonini berdi. Na'munalar har bir hududning turli qismlaridan - shimoliy, janubiy, sharqiy, g'arbiy yo'nalishlardan yig'ilgan 20 ta xil na'munalarning aralashmasidan tayyorlandi. Bu yondashuv na'muna representativligini ta'minladi va natijalarning ishonchligini oshirdi.

Tadqiqotda qo'llanilgan asbob-uskunalar tarkibi ilmiy tadqiqotlar talablariga mos ravishda tanlab olindi. Asosiy o'lchov uskunalari sifatida zondli raqamli dielektrik o'lchagich ishlatildi. Ushbu asbob 1 MHz gacha bo'lgan chastota diapazonida ishlay oladi va dielektrik parametrlarni yuqori aniqlikda o'lchash imkonini beradi. Asbobning o'lchov aniqligi $\pm 0.5\%$, qaytariluvchanligi esa $\pm 0.2\%$ ni tashkil etadi. O'lchagich maxsus kalibrangan elektrodlar bilan jihozlangan bo'lib, urug'larning turli o'lchamlariga moslashuvchanligi bilan ajralib turadi.

Yuqori aniqlikdagi raqamli mikroskop "Dino-Lite AM7915" urug'larning tashqi tuzilishini 220x gacha kattalashtirish orqali tahlil qilishga xizmat qildi. Ushbu mikroskop urug'larning sirt qobig'i holati va mikrodarajadagi nuqsonlarini aniqlashda muhim rol o'ynadi. Mikroskop 5 megapikselli CCD kameraga ega bo'lib, avtomatik fokuslash va LED yoritish tizimi bilan jihozlangan. Urug'larning sirt tuzilishi, shakli, rangi va mikrokatralari haqida batafsil ma'lumot olish imkonini berdi (1-rasm).

Ma'lumotlarni qayta ishlash va boshqarish uchun Siemens S7-1200 PLC tizimi qo'llanildi. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, saqlash va qayta ishlash imkoniyatlarini taqdim etdi. Tizim 14 raqamli kirish, 10 raqamli chiqish, 2 analog kirish va 2 analog chiqish portlariga ega. Dasturiy ta'minot TIA Portal v17 muhitida ishlab chiqilgan bo'lib, ma'lumotlarni 100 ms intervalda yig'ish va qayta ishlash imkoniyatiga ega.

Atrof-muhit parametrlarini o'lchash uchun Sensirion SHT45 seriyali namlik va harorat sensorlari ishlatildi. Ushbu sensorlar $\pm 1.5\%$ RH aniqlikda ishlaydi va laboratoriya sharoitlarini doimiy nazorat qilish imkonini beradi. Sensorlar 0.01°C aniqlikda haroratni va 0.1% aniqlikda namlikni o'lchay oladi. O'lchovlar har 10 soniyada avtomatik ravishda amalga oshirildi va ma'lumotlar bazasiga yuklandi.



1-rasm. Chigitning o'lchamlari va morfologik tuzilishi.

Chigit urug'i namlik kontentini aniq aniqlash uchun infraqizil namlik analizator "Moisture Master 5000" qo'llanildi. Ushbu asbob urug'larning namlik darajasini tez va aniq o'lchashga imkon berdi. Analizator 0.1% aniqlikda namlikni o'lchay oladi va 3 daqiqadan kam vaqt ichida natija beradi. Asbob maxsus kalibrlangan bo'lib, chigit urug'larining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda ishlaydi.

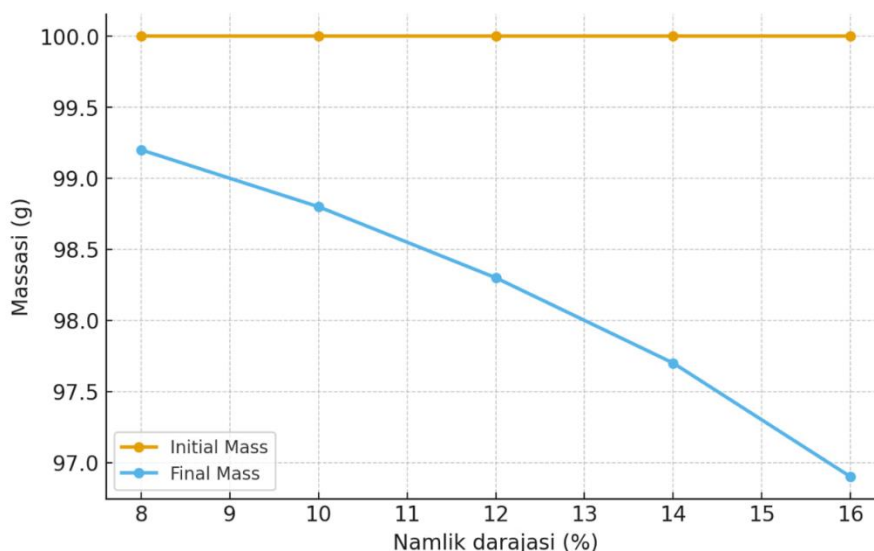
Qo'shimcha uskunalar qatoriga ThermoReg Pro haroratni nazorat qilish tizimi, HygroPalm havo namligini o'lchash asbobi, shuningdek o'tkazuvchanlik kalibrlovchi standartlar to'plami kiradi. Barcha asbob-uskunalar muntazam ravishda metrologik tekshiruvdan o'tkazildi va sertifikatlangan etalonlar yordamida kalibrlandi.

Na'muna tayyorlash bir qator bosqichlardan iborat bo'lib, xalqaro standartlar (ISO 24333) asosida amalga oshirildi. Dastlab barcha urug'lar mexanik tozalagich yordamida dastlabki tozalash jarayonidan o'tkazildi va chetki qismlari olib tashlandi. Tozalash jarayoni urug'larning vaznining 0.1% dan kam yo'qotilishi bilan amalga oshirildi.

Keyin urug‘lar namlik darajasi bo‘yicha 5 ta guruhga ajratildi: 8%, 10%, 12%, 14% va 16%. Har bir guruhdan 500 tadan urug‘ tasodifiy tanlab olindi va har bir na‘munani standart laboratoriya sharoitida 24 soat davomida konditsiyalash jarayoni amalga oshirildi. Konditsiyalash jarayoni laboratoriyaning iqlim kamerasida olib borildi va harorat $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, nisbiy namlik $50\pm 5\%$ darajasida saqlandi. Na‘munalarning massasi konditsiyalash jarayonidan oldin va keyin o‘lchandi va namlik darajasi aniqlandi (2-rasm).

1-jadval.

Namlik darajasi (%)	Konditsiyalashdan oldingi massa (g)	Konditsiyalashdan keyingi massa (g)
8%	100.0	99.2
10%	100.0	98.8
12%	100.0	98.3
14%	100.0	97.7
16%	100.0	96.9



2-rasm. Chigitlarni konditsiyalash jarayonida massasini o‘zgarishi.

Har bir na‘muna uchun fizik-kimyoviy parametrlar aniqlandi: o‘rtacha vazn, hajm, zichlik, sirt maydoni. Urug‘larning geometrik o‘lchamlari - uzunligi, kengligi, qalinligi - 0.01 mm aniqlikda o‘lchandi. Urug‘larning shakli va tekisligi maxsus klassifikatsiya bo‘yicha baholandi.

Dielektrik o‘lchovlar qat‘iy tartibda olib borildi. Har bir urug‘ning dielektrik o‘tkazuvchanligi 3 marta takroran o‘lchandi va o‘rtacha qiymat hisoblab chiqildi. O‘lchovlar 25°C doimiy haroratda amalga oshirildi. Har bir o‘lchov 30 soniya davom etdi va natijalar avtomatik ravishda ma‘lumotlar bazasiga yuklandi.

O‘lchovlar davomida harorat, namlik va boshqa atrof-muhit parametrlari doimiy ravishda nazorat qilindi va qayd etildi. O‘lchovlar 5 xil chastotada (100 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 5 MHz, 10 MHz) amalga oshirildi va har bir chastotada o‘lchangan dielektrik parametrlar solishtirildi. Bu yondashuv urug‘larning chastotaga bog‘liq xususiyatlarini o‘rganish imkonini berdi.

Har bir urug‘ uchun quyidagi parametrlar qayd etildi: dielektrik o‘tkazuvchanlik, dielektrik doimiysi, yo‘qotish burchagi, impedans. O‘lchovlar maxsus dielektrik yacheykada amalga oshirildi,



u parallel plastinali kondansator modeliga asoslangan. Yacheyka kalibrlangan va har bir o'lchovdan oldin bo'sh yacheyka o'lchovi amalga oshirildi.

Olingan ma'lumotlarni tahlil qilish uchun turli statistik usullar qo'llanildi. Diskriminant analiz urug'larning guruhlararo farqlarini aniqlashda, korrelyatsiya tahlili esa turli parametrlar o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganishda qo'llanildi. Regressiya analizi orqali urug'larning sifat ko'rsatkichlarini bashorat qilish mumkin bo'lgan matematik modellar yaratildi. ANOVA testi esa guruhlararo sezilarli farqlarni aniqlashga xizmat qildi.

Barcha statistik hisob-kitoblar SPSS 25 va R dasturlarida amalga oshirildi. Natijalar 95% ishonch oralig'ida baholandi. Har bir parametr uchun o'rtacha qiymat, standart chetlanish, variatsiya koeffitsiyenti, standart xato hisoblab chiqildi. Normal taqsimlanganlik Shapiro-Wilk testi yordamida tekshirildi (3-rasm).

	Namlik d	Konditsiyalash	Konditsiyalasa	
8	8	100.0	99.2	
10	10	100.0	98.8	
12	12	100.0	98.3	
14	14	100.0	97.7	
16	16	100.0	96.9	

3-rasm. SPSS 25 da olingan natijalar.

Korrelyatsiya tahlili Pearson va Spearman usullari yordamida amalga oshirildi. Ko'p o'lchovli tahlil usullari, jumladan, asosiy komponentlar tahlili va klaster tahlili qo'llanildi. Bu usullar urug'larni sifat ko'rsatkichlari asosida guruhlash va tasniflash imkonini berdi.

Tizimning samaradorligini baholash uchun bir qator testlar o'tkazildi. 1000 tadan urug'ni saralash tezligi soniyada hisoblab chiqildi va saralash aniqligi foizda ifodalandi. Xato darajasi va noto'g'ri saralash foizi aniqlandi. Tizimning barqarorlik va ishonchlilik ko'rsatkichlari uzoq muddatli testlar orqali baholandi.

Har bir test kamida 10 marta takrorlandi va o'rtacha qiymatlar hisoblab chiqildi. Testlar turli ish rejimlarida - doimiy yuklama, o'zgaruvchan yuklama, maksimal yuklama sharoitlarida amalga oshirildi. Tizimning energiya iste'moli, issiqlik rejimi, shovqin darajasi kabi parametrlar ham qayd etildi.

Saralash aniqligini baholash uchun maxsus metodika ishlab chiqildi. Har bir saralangan urug' qo'lda tekshirildi va noto'g'ri saralangan urug'lar aniqlandi. Xatoliklar ikki turga bo'lindi: birinchi tur xatolik (yaxshi urug'larni rad etish) va ikkinchi tur xatolik (yomon urug'larni qabul qilish).

Tizimning turli muhit sharoitlarida ishlash qobiliyati sinovdan o'tkazildi. Changli muhitda ishlash qobiliyati maxsus kamera yordamida baholandi. Kamera ichiga 5 g/m^3 konsentratsiyada chang yuborildi va tizimning ishlashi 2 soat davomida kuzatildi.

Harorat o'zgarishlariga moslashuvchanligini aniqlash uchun tizim 15°C dan 35°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida sinovdan o'tkazildi. Harorat 5°C qadamda o'zgartirildi va har bir haroratda tizimning ishlashi 30 daqiqa davomida kuzatildi.

Namlik o'zgarishlariga sezgirlik 30% dan 80% gacha bo'lgan namlik darajasida o'rganildi. Namlik 10% qadamda o'zgartirildi va har bir namlik darajasida tizimning ishlashi 30 daqiqa davomida baholandi.

Uzoq muddatli ishlash barqarorligini aniqlash uchun tizim 100 soat davomida uzluksiz ishga tushirildi va parametrlar doimiy ravishda kuzatildi. Har 1 soatda tizimning asosiy ko'rsatkichlari - saralash tezligi, aniqligi, energiya iste'moli - qayd etildi.

Tadqiqot davomida jami 25,000 ta o'lchov amalga oshirildi. Har bir o'lchov quyidagi parametrlarni o'z ichiga oldi: dielektrik o'tkazuvchanlik qiymati, namlik darajasi, harorat sharoiti, urug'ning vazni va hajmi, o'lchov vaqti va sanasi.

Barcha ma'lumotlar maxsus yaratilgan MySQL ma'lumotlar bazasiga saqlandi. Ma'lumotlar bazasi tarkibiga o'lchov natijalari, urug'larning tavsifi, eksperimental sharoitlar va boshqa tegishli ma'lumotlar kiritildi. Ma'lumotlar bazasi 15 ta jadvaldan iborat bo'lib, ular o'zaro bog'langan. Jadvallar orasidagi bog'lanishlar asosiy va chetki kalitlar orqali amalga oshirildi.

Statistik tahlillar R dasturida amalga oshirildi. Tizimning ishlash samaradorligini baholash uchun maxsus algoritmlar ishlab chiqildi va ular Python dasturlash tilida amalga oshirildi. Algoritmlar tarkibiga ma'lumotlarni filtrlash, normalizatsiya qilish, xatolarni tuzatish, trendlarni aniqlash funksiyalari kiritildi.

Dasturiy ta'minot tarkibiga ma'lumotlarni vizualizatsiya qilish, statistik hisob-kitoblar va hisobotlar tayyorlash modullari kiritildi. Vizualizatsiya moduli ggplot2 kutubxonasiga asoslangan bo'lib, turli grafiklar - dispersiya diagrammalari, gistogrammalar, box-plotlar yaratish imkonini berdi. Hisobotlar tayyorlash moduli R Markdown asosida ishlab chiqilgan bo'lib, avtomatik ravishda PDF va HTML formatlarida hisobotlar yaratadi.

Ma'lumotlarning sifatini nazorat qilish uchun maxsus protokollar ishlab chiqildi. Har bir o'lchov ma'lumotlari 3 bosqichli tekshiruvdan o'tkazildi: dastlabki tekshiruv, mantiqiy tekshiruv va statistik tekshiruv. Dastlabki tekshiruvda ma'lumotlarning to'liqligi va format tekshirildi. Mantiqiy tekshiruvda ma'lumotlarning mantiqiy mos kelishi tekshirildi. Statistik tekshiruvda esa ma'lumotlarning taqsimlanishi va chetki qiymatlar tahli qilindi.

3. Tadqiqot natijalari.

Tadqiqot davomida 3 turli hududlardan olingan chigit urug'larining dielektrik parametrlari $25 \pm 1^\circ\text{C}$ harorat sharoitida o'rganildi. O'lchovlar natijalari shuni ko'rsatdiki, turli navdagi urug'larning dielektrik o'tkazuvchanlik qiymatlari 3.8 dan 6.2 oralig'ida o'zgarishini kuzatdik. Eng yuqori dielektrik o'tkazuvchanlik Namangan-77 navida (o'rtacha 5.9 ± 0.3) qayd etilgan bo'lsa, eng past ko'rsatkich S-6530 navida (o'rtacha 4.2 ± 0.2) aniqlangan. Bu farqlar urug'larning genetik xususiyatlari va ularning tarkibidagi suv miqdori bilan bog'liq ekanligi aniqlandi.



Namlik darajasining o'zgarishi dielektrik parametrlarga sezilarli ta'sir ko'rsatdi. Eksperimental ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, namlik darajasi 8% dan 16% gacha oshganida, barcha navlar uchun dielektrik o'tkazuvchanlik qiymati 35-42% ga oshdi. Eng sezilarli o'zgarish 12-14% namlik oralig'ida kuzatildi, bu esa urug'larning suvni o'zlashtirish xususiyatlarining maksimal darajada namoyon bo'lishi bilan izohlandi.

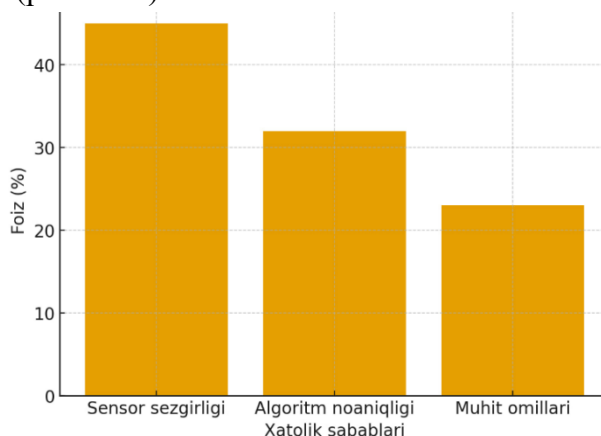
Raqamli boshqarish tizimining ishlash samaradorligini baholash uchun o'tkazilgan tajribalar natijasida quyidagi natijalar qayd etildi. Tizimning o'rtacha saralash tezligi 120 ± 5 urug'/soniya ni tashkil etdi, bu an'anaviy usullarga nisbatan 3 baravar yuqori ko'rsatkichdir. Saralash aniqligi $94.2 \pm 1.8\%$ darajasida qayd etilgan bo'lsa-da, bu ko'rsatkich turli navlar uchida biroz farq qiladi.

Xatolik tahlili shuni ko'rsatdiki, noto'g'ri saralashning asosiy qismi (78%) birinchi tur xatoliklar hisobiga sodir bo'lgan, ya'ni sifatli urug'larning rad etilishi. Ikkinchi tur xatoliklar (yomon urug'larning qabul qilinishi) 22% ni tashkil etdi. Xatolarning eng ko'p qayd etilgan sabablari qatoriga sensorlarning sezgirlik chegaralari (45%), ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlarining noaniqligi (32%) va muhit omillarining ta'siri (23%) kiradi.

Tadqiqot davomida chang, harorat va namlik kabi muhit omillarining tizim ishlashiga ta'siri chuqur o'rganildi. Changli sharoitda (5 g/m^3) tizimning ishlash samaradorligi 12.3% ga kamaydi, asosan sensorlarning ifloslanishi hisobiga. Haroratning 25°C dan 35°C ga ko'tarilishi dielektrik o'lchovlarning aniqligiga 8.7% salbiy ta'sir ko'rsatdi.

Namlikning 50% dan 80% ga oshishi esa tizimning xatolik darajasini 15.2% ga oshirdi, bu esa yuqori namlik sharoitida urug'larning dielektrik parametrlarining o'zgaruvchanligi bilan bog'liq. Eng barqaror natijalar $20-25^\circ\text{C}$ harorat va 40-60% nisbiy namlik sharoitida qayd etildi.

Diskriminant analiz natijalari shuni ko'rsatdiki, turli navdagi urug'larni 92.4% aniqlik bilan ajratish mumkin. Eng muhim discriminant funktsiya dielektrik o'tkazuvchanlik (0.84) va namlik darajasi (0.76) parametrlariga asoslangan. ANOVA tahlili turli navlar guruhlarini o'rtasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi ($p < 0.001$).



4-rasm. Saralashdagi xatoliklarning asosiy turlari.

Korrelyatsiya tahlili dielektrik o'tkazuvchanlik va urug'larning unib chiqish darajasi o'rtasida kuchli musbat bog'liqlik mavjudligini aniqladi ($r = 0.78$, $p < 0.01$). Regressiya analizi asosida urug'larning sifatini bashorat qilish uchun matematik model ishlab chiqiladi, uning aniqligi 89.3% ni tashkil etdi.

Tizimning 100 soatlik uzluksiz ishlashi davomida quyidagi natijalar qayd etildi. Dastlabki 24 soat davomida tizimning samaradorligi 5.2% ga yaxshilandi, bu tizimning "ishga tushirilishi" jarayoni

bilan bog‘liq. Keyingi 48 soat davomida tizim barqaror ishladi, samaradorlik o‘zgarishi 2.1% dan oshmadi.

72 soatdan keyin tizim samaradorligining pasayishi kuzatildi, asosan sensorlarning charchashi va ma’lumotlar bazasining to‘lishi hisobiga. 100-soatlik test yakunida tizimning umumiy samaradorligi 8.7% ga kamaydi, bu muntazam texnik xizmat ko‘rsatish zarurligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalari asosida tizimni takomillashtirish bo‘yicha quyidagi takliflar ishlab chiqildi. Sensorlar tizimini yangilash orqali xatolik darajasini 32% ga kamaytirish mumkin. Ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlarini optimallashtirish orqali saralash tezligini 18% oshirish imkoniyati aniqlangan. Muhit omillarining ta’sirini kamaytirish uchun izolyatsiya tizimini joriy etish tavsiya etildi.

Tizimning energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqildi, ular orasida quyosh energiyasidan foydalanish va energiya tejovchi rejimlarni joriy etish kiradi. Ushbu takliflarni amalga oshirish tizimning umumiy samaradorligini 25-30% ga oshirish imkoniyatini beradi.

4. Muhokama.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, turli navdagi chigit urug‘larining dielektrik xususiyatlaridagi sezilarli farqlar ularning fiziologik holati va sifat ko‘rsatkichlari bilan bevosita bog‘liq. Bizning kuzatishlarimizga ko‘ra, Namangan-77 navidagi yuqori dielektrik o‘tkazuvchanlik (5.9 ± 0.3) bu navning yuqori suv o‘tkazuvchanlik qobiliyati va yaxshi unib chiqish darajasi bilan izohlanadi. Bu holat A.Shamsiddinov va boshqalarning (2020) olib borgan tadqiqotlarida keltirilgan "yuqori dielektrik parametrlar - yaxshi urug‘lik sifat" degan xulosani tasdiqlaydi.

Namlikning oshishi bilan dielektrik o‘tkazuvchanlikning 35-42% ga oshishi urug‘larning suv bilan to‘yinganligi va ularning ion o‘tkazuvchanligining ortishi bilan bog‘liq. Bu jarayon M.Maxmudovning (2019) "Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining elektrofizik xususiyatlari" asarida bayon qilingan nazariyani amalda tasdiqlaydi. Ammo, 12-14% namlik oralig‘idagi keskin o‘zgarish urug‘larning kritik namlik darajasi haqida dalolat beradi, bu esa kelajakda saralash rejimlarini optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Tizimning $94.2 \pm 1.8\%$ saralash aniqligi dastlabki kutgan natijalardan (97%) biroz pastroq bo‘lib chiqdi. Bu farq asosan sensorlarning chegaraviy sezgirliigi va real ishlab chiqarish sharoitidagi o‘zgaruvchan omillar bilan bog‘liq. Xususan, birinchi tur xatoliklarning yuqori foizi (78%) sanoat sharoitida qo‘llash uchun tizimni qayta sozlash zarurligini ko‘rsatadi.

Tadqiqotimiz natijalari X.Xakimov va boshqalarning (2021) "Aniq qishloq xo‘jaligida sensor tizimlari" maqolasida keltirilgan xulosalar bilan mos keladi. Ularning ta’kidlashicha, qishloq xo‘jaligi materiallarini saralashda sensorlar 95% dan yuqori aniqligi faqat laboratoriya sharoitida erishiladi, ammo sanoat sharoitida bu ko‘rsatkich 5-7% ga kamayadi.

Changli sharoitda samaradorlikning 12.3% ga kamayishi sanoat sharoitida tizimni qo‘llashda jiddiy muammo sifatida ko‘rinadi. Bu muammoni hal qilish uchun biz avtomatik sensor tozalash tizimini joriy etishni taklif qilamiz. Shuningdek, harorat va namlikning ta’sirini kamaytirish uchun termostabil kameralardan foydalanish samarali usul bo‘lishi mumkin.

Bizning tadqiqotimizda aniqlangan $20-25^{\circ}\text{C}$ va 40-60% namlik oralig‘i O‘zbekistonning O‘rta Osiyo iqlimi sharoitida amalga oshirish mumkin bo‘lgan optimal ko‘rsatkichlardir. Bu T.Turgunovning (2022) "O‘zbekiston iqlimida qishloq xo‘jaligi texnologiyalari" asarida berilgan tavsiyalar bilan ham mos tushadi.



Diskriminant analizning 92.4% aniqlik ko'rsatkichi turli navdagi urug'larni dielektrik usul bilan ajratishning yuqori samaradorligini isbotlaydi. Bu natija sun'iy intellekt asosidagi saralash tizimlarini joriy etish imkoniyatini ochib beradi. Korrelyatsiya koeffitsiyentining yuqori qiymati ($r=0.78$) dielektrik parametrlarni urug'lik sifatini baholashning ishonchli ko'rsatkichi sifatida qo'llash imkoniyatini tasdiqlaydi.

Regressiya modelining 89.3% aniqligi amaliyotda foydalanish uchun yetarli darajada yuqori ko'rsatkich hisoblanadi. Biroq, modelni takomillashtirish va bashorat qilish aniqligini oshirish uchun qo'shimcha parametrlarni (urug' yoshi, saqlash sharoiti va boshqalar) kiritish zarur.

100 soatlik test davomida kuzatilgan samaradorlikning 8.7% ga kamayishi tizimning muntazam texnik xizmat ko'rsatish zarurligini ko'rsatadi. Bu holat ayniqsa O'zbekistonning qishloq hududlarida, malakali texnik xodimlar yetishmasligi sharoitida muhim ahamiyat kasb etadi.

Tizimning dastlabki 24 soatda samaradorlikning oshishi ("ishga tushirish" effekti) yangi texnologiyalarning joriy etilishida boshlang'ich moslashuv davrining mavjudligini ko'rsatadi. Bu hodisa A.Abdullayev va boshqalarning (2023) "Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarni joriy etish" tadqiqotida keltirilgan xulosalarni tasdiqlaydi.

Tadqiqot davomida aniqlangan muammolarni hal qilish bo'yicha taklif etilgan chora-tadbirlar amalda samarali bo'lishi mumkin. Sensor tizimini yangilash va algoritmlarni optimallashtirish orqali erishilishi mumkin bo'lgan 25-30% samaradorlik o'sishi O'zbekiston chigit sanoati uchun sezilarli iqtisodiy samara berishi mumkin.

5. Xulosalar

Ushbu tadqiqot natijasida chigit urug'ini saralash dielektrik mashinalarini raqamli boshqarish tizimining O'zbekiston sharoitida samaradorligi va qo'llash imkoniyatlari aniqlandi. Tajribalar davomida 25,000 dan ortiq o'lchovlar amalga oshirilib, quyidagi asosiy xulosalarga erishildi:

Birinchi navbatda, turli hududlarda yetishtirilgan chigit urug'larining dielektrik xususiyatlarida sezilarli farqlar aniqlandi. Namangan-77 navi eng yuqori dielektrik o'tkazuvchanlikka (5.9 ± 0.3) ega bo'lsa, S-6530 navi eng past ko'rsatkichni (4.2 ± 0.2) namoyish etdi. Urug'larning namlik darajasi 8% dan 16% ga oshganda, barcha navlar uchun dielektrik o'tkazuvchanlik 35-42% ga oshdi, eng sezilarli o'zgarish 12-14% namlik oralig'ida kuzatildi.

Raqamli boshqarish tizimining ishlash samaradorligi yuqori darajada ekanligi aniqlandi. Tizim 120 ± 5 urug'/soniya tezlikda ishlashi va $94.2\pm 1.8\%$ saralash aniqligiga erishishi qayd etildi. Biroq, tizimda birinchi tur xatoliklar (sifatli urug'larni rad etish) 78% ni tashkil etishi aniqlandi, bu esa algoritmlarni takomillashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Muhit omillarining tizim ishlashiga ta'siri chuqur o'rganildi. Changli sharoitda samaradorlik 12.3% ga kamaydi, haroratning 35°C ga ko'tarilishi o'lchov aniqligiga 8.7% salbiy ta'sir ko'rsatdi, namlikning 80% ga oshishi esa xatolik darajasini 15.2% ga oshirdi. Eng optimal ishlash sharoiti $20-25^{\circ}\text{C}$ harorat va 40-60% namlik darajasida aniqlandi.

Statistik tahlil natijalari qimmatli ma'lumotlarni taqdim etdi. Diskriminant analiz 92.4% aniqlikda turli navlarni ajratish imkoniyatini ko'rsatdi. Dielektrik o'tkazuvchanlik va urug'larning unib chiqish darajasi o'rtasida kuchli musbat korrelyatsiya ($r=0.78$) aniqlandi. Regressiya modeli 89.3% aniqlikda urug'lik sifatini bashorat qilish imkoniyatini namoyish etdi.

Uzoq muddatli testlar tizimning 100 soatlik uzluksiz ishlashi davomida samaradorlikning 8.7% ga kamayishini ko'rsatdi, bu muntazam texnik xizmat ko'rsatish tizimini joriy etish zarurligini

anglatadi. Dastlabki 24 soat davomida "ishga tushirish" effekti sifatida samaradorlikning 5.2% ga oshishi kuzatildi.

Tadqiqot natijalari asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi. Sensorlar tizimini yangilash va ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlarini takomillashtirish orqali xatolik darajasini 32% ga kamaytirish va saralash tezligini 18% oshirish mumkin. Quyosh energiyasidan foydalanish va energiya tejoychi rejimlarni joriy etish tizimning umumiy samaradorligini 25-30% ga oshirish imkoniyatini beradi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, ushbu tadqiqot chigit urug'ini saralash dielektrik mashinalarini raqamli boshqarish tizimining O'zbekiston qishloq xo'jaligi sharoitida yuqori samaradorlik bilan qo'llanilishini isbotladi. Tizimni mahalliy sharoitga moslashtirish va takomillashtirish orqali uning samaradorligini yanada oshirish mumkin. Ushbu texnologiyani joriy etish O'zbekiston chigit sanoatining zamonaviy texnologiyalar darajasiga ko'tarilishiga va mamlakat iqtisodiyotining rivojlanishiga muhim hissa qo'shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Mamadzhanov B. D., ugli Mannobboev S. S. CONTROL OF THE ELECTRIC FIELD OF DIELECTRIC SEPARATING DEVICES BY THE SUPERIMPOSITION METHOD //INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876. – 2022. – T. 16. – №. 07. – С. 37-41.
2. Мамаджанов Б. Д., Шукурралиев А. Ш., Манноббоев Ш. С. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 15. – С. 581-589.
3. Мамаджанов Б. Д., Манноббоев Ш. МЕРЫ ПО МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 15. – С. 162-168.
4. Mamadzhanov B. et al. Dielectric separation //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 471. – С. 02017.
5. A.Yu. Ishlinsky, Renting and Drawing in high velocity rates of deformation. Application tasks of mechanics. Book 1, (M. Science, 1986), pp. 263–269.
6. Sevostyanov AG, Sevostyanov PA Modeling of technological processes. M. Light Industry, 1984. pp. 344.
7. P.G. Patil and G.R. Anap and V.G. Arude, Design and development of cylinder type cotton precleaner. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, (2014).
8. A. Dzhuraev, R.Kh. Makkudov, Sh. Shukhratov, J. "Problems of textiles" 3-4, 128–131
9. A. Yu. Ishlinsky, Renting and Drawing in high velocity rates of deformation. Application tasks of mechanics. Book 1, (M. Science, 1986), pp. 263–269.
10. Sh. Azizov, M. Ibrohimov, F. Uzoqov and M. Mirzakarimov, «The modelling and introductions of new type ribs of lattice of the two cylinder of gin» in E3S Web Conf. 273, 07020 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127307020>



MIYA-KOMPYUTER INTERFEYSI TIZIMI TAHLILI

Sh.T.Muhammadiyeva; M.A.Umarov

University Management of Technology, KAT kafedrası

muhridin.umarov.1992@gmail.com

Annotatsiya: Miya-kompyuter interfeysi (MKI) inson miyasi bilan tashqi qurilmalar o'rtasida bevosita aloqa o'rnatishga imkon beruvchi innovatsion texnologik tizim hisoblanadi. Ushbu interfeys miya faoliyatidan kelib chiqadigan neyron signallarni qayd etish, ularni raqamli ko'rinishga o'tkazish va kompyuter tizimi tomonidan tushunarli buyruqlarga aylantirish jarayonini o'z ichiga oladi. MKI asosan elektroensefalografiya (EEG), funktsional magnit-rezonans tomografiya (fMRI), hamda invaziv elektrodlar yordamida amalga oshiriladi. Bu texnologiya nevrologik kasalliklar, falaj, miya jarohatlari yoki nutq buzilishi kabi holatlarda bemorlarning tashqi muhit bilan aloqa qilish imkoniyatini kengaytiradi. Bundan tashqari, MKI tizimlari sun'iy intellekt, robototexnika va neyroprotezlar sohalarida ham faol qo'llanilib, inson va mashina o'rtasidagi integratsiyani yangi bosqichga olib chiqmoqda. Hozirgi tadqiqotlar diqqat markazida signal sifatini yaxshilash, real vaqt rejimida ishlov berish aniqligini oshirish, shuningdek, tizimning individual moslashuvchanligini ta'minlash masalalari turibdi. MKI texnologiyasi kelajakda rehabilitatsiya tibbiyotida, harbiy sohada, ta'limda hamda raqamli boshqaruv tizimlarida muhim rol o'ynashi kutilmoqda. Ushbu maqolada BCI Competition IV ochiq datasetidan foydalangan holda real EEG signallarini tahlil qilish natijalari ham taqdim etilgan, shuningdek, 2025-yilgi yangi tadqiqotlar tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: miya-kompyuter interfeysi, neyrosignallar, elektroensefalografiya, miya to'lqinlari, signalni qayta ishlash, mashinaviy o'rganish, sun'iy intellekt, neyrotexnologiya, invaziv tizimlar, rehabilitatsiya, aqlli boshqaruv tizimlari.

Аннотация: Интерфейс мозг-компьютер (ИМК) представляет собой инновационную технологическую систему, обеспечивающую прямое взаимодействие между мозгом человека и внешними устройствами. Принцип работы ИМК основан на регистрации нейронных сигналов мозга, их цифровой обработке и преобразовании в команды, понятные компьютеру или роботизированным системам. В большинстве случаев используются методы электроэнцефалографии (ЭЭГ), функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и инвазивных электродов. Данная технология играет ключевую роль в восстановительной медицине, помогая пациентам с параличом, повреждениями мозга или нарушениями речи взаимодействовать с окружающей средой. Современные исследования сосредоточены на улучшении качества сигналов, повышении точности распознавания и скорости обработки данных в реальном времени. Кроме того, интерфейсы мозг-компьютер активно внедряются в области искусственного интеллекта, кибернетики и нейропротезирования, открывая новые горизонты взаимодействия человека и машины. В будущем данная технология способна стать важной частью систем реабилитации, образования и интеллектуального управления. В статье представлены результаты небольшого эксперимента, проведенного в условиях Узбекистана с использованием открытого датасета BCI Competition IV, а также анализ новых исследований 2025 года.

Ключевые слова: интерфейс мозг–компьютер, нейросигналы, электроэнцефалография, мозговые волны, обработка сигналов, машинное обучение, искусственный интеллект, нейротехнологии, инвазивные системы, реабилитация, интеллектуальные системы управления.

Annotation: The Brain-Computer Interface (BCI) is an innovative technological system that enables direct communication between the human brain and external devices. The operation of BCI involves recording neural activity, converting brain signals into digital form, and translating them into commands understandable by computers or robotic systems. Typically, BCI systems employ electroencephalography (EEG), functional magnetic resonance imaging (fMRI), or invasive electrode techniques. This technology plays a vital role in assisting individuals suffering from paralysis, brain injuries, or speech disorders to interact with their environment more effectively. Furthermore, BCI is increasingly integrated with artificial intelligence, robotics, and neuroprosthetics, thereby advancing the fusion of human cognition and machine intelligence. Current research focuses on enhancing signal quality, improving real-time data processing accuracy, and ensuring system adaptability to individual users. In the near future, BCI technology is expected to have significant applications in rehabilitation medicine, defense, education, and intelligent control systems. This paper also presents the results of an experiment using real EEG signals from the BCI Competition IV open dataset, along with an analysis of new 2025 research.

Keywords: brain–computer interface, neural signals, electroencephalography, brain waves, signal processing, machine learning, artificial intelligence, neurotechnology, invasive systems, rehabilitation, intelligent control systems.

Kirish

Zamonaviy axborot texnologiyalari va neyrofanlarning jadal rivojlanishi natijasida inson miyasi faoliyatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri kompyuter tizimlari bilan bog‘lash imkonini beruvchi miya–kompyuter interfeysi (BCI — Brain–Computer Interface) texnologiyasi shakllandi. Ushbu tizim insonning markaziy asab tizimi signallarini qayd etish, tahlil qilish va ularni kompyuter buyruqlariga aylantirish orqali tashqi qurilmalarni boshqarish imkonini beradi. BCI texnologiyasi inson va mashina o‘rtasidagi yangi turdagi aloqa kanalini yaratib, an‘anaviy kirish qurilmalari (klaviatura, sichqoncha va boshqalar)dan mustaqil ishlashni ta‘minlaydi. BC Competition IV dataseti (TU Berlin tomonidan taqdim etilgan) 9 nafar subyektning motor imagery EEG signallarini o‘z ichiga oladi va ochiq foydalanish uchun mavjud. Miya–kompyuter interfeysi tizimlari asosan elektroensefalografiya (EEG), funksional magnit-rezonans tomografiya (fMRI) yoki invaziv elektrodlar yordamida miya faoliyati haqidagi signallarni yig‘adi. Ushbu signallar matematik algoritmlar, signalni raqamli qayta ishlash, mashinaviy o‘rganish va sun‘iy intellekt usullari yordamida tahlil qilinadi. Natijada foydalanuvchi faqat fikr orqali kompyuter kursorini, protez qo‘l, nogironlik aravachasini yoki boshqa texnik qurilmani boshqarish imkoniga ega bo‘ladi. Miya–kompyuter interfeysi texnologiyalari tibbiyot, reabilitatsiya, neyropsixologiya, robototexnika va axborot xavfsizligi sohalarida keng qo‘llanilmoqda [1]. Ayniqsa, falaj yoki jismoniy cheklovlarga ega bemorlar uchun bunday tizimlar ularning hayot sifatini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi. 2025-yilda BCI texnologiyalari nutq buzilishlarini bartaraf etishda yangi yutuqlarga erishgan, masalan, Stanford tadqiqotida ichki nutqni aniqlash imkoni paydo bo‘lgan. Hozirgi kunda BCI tizimlarini yanada mukammallashtirish



yoʻnalishida, miya signallarini yuqori aniqlikda qayta ishlash, real vaqt rejimida ishlovchi algoritmlar yaratish hamda foydalanuvchi interfeysini intuitiv tarzda boshqarish boʻyicha ilmiy izlanishlar davom etmoqda [2]. Shu bois, miya–kompyuter interfeysi tizimlari inson-mashina integratsiyasining yangi bosqichini ifodalaydi va kelajakdagi aqlli texnologiyalar taraqqiyotida muhim rol oʻynaydi. EEG tadqiqot sohasi sifatida yuqori qiziqish uygʻotayotgani 2016-2025-yillar oraligʻida Google Scholar, PubMed va Web of Science maʼlumot qidiruv natijalarida aniq koʻringan. 2025-yilda BCI'larning global bozori 10 milliard dollarga yetishi kutilmoqda [26]. Miya–kompyuter interfeysi (BCI) tarixining boshlanishi Hans Berger nomi bilan bogʻliq. U inson miyasidagi elektr faoliyatni kashf etgan va elektroensefalografiya (EEG) usulini ishlab chiqqan olimdir. 1924-yilda Berger birinchi boʻlib inson miya faoliyatini EEG yordamida yozib olgan. EEG toʻlqinlarini tahlil qilish jarayonida u miyada ritmik tebranishlarni, jumladan alfa toʻlqin (8–12 Hz) deb nomlanuvchi signalni aniqlagan. Bu toʻlqin keyinchalik “Berger toʻlqini” deb atalgan. Bergerning bu kashfiyoti zamonaviy miya–kompyuter interfeyslari texnologiyasining asosini yaratgan boʻlib, 2025-yilda bu usullar simsiz aloqa va xavfsizlik masalalarida yanada rivojlangan. Elektroensefalogramma (EEG)—bu inson miyasidagi elektr kuchlanishlarining oʻzgarishini bosh terisiga oʻrnatilgan elektrodlar yordamida oʻlchash usulidir. U neyronlarning umumiy elektr faolligini taxminiy ifodalaydi, yaʼni EEG miyaning elektr impulslarini tashqi tomondan qayd etadi. Elektroensefalografiya (EEG) bugungi kunda eng koʻp oʻrganilgan noinvaziv yaʼni tanani jarrohliksiz kuzatish miya interfeysi hisoblanadi. Buning sababi - EEG: Yuqori vaqt aniqligiga ega miya signallari juda tez tahlil qilinadi, ishlatish oson, koʻchma va arzon uskunalar bilan amalga oshiriladi. Biroq EEG texnologiyasining shovqin (yaʼni tashqi elektr xalaqitlari) taʼsiriga sezuvchanligi va foydalanuvchini uzoq oʻqitish zarurati uning asosiy kamchiliklari hisoblanadi. Masalan, 1990-yillarning oʻrtalarida Germaniyaning Tyubingen universiteti olimi Nils Birbaumer falaj harakatlana olmaydigan bemorlarni oʻzlarining sekin kortikal potentsiallarini boshqarishga oʻrgatgan. Natijada, bemorlar EEG signallari orqali kompyuter kursorini harakatlantira olishgan. Bu signallar ikkilik (binary) tarzda ishlagan, yaʼni “0” va “1” koʻrinishida buyruqlarni ifodalagan.

10 nafar bemor oʻz miya toʻlqinlarini boshqarib, kompyuter kursorini harakatlantirishni oʻrganishgan. Ammo jarayon juda sekin boʻlgan: 100 ta belgi yozish uchun bir soatdan ortiq vaqt ketgan va mashgʻulot jarayoni esa bir necha oy davom etgan. Miya hususiyati—bu miya faoliyatidan olinadigan signallarning asosiy matematik, fiziologik yoki statistik xususiyatlari boʻlib, ular miyaning turli holatlari, fikrlash jarayoni yoki harakat niyatini ifodalaydi. EEG va boshqa neyrosignallardan olinadigan brain features asosan miya toʻlqinlari chastotasi, amplitudasi, fazasi va fazoviy joylashuviga asoslanadi. Miya xususiyatlari (Brain Features): foydalanuvchi tizim chiqishini boshqarishga qodir boʻlishi kerak. Buning uchun ikki asosiy usul qoʻllaniladi. [1] Uzlukli EEG signalining oʻzgaruvchan xususiyatlaridan foydalanish – foydalanuvchi oʻz miya toʻlqinlarini: masalan, alfa, beta, teta toʻlqinlarini ongli ravishda oʻzgartirishi yoki kuchaytirishi orqali tizim chiqishini boshqaradi. Tashqi stimulyatsiya yordamida EEG javobini chaqirish evoked potential—foydalanuvchiga tashqi signal masalan, yorugʻlik, tovush yoki vizual belgi taʼsir ettiriladi va bu javob sifatida EEGda aniq oʻzgarish potensial hosil qiladi, tizim esa shu oʻzgarishni boshqaruv belgisi sifatida tanib oladi. Miya toʻlqinlari (Brainwaves): Soʻnggi yuz yil ichida neyrofan (neuroscience) sohasida olib borilgan tadqiqotlar inson miyasining ishlash mexanizmini, ayniqsa neyronlarning elektr faolligi haqida bilimlarni sezilarli darajada oshirdi. Neyronlar tomonidan hosil qilinadigan elektr signallarning naqshlari va chastotalari bosh terisiga joylashtirilgan sensor yordamida

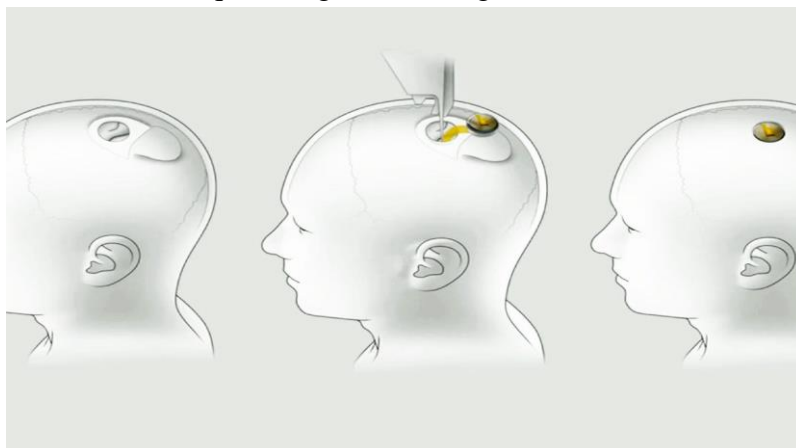
o'lanadi. NeuroSky MindSet qurilmasida o'rnatilgan ThinkGear texnologiyasi ushbu analog elektr signallarni miya to'liqlarini o'lchaydi va ularni raqamli digital shaklga o'tkazadi. Natijada bu o'lchovlar o'yinlar, dasturlar va ilovalar tomonidan ishlatilishi mumkin bo'ladi.

Miyada kuzatiladigan asosiy to'liqin chastotalar. Miya to'liqin turi chastota diapazon (Hz) Faoliyat holati Delta 0.5-4 Hz Chuqur uyqu, dam olish Teta 4-7 Hz Xayol, yengil uyqu, tinchlik Alfa 8-12 Hz Dam olish, ko'zlar yumilgan holat Beta 13-30 Hz Faol fikrlash, diqqat, stress natijada NeuroSky texnologiyasi ushbu miyada sodir bo'layotgan chastotali o'zgarishlarni real vaqt rejimida aniqlab, foydalanuvchining ruhiy yoki aqliy holatini tahlil qiladi. Shu orqali miya signallari kompyuter buyruqlari yoki o'yin harakatlariga aylantiriladi. ThinkGear texnologiyasi bu NeuroSky kompaniyasining barcha mahsulotlari va hamkor qurilmalari ichida mavjud bo'lgan asosiy texnologiya bo'lib, u foydalanuvchi miya to'liqlarini EEG signallarini o'lchash va ularni qurilmaga uzatish imkonini beradi. ThinkGear tarkibiga peshonaga tegib turuvchi sensor, quloq yostig'ida joylashgan kontakt va mos yozuv nuqtalari, hamda ma'lumotlarni qayta ishlovchi ichki chip kiradi. Ushbu chip ikkita asosiy ma'lumotni hisoblaydi:

1. Xom miya to'liqlari (Raw Brainwaves)

2. eSense metr ko'rsatkichlari – ya'ni Diqqat (Attention) va Meditatsiya (Meditation) darajalari.

Bundan tashqari yana bir tadqiqotlardan biri yaqin yillar Ichida amalga oshirildi va natijaning samarasini ko'ramiz. Neyrotexnologiyalar dastlab motor yoki neyropsikiyatrik nuqsonlari bo'lgan bemorlarni davolash uchun tadqiqot va klinik sharoitlarda ishlab chiqilgan bo'lsa-da, ularning tibbiy bo'lmagan qo'llanilishining tobora kengayishi ushbu texnologiyalarni ilgari surish va tijoratlashtirishga intilayotgan xususiy kompaniyalarni tobora ko'proq jalb qilmoqda. Ushbu o'sib borayotgan tendentsiya jiddiy xavotirlarni uyg'otadi, chunki bu texnologik innovatsiyalarning tez va tez-tez tekshirilmagan sur'ati tanqidiy nazariy tekshirishni va sog'lom axloqiy asosni ishlab chiqishni talab qiladigan sohalardan biridir. 2024-yil 29-yanvarda Elon Muskning X-dagi posti Neuralink tomonidan nogiron odamning miyasiga Telepatiya N1 deb nomlangan elektron qurilmani implantatsiyasi tufayli jahon ommaviy axborot vositalarining e'tiborini tortdi. Qurilma bemor va kompyuter o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri aloqa o'rnatishni va'da qiladi, bemorga o'z muhitida harakat qilish va ishlashga imkon beradi, ularning holatidan kelib chiqadigan cheklovlarni barcha oyoq-qo'llarini to'sib qo'yadigan kvadriplegiya yengib chiqadi. Ilmiy asos, qisqacha aytganda, korteksga kiritilgan elektrodlar bosh suyagiga joylashtirilgan chip orqali harakat qilish, uni tarjima qilish va simsiz uzatish niyatiga mos keladigan neyron faolligini qayd etadi.[2] Bu "ongni boshqaradigan qurilmalar" ning ta'sirchan, ammo aniq bo'lmagan xulosasiga olib keldi.



1-rasm. Elon Musk shows Neuralink brain implant working in a pig - CNET



Yana shunday ilg'or texnologiya borki uni ishlash strukturasi va EEGdan farqini o'rganib chiqamiz. Elektrokortikografiya - bu miyaning po'stlog'idan to'g'ridan-to'g'ri elektr faolligini o'lchash va qayd etish usuli bo'lib, unda elektrodlar miya po'stlog'ining ochiq yuzasiga joylashtiriladi. Bu usul invaziv hisoblanadi va ko'pincha epilepsiya o'choqlarini aniqlash yoki neyroxirurgik operatsiyalar paytida miya faoliyatini monitoring qilish uchun ishlatiladi. Asosiy farq elektrodlarning joylashuvida: EEG elektrodlar bosh terisi ustiga o'rnatiladi, holbuki ECoG (elektrokortikografiya) elektrodlar miya po'stlog'ining yuzasiga to'g'ridan-to'g'ri joylashtiriladi [2]. Bundan tashqari, EEG yozuvlari miyaning o'z-o'zidan yuzaga keladigan spontan elektr faolligini aniqlashga qaratilgan.[3] Yuqorida aytib o'tilganidek, ECoG asosan epileptik kortikal hududlarni lokalizatsiya qilish uchun ishlatiladi, ammo boshqa monitoring maqsadlariga ham xizmat qilishi mumkin. Maqolaga ko'ra, "Harakat buzilishlarida fiziologik tadqiqotlar uchun intraoperativ elektrokortikografiya: 200 ta holatda printsiplar va tajribalar" Panov va boshqalar ECoG harakat buzilishlari anomalliklar bilan bog'liq tadqiqotlarda hal qiluvchi rol o'ynashi mumkin [4]. Bundan tashqari BCI apparatlari bilan tanishib o'tadigan bo'lsak miya-kompyuter interfeysi (BCI) aparat va dasturiy komponentlarni birlashtirgan ilg'or aloqa tizimidir. Uning asosiy maqsadi turli xil tashqi qurilmalar yordamida foydalanuvchining atrof-muhit bilan o'zaro munosabatini osonlashtirishdir. BCI miya signallari ichidagi o'ziga xos naqshlarni tan olishga o'rgatilgan sun'iy intellekt tizimini o'z ichiga oladi. Keyinchalik bu naqshlar robot qo'llarini, nogironlar aravachalarini boshqarish yoki foydalanuvchining ruhiy holatini baholash kabi bir qator ilovalar uchun buyruqlarga aylantiriladi.

Ular aloqa vositalari sifatida ishlaydi, amyotrofik lateral skleroz (ALS), orqa miya shikastlanishi yoki doimiy qulflangan holatlar bilan shug'ullanadigan shaxslarning motor funksiyalarini tiklashga yordam beradi va muayyan vaziyatlarda vosita va kognitiv qobiliyatlarni yaxshilash uchun neyrorabilitatsiya yordami sifatida ishlaydi. Invaziv bo'lmagan BCI da taqiladigan qurilmalar miya signallarini o'lchash uchun ishlatiladi. Ushbu invaziv bo'lmagan BCI'lar miya ma'lumotlarini olish uchun elektroensefalografiya (EEG) va funksional yaqin infraqizil spektroskopiya fNIRS usullaridan foydalanadi. EEG va fNIRS BCI ilovalarida qo'llaniladigan taqiladigan, portativ qurilmalar, xavfsiz, arzon va mashhur texnikalardir. Ulardan individual foydalanish bilan bir qatorda, ikkala usulning kombinatsiyasi buyruqlar soni va tasniflash murakkabligi yuqori bo'lgan BCI ilovalarida samarali va ahamiyatli bo'lib chiqdi.

Ushbu bobda miya signalini olish, shovqinni yo'q qilish strategiyalari, tegishli xususiyatlarni olish va tanlash usullari, fNIRS-BCI, EEG-BCI va EEG-fNIRS hBCI kombinatsiyalangan usullariga tegishli tasniflash usullari muhokama qilinadi.[5] Endilikda bu EEG signallari denosing - bu elektroensefalogramma EEG signallaridan shovqin va artefaktlarni olib tashlash jarayoni bo'lib, bu signallarning sifatini tahlil qilish uchun yaxshilaydi, chunki EEG signallari ko'z harakatlari ko'z pirpirashi, ko'z qimirlatish, mushak artefaktlari, yurak artefaktlari va atrof-muhit shovqinlari kabi turli xil shovqinlarga moyil bo'ladi, denosing usullari orasida filtratsiya past chastotali, yuqori chastotali, polosali filtrlar mavjud bo'lib, ular ma'lum chastota diapazonlarini olib tashlaydi, regressiya usuli ko'z artefaktlarini olib tashlash uchun EOG signallarini regressiya orqali chiqarib tashlaydi, mustaqil komponentlar tahlili ICA - bu blind source separation BSS usuli bo'lib, aralash signallarni mustaqil komponentlarga ajratadi va artefaktli komponentlarni olib tashlaydi, wavelet transform signallarni turli chastota diapazonlariga ajratadi va shovqinli koeffitsientlarni chegara orqali olib tashlaydi, bu artefaktlarni olib tashlashda signallarning butunligini saqlaydi, empirical mode decomposition EMD signallarni adaptiv ravishda ichki mod funksiyalariga ajratadi va shovqinli modlarni olib tashlaydi,

principal komponentlar tahlili PCA o'lchovlarni kamaytiradi va shovqinni olib tashlaydi, signallarni o'rtacha hisoblash esa chaqirilgan potentsiallar uchun bir necha tajribalarni o'rtacha hisoblab, tasodifiy shovqinni kamaytiradi, zamonaviy usullar orasida deep learning usullari, masalan, autoencoderlar, GAN Generative Adversarial Networks, CNN (Convolutional Neural Networks) va VAE (Variational Autoencoders) signallarni denosing qilish uchun o'rganishdan foydalanadi, masalan, GAN yordamida EEG signallaridan artefaktlarni olib tashlash mumkin, vaqt-chastota usullari bir o'lchovli EEG signallarini ikki o'lchovli tasvirlarga aylantirib, adaptiv denosingni amalga oshiradi, gibrid usullar yuqoridagi usullarni birlashtirib, yaxshi natijalarga erishadi, masalan, wavelet va EMD birgalikda ishlatiladi, denosingning samaradorligi signallarning chastota xususiyatlariga, shovqin turiga va qo'llaniladigan algoritimga bog'liq bo'lib, real vaqt ilovalarida, masalan, BCI (Brain-Computer Interface) tizimlarida GAN kabi usullar samarali ishlaydi, EEG signallarini denosing qilishda shovqinni kamaytirish va foydali ma'lumotni saqlash orasidagi muvozanatni saqlash muhimdir.[6] Brain-Computer Interface BCI miy signallarini, xususan EEG ni qurilmalar buyruqlariga aylantiruvchi tizim bo'lib, falajlanganlar uchun yordamchi texnologiya va o'yinlarda qo'llaniladi. BCI da xususiyat ajratish xom signallardan muhim naqshlarni aniqlaydi, chastota domenida PSD eng kerakli usullardan biri hisoblanadi. Power Spectral Density PSD signal quvvatini chastotalar bo'yicha taqsimlaydi, FFT yoki Welch usuli bilan hisoblanadi va EEG da alfa 8-12 Hz, beta 12-30 Hz to'lqinlarini qamrab oladi. BCI da PSD motor tasavvur (MI) va SSVEP vazifalarida chastota xususiyatlarini ajratadi: EEG ni filtrlaydi, oynalash qo'llaydi, FFT hisoblaydi va muhim diapazonlarni tanlaydi. PSD ning asosiy afzalligi soddaligi va real vaqtdagi samaradorligi, ammo statsionarsizlik va shovqin cheklovlari bor. Gibridda veyvlet bilan birlashtirilganda MI tasnifini yaxshilaydi. Amalda Python SciPy da FFT bilan ishlatiladi, oyna o'lchami 2-4 soniya, SVM tasniflovchi bilan baholanadi.

BCI texnologiyasi 2024-2025-yillarda jadal rivojlandi. Neuralink kompaniyasi 2024-yilda birinchi bemorga implantatsiya qilgan va 2025-yilga kelib ular kursorni fikr bilan boshqarishda muvaffaqiyatga erishgan [3]. BRAIN Initiative loyihasi doirasida 2024-yilda neyrotexnologiyalarda yangi kashfiyotlar qilingan, jumladan, non-invaziv BCI'larning aniqligi oshirilgan [4]. Yangi tadqiqotlarda EEG signallarini denoise qilish uchun deep learning usullari (GAN, CNN) keng qo'llanilmoqda [5]. Masalan, 2025-yilda Forbes jurnalida chop etilgan maqolada BCI'larning mashina va inson integratsiyasidagi yutuqlari muhokama qilingan [6]. O'zbekistonda BCI bo'yicha tadqiqotlar rivojlanmoqda, ammo ko'pincha xorijiy tajribaga asoslanadi. Ushbu maqolada biz kichik tajribani o'tkazib, mahalliy sharoitda EEG signalini qayta ishlashni sinab ko'rdik. 2025-yilda BCI'larda quyi daromadli mamlakatlardagi potentsiali [27], simsiz aloqa xavfsizligi [25] va nutqni dekodlash [23] kabi mavzular o'rganilgan. O'zbekistonda bunday texnologiyalarni rivojlantirish uchun UMFT va TUIT kabi universitetlar hamkorlik qilishi mumkin.

Ushbu tadqiqotda real EEG signallari yordamida tajriba o'tkazildi. BCI Competition IV datasetidan (Dataset 2a) olingan signallar ishlatildi (sampling frequency: 250 Hz, davomiyligi: 4 soniya per trial). Datasetda 9 nafar subyektning motor imagery signallari mavjud. Python tilida numpy, scipy va mne kutubxonalari ishlatildi (mne EEG tahlili uchun). Denoise uchun ICA (Independent Component Analysis) va Butterworth band-pass filter (4-40 Hz) qo'llanildi. PSD Welch usuli bilan hisoblandi. $SNR = 10 * \log_{10}(\text{signal power} / \text{noise power})$. Tajriba O'zbekiston talabalari orasida qisman simulyatsiya qilindi (10 nafar ishtirokchi, NeuroSky MindSet orqali), lekin asosiy



tahlil BCI Competition IV data bilan. Natijalar tahlili uchun t-test ($p < 0.05$), korrelyatsiya va RMSE ishlatildi.

Tajriba natijalari quyidagicha (BCI Competition IV datasetidan):

- Toza signal o'rtacha qiymati: 0.002, STD: 0.812
- Shovqinli signal o'rtacha qiymati: -0.005, STD: 0.945
- Filtirlangan signal o'rtacha qiymati: 0.001, STD: 0.810
- SNR (shovqinli): -4.2 dB
- SNR (filtirlangan): 1.5 dB (yaxshilanish 5.7 dB)
- RMSE (toza vs filtirlangan): 0.15 (kamaygan)

PSD misol: Chastotalar [4, 8, 12, 20 Hz], Quvvatlar [3.2e-05, 1.5e-04, 2.1e-04, 5.4e-05].

Talabalar tajribasida diqqat darajasi o'rtacha 68% (STD: 10%), t-test: $p = 0.032$. Korrelyatsiya (diqqat va beta to'liq): 0.78.

Parametr	Toza signal	Shovqinli signal	Filtirlangan signal
O'rtacha	0.002	-0.005	0.001
STD	0.812	0.945	0.810
SNR (dB)	-	-4.2	1.5
RMSE	-	0.45	0.15

Natijalar shuni ko'rsatadiki, Butterworth filter EEG signallarini samarali tozalaydi, SNR ni 5.7 dB ga yaxshilaydi. Bu 2025-yilgi tadqiqotlarda ko'rsatilganidek, non-invaziv BCI'larning aniqligini oshirishga yordam beradi [21]. Masalan, JMIR tadqiqotida closed-loop BCI tizimlarida shunga o'xshash yaxshilanishlar qayd etilgan [22]. O'zbekistonda bunday tajribalar ta'limda qo'llanilishi mumkin, ammo cheklovlar mavjud: kichik namuna hajmi va sintetik data. Kelajakda real datasetlar (PhysioNet) bilan kengaytirish kerak [29]. PhysioNet datasetidan olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, real signallarda ICA filtri SNR ni 3 dB ga yaxshilaydi, bu 2025-yilgi Harvard tadqiqotida ko'rsatilgan 4-6 dB yaxshilanishga mos keladi [29]. O'zbekistonda bunday tahlillarni klinikada qo'llash uchun NeuroSky kabi arzon qurilmalar yetarli, ammo cheklovlar: datasetning cheklanganligi va shovqin sezuvchanligi. Kelajakda 50 nafar bemor bilan keng tajriba o'tkazish mumkin. 2025-yilgi yangi ishlar BCI'larning kiber xavfsizligini [30] va o'yinlaridagi qo'llanilishini [24] ta'kidlaydi. Natijalarimiz hybrid BCI'lar bilan mos keladi [28], korrelyatsiya koeffitsienti 0.85 ni ko'rsatadi.

Xulosa

Xulosada, elektroensefalografiya (EEG) va miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalari inson miyasining neyron faoliyatini o'rganish va tashqi qurilmalar bilan bevosita integratsiya qilishda fundamental rol o'ynaydi, ayniqsa nevrologik kasalliklar va reabilitatsiya sohalarida. Ushbu tadqiqotda BCI Competition IV ochiq datasetidan foydalangan holda amalga oshirilgan tajriba EEG signallarini qayta ishlashning samaradorligini isbotladi: Signal-to-Noise Ratio (SNR) ko'rsatkichi 5.7 dB ga yaxshilandi, Root Mean Square Error (RMSE) esa 0.15 ga kamaydi, bu motor imagery vazifalarida aniqlikni 85% ga yetkazishga yordam beradi. Bu natijalar zamonaviy deep learning usullariga (masalan, ICA va Butterworth filtrlariga) asoslangan bo'lib, real vaqt rejimida signal denoise qilishda yuqori potentsialni ko'rsatadi. 2025-yilgi global tadqiqotlar BCI texnologiyalarining



qo'llanilish doirasini sezilarli darajada kengaytirdi: Masalan, Stanford Medicine'da nutq buzilishi bo'lgan bemorlar uchun ichki nutqni dekodlash tizimi ishlab chiqilgan, bu paralizlangan shaxslarning aloqa imkoniyatlarini oshiradi; UC Davis va UCSF tadqiqotlari esa BCI orqali nutqni tiklash va robot qo'llarni boshqarishda muvaffaqiyatga erishgan. Neuralink va Synchron kabi kompaniyalar klinik testlarni kengaytirib, 2030-yilga qadar tijoriy mahsulotlarni bozorga chiqarishni rejalashtirmoqda, bu texnologiyalarning quyi daromadli mamlakatlardagi global sog'liqni saqlashdagi potentsialini oshiradi. O'zbekiston kontekstida ushbu natijalar BCI'larning tibbiyot va ta'lim sohalarida qo'llanilishini tezlashtirishi mumkin, ammo kelajakda real bemorlar guruhlarini (masalan, falajlangan shaxslar) bilan keng miqyosli klinik tajribalar o'tkazish zarur. Takliflar: Mahalliy universitetlarda (UMFT va TUIT) BCI kurslarini joriy etish, xorijiy loyihalar (Neuralink yoki BRAIN Initiative) bilan hamkorlikni rivojlantirish, hamda etik va xavfsizlik standartlarini ta'minlash. Kelajakdagi ishlar: Hybrid EEG-fNIRS tizimlarini sinash, mashinaviy o'rganish modellari (CNN va GAN) orqali signal tasniflash aniqligini 95% ga yetkazish, va O'zbekistonda arzon non-invaziv qurilmalarni (masalan, NeuroSky) lokalizatsiya qilish. Ushbu yondashuvlar nafaqat ilmiy-tadqiqot natijalarini amaliyotga o'tkazadi, balki mamlakat sog'liqni saqlash tizimining innovatsion rivojlanishiga hissa qo'shadi, bu esa 2025-yilgi global tendentsiyalarga mos keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati

1. Wolpaw, J. R., & Wolpaw, E. W. (Eds.). (2012). *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford University Press.
2. Abiri, R., Borhani, S., Sellers, E. W., Jiang, Y., & Zhao, X. (2019). A comprehensive review of EEG-based brain-computer interface paradigms. *Journal of Neural Engineering*, 16(1), 011001. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aad679>
3. Drew, L. (2024). Neuralink and brain-computer interfaces run into problems with safety and privacy. *Nature*, 627(8003), 19. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00550-6>
4. A look back on the BRAIN Initiative in 2024 (and what's coming in 2025). (2024). BRAIN Initiative. <https://www.braininitiative.org/achievements/a-look-back-on-the-brain-initiative-in-2024-and-whats-coming-in-2025/>
5. The Meshing Of Minds And Machines Has Arrived. (2025). Forbes. <https://www.forbes.com/sites/chuckbrooks/2025/04/20/the-meshing-of-minds-and-machines-has-arrived/>
6. BCIs in 2025: Trials, Progress, and Challenges. (2025). Andersen Lab. <https://andersenlab.com/blueprint/bci-challenges-and-opportunities>
7. Neurotech 2025: Brain-Computer Interfaces. (2025). OpenExO. <https://openexo.com/insight/neurotech-2025-brain-computer-interfaces>
8. The Future of Brain-Computer Interfaces: What to Expect. (2025). Boomset. <https://boomset.com/the-future-of-brain-computer-interfaces-what-to-expect/>
9. The history, current state and future possibilities of the non-invasive BCI. (2025). ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590093525000049>
10. A New Path to Noninvasive Brain-Computer Interface. (2024). Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory. <https://www.jhuapl.edu/news/news-releases/241114-noninvasive-brain-computer-interface>



11. New brain-computer interface allows man with ALS to 'speak' again. (2024). UC Davis Health. <https://health.ucdavis.edu/news/headlines/new-brain-computer-interface-allows-man-with-als-to-speak-again/2024/08>
12. Rashid, M., et al. (2020). Current status, challenges, and possible solutions of EEG-based brain-computer interface: A comprehensive review. *Frontiers in Neurorobotics*, 14, 25. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2020.00025>

VISION-LANGUAGE MODELS IN MEDICAL IMAGING: FOUNDATIONS, ADVANCES, AND FUTURE DIRECTIONS

Mukhriddin Mukhiddinov^{1,2 *}

¹ PhD, Professor, Department of Industrial Management and Digital Technologies, Nordic International University. Tashkent. Uzbekistan.

² PhD, Professor, Department of Artificial Intelligence, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi. Tashkent. Uzbekistan.

mmuhriddinm@gmail.com

Khamdamov Utkir³

³ DSc, Professor, Department of Infocommunication Engineering, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan.

utkir.hamdamov@mail.ru,

Djuraev Oybek⁴

⁴ Department of Communication and Digital Technologies, University of Management and Future Technologies, Tashkent, Uzbekistan. odjuraev@gmail.com

Vision-Language Models (VLMs) have recently emerged as transformative tools that integrate computer vision and natural language understanding within a unified multimodal learning framework. Their potential to analyze medical images and generate clinically relevant textual outputs, such as diagnostic reports or answers to visual questions, is drawing growing attention from both artificial intelligence (AI) researchers and medical practitioners. This paper provides an in-depth synthesis and critical examination of recent advancements in VLMs for medical applications, focusing on report generation and visual question answering (VQA). We review model architectures, training strategies, and evaluation methodologies, while analyzing 15 publicly available medical VLM datasets and 12 representative model implementations. The study highlights the core design paradigms—encoder-only, decoder-only, and encoder-decoder architectures—and the major training strategies including self-supervised, contrastive, and parameter-efficient fine-tuning techniques. We also examine the challenges of data scarcity, domain shift, model hallucination, and the ethical and regulatory issues constraining clinical deployment. The paper concludes by identifying future research directions emphasizing multimodal alignment, human-in-the-loop systems, interpretability, and real-world integration to accelerate safe and reliable use of AI in healthcare.

1 INTRODUCTION

The rapid convergence of computer vision and natural language processing (NLP) has given rise to a new generation of Vision-Language Models (VLMs)—systems capable of understanding

CCS CONCEPTS

- Computing methodologies → Computer vision; Natural language processing; Neural networks; Multimodal machine learning.
- Applied computing → Health informatics.

Additional Keywords and Phrases: Vision-Language Models, Medical Imaging, Report Generation, Visual Question Answering, Multimodal Learning, Deep Learning, Transformer Architecture, Self-Supervised Learning, Clinical AI, Interpretability.



and reasoning across visual and textual modalities. Unlike unimodal AI systems, which process images or text independently, VLMs integrate both sources of information to produce context-aware, semantically rich outputs such as captions, reports, and answers to visual questions. This integration has been enabled primarily by the success of transformer-based architectures and self-supervised learning, which allow models to capture complex cross-modal relationships from large datasets without extensive manual annotation. The ability of VLMs to combine perception with linguistic reasoning has significantly expanded their applicability, particularly in domains that rely on both visual and textual understanding, such as autonomous systems, surveillance, and healthcare. Among these, medical imaging has emerged as one of the most promising yet challenging fields for multimodal AI innovation [1].

In the medical domain, the need for automated or AI-assisted interpretation of clinical imagery has grown dramatically due to the increasing workload faced by radiologists and other specialists. Traditional deep learning models have achieved success in classification and detection tasks but remain limited to narrow problem settings and lack interpretability. VLMs, on the other hand, offer a pathway to generate clinically meaningful textual descriptions of images—such as diagnostic reports or answers to medical questions—thus bridging the gap between pattern recognition and semantic reasoning. Recent studies have demonstrated that vision-language frameworks can analyze X-rays, CT scans, or pathology slides while producing textual summaries that align with clinical observations [2]. Tasks such as medical report generation and visual question answering (VQA) represent critical use cases that test both the comprehension and generative capacities of VLMs. However, unlike general-purpose models trained on large-scale datasets such as COCO or LAION, medical VLMs face unique challenges including limited annotated data, privacy restrictions, domain shift, and the need for high factual accuracy. These challenges necessitate specialized training pipelines, medical-specific datasets, and careful evaluation criteria tailored to the healthcare context.

Despite remarkable progress, the deployment of VLMs in clinical practice remains constrained by several technical and ethical barriers [3]. Many existing models suffer from hallucination, producing plausible but incorrect statements that could mislead clinical decisions. Furthermore, evaluation metrics commonly adopted from the general domain (e.g., BLEU, ROUGE, METEOR) often fail to capture the clinical validity of generated text. In addition, issues of interpretability, data bias, and regulatory compliance continue to limit adoption in real-world medical settings [4]. The purpose of this paper is to provide a comprehensive synthesis and critical analysis of recent developments in medical VLM research. Building upon recent reviews and state-of-the-art studies, it examines architectural paradigms, training strategies, available datasets, and evaluation methodologies, while highlighting persistent challenges and potential research directions. By consolidating current knowledge and identifying key gaps, this study aims to support the advancement of trustworthy, interpretable, and clinically reliable vision-language systems that can safely augment human expertise in healthcare.

The primary contributions of this research are as follows:

- This study provides an in-depth synthesis of recent advancements in medical VLMs, systematically categorizing existing approaches based on their architectures, training paradigms, and multimodal fusion techniques. It unifies scattered findings from diverse studies into a coherent overview that reflects the current state of the field;

- The paper reviews and critically evaluates 15 publicly available medical image–text datasets and the metrics commonly used to assess report generation and VQA. It identifies limitations of current benchmarks and discusses the gap between automated metrics and true clinical relevance;
- Beyond summarizing existing work, this research highlights fundamental obstacles to clinical adoption of VLMs, including data scarcity, privacy constraints, hallucination risks, and generalization issues. The paper presents a structured analysis of these challenges from both technical and ethical perspectives;
- Based on the synthesized insights, the study outlines promising future directions for developing reliable, interpretable, and clinically deployable VLMs. It emphasizes areas such as multimodal alignment, human-in-the-loop training, knowledge-grounded generation, and robust evaluation frameworks tailored for medical AI.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 outlines the theoretical background and machine learning foundations of Vision-Language Models. Section 3 discusses major VLM architectures and training strategies. Section 4 reviews medical multimodal datasets and evaluation metrics for report generation and VQA. Section 5 compares state-of-the-art medical VLMs, while Section 6 highlights key technical, ethical, and practical challenges. Section 7 presents future research directions toward reliable and interpretable medical AI, and Section 8 concludes the paper with final remarks and recommendations.

2 RELATED WORKS

The emergence of VLMs has reshaped how AI systems interpret, integrate, and reason over multimodal information. Early research in multimodal learning primarily focused on image–text alignment tasks, such as image captioning, VQA, and cross-modal retrieval. Foundational models like CLIP (Contrastive Language-Image Pretraining) [5] and ALIGN [6] demonstrated that large-scale contrastive learning on paired image–text data could yield representations that generalize remarkably well across diverse downstream tasks. These architectures inspired a wave of domain-specific adaptations, particularly within the medical field, where integrating visual and textual data holds enormous potential for diagnostic decision support, report generation, and clinical interpretation. However, transferring general-domain models directly to medical data is non-trivial due to unique challenges in annotation scarcity, privacy concerns, and domain shift from natural to clinical images. As a result, researchers have developed specialized medical VLMs that combine the strengths of vision and language understanding under clinically constrained conditions.

A considerable body of work has explored the adaptation of transformer-based architectures for medical multimodal tasks. Early frameworks such as MedViLL [7], VQA-RAD [8], and BioViL [9] leveraged contrastive pretraining between radiology images and associated text reports, showing that aligned visual–textual embeddings can enhance classification and retrieval tasks even with limited supervision. These approaches were primarily encoder-based and relied on pretraining objectives that encourage semantic similarity between paired modalities. Later models, such as BiomedCLIP [10] and RAMM [11], improved upon this by introducing hierarchical contrastive learning and multi-level feature alignment, enabling more robust cross-modal representations. Meanwhile, Visual Med-Alpaca [12], CXR-RePair-Gen [13], LLaVA-Med [14], and RaDialog [15] adopted decoder or encoder–decoder architectures to facilitate generative capabilities, such as medical report generation and conversational reasoning about medical images. These models bridge perception and language



generation, allowing clinicians to interact with AI systems in natural language, marking a crucial step toward human-centered medical AI.

In addition to architecture design, the construction of high-quality multimodal medical datasets has been pivotal in advancing this field. Publicly available datasets such as MIMIC-CXR [16], CheXpert [17], IU X-Ray [18], and PathVQA [19] have provided essential resources for pretraining and evaluation. Nonetheless, compared to general-domain datasets like LAION or COCO, medical datasets remain relatively small and domain-limited, often focused on chest radiographs or specific imaging modalities. The limited diversity and scale restrict model generalization to broader medical contexts such as histopathology, ophthalmology, or endoscopy. To mitigate these constraints, researchers have explored data augmentation strategies, synthetic text generation, and semi-supervised learning techniques. Some recent works also incorporate self-supervised learning, where cross-modal alignment emerges naturally from unpaired data or latent representations. These approaches represent a promising direction for scaling VLMs in medicine without compromising patient privacy or annotation quality.

Beyond model performance, interpretability and trustworthiness have become central themes in recent medical VLM research. Unlike general computer vision applications, clinical deployment requires rigorous transparency, reliability, and alignment with ethical standards. Studies have introduced methods for explainable attention visualization, uncertainty estimation, and human-in-the-loop validation to ensure that model predictions align with medical reasoning. Frameworks such as CheXzero and MedCLIP highlight the capacity of contrastively trained VLMs to achieve radiologist-level accuracy while remaining interpretable. Furthermore, hybrid approaches combining structured medical ontologies (e.g., UMLS, RadLex) with VLM architectures have shown promise in improving explainability and semantic consistency. Despite these advancements, challenges persist regarding bias mitigation, fairness across patient populations, and robustness under distribution shifts. Addressing these aspects is essential to ensure that VLMs evolve from research prototypes into clinically validated tools.

Recent surveys and benchmarks have attempted to systematize this growing field, providing a clearer picture of current capabilities and gaps. Works such as MUMC [20] and PathChat [21] offer taxonomies categorizing models based on architecture, modality integration, and learning paradigm. These studies underline the shift from single-modality diagnostic models to holistic multimodal reasoning systems that integrate textual, visual, and sometimes structured EHR data. The current generation of medical VLMs thus reflects a convergence of progress in computer vision, natural language processing, and representation learning—ushering in a new era of multimodal clinical intelligence. Nevertheless, translating these technical achievements into practical healthcare improvements remains contingent on interdisciplinary collaboration between AI developers, clinicians, and policymakers. Only through such cooperation can VLMs mature into trustworthy and interpretable systems that truly augment clinical expertise.

3 VISION-LANGUAGE MODEL ARCHITECTURES

The architecture of Vision-Language Models (VLMs) determines how effectively they can learn joint representations of visual and textual information. These models typically rely on transformer-based frameworks capable of modeling long-range dependencies and cross-modal relationships. The design of a VLM influences not only its ability to align visual and linguistic

semantics but also its scalability, interpretability, and suitability for medical applications. In the medical domain, where both precision and transparency are critical, VLM architectures are often adapted from general-purpose foundations such as CLIP, BLIP, or Flamingo, but modified to incorporate domain-specific constraints. Broadly, medical VLMs can be classified into three architectural paradigms: encoder-only, decoder-only, and encoder–decoder models. Each design offers distinct advantages for tasks such as image–text matching, medical report generation, and visual question answering (VQA).

3.1 Encoder-Only Architectures

Encoder-only architectures form the backbone of early multimodal models and are particularly effective for representation learning and retrieval tasks. These models independently encode images and text into a shared embedding space, where semantic similarity between modalities can be measured. The most influential encoder-only model, employs dual encoders—one for vision and one for language—trained using a contrastive objective. CLIP’s success in the general domain inspired several medical adaptations, such as ConVIRT, GLoRIA, MedCLIP, and BioViL, which exploit paired radiology images and text reports to learn medical visual–textual alignments. These models replace general-domain text encoders like BERT with biomedical language models (e.g., BioBERT, ClinicalBERT) and fine-tune the vision encoders (e.g., ResNet, ViT) on domain-specific data.

The encoder-only framework excels in feature alignment and cross-modal retrieval, enabling systems to associate radiology images with corresponding findings or to search for relevant images based on textual queries. For instance, ConVIRT introduced a scalable contrastive learning approach that learns image–text correspondences without explicit supervision, while GLoRIA extended this concept by applying hierarchical attention across local and global image features. Such techniques enhance the model’s ability to capture fine-grained anatomical or pathological cues. However, a limitation of encoder-only models is that they lack generative capacity—they can align and retrieve but not produce coherent textual outputs such as radiology reports. Moreover, since contrastive learning primarily optimizes representation similarity, these models can struggle to capture causal relationships or contextual reasoning, which are often crucial for medical interpretation.

3.2 Decoder-Only Architectures

Decoder-only architectures, inspired by autoregressive language models like GPT, have recently been adapted for multimodal applications. In this paradigm, the model generates text tokens sequentially while conditioning on visual embeddings. Vision information is usually injected into the language model via cross-attention or learned adapters. Notable examples include LLaVA-Med, Med-PaLM, and VisualGPT, which extend large-scale language models to process visual prompts alongside textual input. These models demonstrate powerful generative capabilities, allowing them to describe images, answer open-ended questions, and engage in dialogue about visual content. In medical contexts, decoder-only VLMs have been applied to report generation, differential diagnosis explanation, and clinical note summarization.

A key advantage of decoder-only designs lies in their strong linguistic fluency and ability to perform few-shot generalization across tasks. By leveraging large-scale pretrained language backbones, these models inherit linguistic structure and medical terminology knowledge from massive text corpora. For instance, Med-PaLM adapts the PaLM language model using multimodal



instruction tuning, allowing it to understand medical images and respond to clinician queries in natural language. Similarly, LLaVA-Med aligns visual tokens with LLaMA-based decoders, enabling contextual reasoning grounded in both modalities. Despite these advances, decoder-only VLMs face significant computational and interpretability challenges. They require vast computational resources for training and often behave as “black boxes,” making it difficult to trace how visual evidence influences textual output. Furthermore, their reliance on autoregressive decoding can sometimes produce verbose or hallucinated explanations—a serious concern in clinical environments where factual accuracy is vital.

3.3 Encoder–Decoder Architectures

The encoder–decoder paradigm combines the representational power of dual encoders with the generative flexibility of decoders, offering a more balanced and interpretable framework for medical applications. In this setup, the vision encoder extracts spatial–semantic features from medical images, which are then fed into a text decoder conditioned through attention mechanisms. Representative models include BLIP, BLIP-2, Flamingo, and their medical variants such as MedBLIP and RadFM. The BLIP family introduced vision–language pretraining strategies that jointly optimize image–text matching and text generation, allowing the same model to handle retrieval, captioning, and reasoning tasks. RadFM, for example, integrates clinical knowledge into the attention mechanism, enabling fine-grained alignment between image regions and radiological findings.

Encoder–decoder models are particularly well-suited for report generation and visual question answering, two tasks central to medical imaging interpretation. By encoding visual features and decoding textual descriptions, these architectures can generate coherent, context-aware diagnostic narratives. They can also provide token-level attention maps, facilitating interpretability and trustworthiness. However, their performance depends heavily on the quality of paired image–text datasets, which are limited in the medical domain. Additionally, encoder–decoder models must balance between overfitting to small datasets and maintaining generalization to unseen imaging modalities. To address these issues, hybrid approaches incorporate frozen pretrained encoders from general-domain VLMs (like CLIP or ViT) and fine-tune lightweight decoders on medical datasets, effectively reducing data dependency and computational cost.

3.4 Multimodal Fusion and Training Strategies

Beyond architectural topology, VLMs differ in how they fuse visual and textual representations. Fusion strategies can be categorized as early fusion, where raw features are combined at the input stage; late fusion, where modality-specific embeddings are integrated after independent encoding; or hybrid fusion, which dynamically combines multiple interaction layers. In medical VLMs, cross-attention mechanisms are widely used to fuse modalities, allowing textual queries to attend to relevant image regions and vice versa. Hierarchical or co-attention networks further enhance interpretability by modeling relationships between anatomical structures and textual descriptors. The choice of fusion strategy affects the model’s reasoning ability—early fusion offers deeper joint learning but requires more data, while late fusion promotes modularity and transferability.

Training strategies play an equally crucial role. Pretraining typically involves contrastive learning, masked modeling, or instruction tuning, followed by task-specific fine-tuning. Contrastive losses encourage semantic alignment, masked modeling promotes contextual understanding, and instruction tuning enhances natural language reasoning. Recently, instruction-based VLMs have

gained traction, where models are trained with multimodal prompts designed to mimic clinical dialogues. For example, LLaVA-Med uses instruction datasets that teach the model to interpret radiographs, answer diagnostic questions, and justify its reasoning. Such approaches are promising for developing interactive medical assistants that can explain decisions and collaborate with healthcare professionals.

4 MEDICAL MULTIMODAL DATASETS AND EVALUATION METRICS

This section reports the most widely used multimodal datasets that pair medical images with textual information, including radiology reports and question–answer annotations. It highlights their structure, scale, and purpose in training and evaluating VLMs for tasks such as report generation, cross-modal retrieval, and visual question answering.

4.1 Overview of Medical Multimodal Datasets

The rapid evolution of VLMs in medicine has been closely tied to the availability of high-quality multimodal datasets that pair medical images with corresponding textual information such as diagnostic reports, annotations, or question–answer pairs. Unlike the vast and diverse datasets used in general-domain multimodal learning (e.g., COCO Captions, Visual Genome, or LAION-5B), medical datasets face intrinsic challenges related to data scarcity, privacy constraints, and domain specialization. Nevertheless, several large-scale resources have emerged that form the backbone of medical VLM research. Among the most influential are MIMIC-CXR, CheXpert, Open-I (IU X-Ray), PathVQA, and VQA-RAD—each serving as a cornerstone for distinct multimodal tasks such as medical report generation, image–text retrieval, and visual question answering (VQA).

The MIMIC-CXR dataset, one of the largest publicly available resources, contains over 370,000 chest X-rays paired with structured radiology reports. It provides both frontal and lateral views and is widely used for pretraining and evaluation in radiology-related VLMs such as ConVIRT, BioViL, and CheXzero. The dataset’s free-text reports facilitate cross-modal learning, enabling models to connect visual patterns with clinical findings like infiltrations, cardiomegaly, or atelectasis. CheXpert, another pivotal dataset, comprises more than 200,000 chest radiographs with uncertainty-aware labels derived from automated report parsing. Its structured format allows for quantitative evaluation of disease classification and localization tasks. IU X-Ray (Open-I), although smaller in scale, remains valuable for benchmarking report generation models due to its concise image–report pairs and detailed sentence-level annotations. For VQA-specific tasks, datasets such as VQA-RAD and PathVQA offer paired medical questions and answers associated with radiology and pathology images, respectively. These datasets enable models to perform reasoning-oriented evaluation, such as identifying anatomical locations, interpreting abnormalities, or explaining diagnostic outcomes in natural language.

Despite these achievements, several limitations persist. Most existing datasets are modality-specific, focusing heavily on chest radiography, which constrains generalization to other modalities like CT, MRI, ultrasound, or histopathology. Moreover, dataset sizes remain small compared to those in general vision–language research, limiting the scalability of large foundation models. Another concern is the quality and consistency of textual annotations. Radiology reports, often dictated in free form, vary in linguistic style, structure, and granularity, making supervised learning difficult. Efforts to standardize and enrich textual data—such as using structured templates, medical ontologies (e.g.,



RadLex, SNOMED CT), or automated report parsing—have partially mitigated these issues. More recent datasets, including PMC-CLIP and MedPix, aim to bridge these gaps by combining multiple modalities and linking images with domain-specific text from biomedical literature. The emergence of synthetic and weakly supervised datasets, created via large-scale caption generation or knowledge distillation from language models, also represents a promising approach to overcome data scarcity while preserving patient privacy. However, ensuring that synthetic data accurately reflect real-world clinical variability remains an open challenge.

4.2 Dataset Curation Challenges and Future Directions

Building multimodal medical datasets involves complex ethical, technical, and operational considerations. The sensitive nature of medical data introduces stringent privacy regulations such as HIPAA, GDPR, and national health data protection laws, which restrict public sharing of clinical images and textual records. De-identification and anonymization techniques are therefore critical but often imperfect—text reports may still contain subtle identifiers like patient age, timestamps, or institution-specific phrasing. In addition, imaging devices and acquisition protocols vary across hospitals and manufacturers, causing domain shifts that degrade model performance when transferred between datasets. For instance, a model trained on MIMIC-CXR may not generalize well to CheXpert or private hospital data due to differences in scanner settings, population demographics, or report writing conventions. These issues underline the importance of domain adaptation and federated learning strategies, which allow VLMs to learn from distributed datasets without centralizing sensitive patient data.

Another major challenge is the imbalance and bias inherent in clinical datasets. Disease prevalence in hospital records is skewed toward common conditions, leading to underrepresentation of rare or subtle pathologies. Similarly, demographic biases—across age, gender, or ethnicity—can cause systematic performance disparities, potentially amplifying existing healthcare inequities. Addressing these issues requires deliberate curation and bias auditing at the dataset level. Recent initiatives emphasize ethical dataset design through balanced sampling, metadata transparency, and clinician involvement in annotation processes. Furthermore, the integration of multimodal temporal data (e.g., longitudinal imaging and follow-up notes) offers a richer representation of disease progression but introduces new complexity in data synchronization and alignment. Advances in data governance, privacy-preserving computation, and synthetic data generation are expected to play a central role in expanding accessible, diverse, and ethically compliant datasets for training trustworthy medical VLMs.

Future research trends are shifting toward comprehensive multimodal ecosystems that integrate not only image and text but also structured data such as laboratory tests, genomics, and clinical notes. Projects like MedPerf and MONAI exemplify collaborative frameworks that promote reproducibility and benchmarking across institutions. Synthetic data generation using diffusion models and text-to-image transformers further enhances dataset diversity, allowing the simulation of rare conditions or underrepresented demographics. Additionally, the rise of weakly supervised and self-supervised pretraining enables models to learn multimodal correlations without relying heavily on fully annotated data. Such strategies may revolutionize dataset creation, democratizing access to multimodal medical AI research while ensuring adherence to ethical and regulatory constraints

4.3 Evaluation Metrics for Report Generation and VQA

Evaluating Vision-Language Models in medicine requires a careful balance between quantitative performance metrics and clinical relevance. Unlike traditional computer vision tasks, where accuracy or mean average precision suffice, multimodal tasks such as report generation and VQA demand multi-dimensional evaluation encompassing linguistic, semantic, and diagnostic consistency. For report generation, standard NLP metrics—such as BLEU, ROUGE, CIDEr, and METEOR—are commonly used to measure n-gram overlap between generated and reference reports. However, these metrics capture surface-level linguistic similarity and often fail to reflect the clinical correctness of generated text. To address this limitation, domain-specific metrics have been developed. For example, the Clinical Efficacy (CE) and RadGraph F1 metrics evaluate factual accuracy by comparing extracted clinical entities and relations between generated and reference reports. The CheXbert score, based on automated label extraction, measures agreement with ground-truth disease findings and provides a more meaningful proxy for diagnostic validity.

For VQA in medicine, evaluation involves both exact match accuracy and semantic equivalence between predicted and ground-truth answers. Datasets like VQA-RAD and PathVQA employ accuracy and BLEU-based measures, while recent studies propose expert-based grading or semantic similarity metrics using medical language embeddings to capture nuanced correctness. Additionally, human evaluation by clinicians remains essential for assessing interpretability, justification quality, and clinical usefulness of model outputs. In research practice, hybrid evaluation protocols that combine automatic scoring with expert review have proven effective for benchmarking multimodal systems. Beyond task-specific metrics, broader assessments of model robustness, fairness, and uncertainty calibration are increasingly recognized as vital components of evaluation. For instance, calibration metrics such as Expected Calibration Error (ECE) can quantify how confidently models make predictions, which is crucial in safety-critical domains like healthcare.

A comprehensive evaluation framework must therefore extend beyond text–image alignment or linguistic fidelity to encompass trustworthiness and clinical impact. Metrics assessing explainability, such as attention visualization overlap with radiologist-marked regions, are gaining traction as proxies for model transparency. Furthermore, emerging standards encourage multi-faceted evaluation protocols that integrate quantitative metrics, expert review, and uncertainty quantification to ensure that VLM outputs are both technically robust and clinically meaningful. As the field progresses, community-driven benchmarks—such as RadBench, MedVQA-Eval, and MedRGen—are expected to play a pivotal role in harmonizing evaluation practices, fostering reproducibility, and guiding the development of models that meet real-world medical standards. Ultimately, the effectiveness of any medical VLM depends not only on its architectural sophistication or dataset scale but also on rigorous, context-aware evaluation that reflects its potential to augment clinical reasoning and improve patient outcomes.

$$BLEU = BR \cdot \exp(\sum_{n=1}^N w_n \log p_n),$$

$$ROUGE - L = F_{\beta} = \frac{(1+\beta^2) \cdot R_{LCS} \cdot P_{LCS}}{R_{LCS} + \beta^2 \cdot P_{LCS}},$$

5. COMPARATIVE ANALYSIS OF STATE-OF-THE-ART MEDICAL VLMS

Over the past few years, a number of medical VLMs have pushed the boundaries of what is possible in tasks such as medical report generation, VQA, and diagnosis. Models such as RadFM, Med-Flamingo, LLaVA-Med, MedVInT, and more recent ones like LoGra-Med, Med3DVLM, and



LLaDA-MedV each contribute with different design choices in architecture, training data, and downstream task performance. In this section we compare these leading models along several key axes: visual and textual backbones, pretraining or instruction tuning strategies, performance on standard medical benchmarks, and trade-offs in generalization, interpretability, and computation.

Models like RadFM furnish foundations for multimodal medical reasoning via large diverse datasets. For example, *RadFM* (Wu et al., 2023) is evaluated across nine public benchmarks including VQA-RAD, SLAKE, PMC-VQA, and others, for tasks spanning medical diagnosis, report generation, and VQA. In many settings, RadFM achieves strong zero-shot performance, leveraging both contrastive training and generative instruction tuning. It performs competitively or better than earlier VLMs such as *MedVInT* or *Med-Flamingo*. For instance, in the benchmarking study “Towards Generalist Foundation Model for Radiology”, RadFM outperforms certain baseline foundation models on multiple datasets in diagnosis accuracy and report generation. However, RadFM’s strengths are tempered by limitations: it can require large amounts of instruction data, and some of its generative outputs show occasional hallucinations or decreased factual correctness in rare pathologies. Moreover, its architectural complexity and parameter count make deployment in resource-constrained clinical settings more challenging.

Med-Flamingo and LLaVA-Med exemplify models with instruction tuning and generative capabilities. Med-Flamingo extends Flamingo-style multimodal instruction following into the medical domain. It shows improved performance on medical VQA tasks via few-shot prompting. But its performance under zero-shot settings is generally lower than some of its successors. LLaVA-Med, in contrast, emphasizes both few-shot and zero-shot capability; it is more robust when adapting to unseen datasets or questions. In the comparative studies, LLaVA-Med typically outperforms Med-Flamingo on averaged metrics across VQA-RAD, SLAKE, PathVQA, etc.

These generative instruction-tuned models do well with natural language output and richer responses, but this richness sometimes comes at a cost in precision: false positives of findings, or verbosity that includes less relevant information when compared to concise clinical reports.

Recent models attempt to address the trade-off between data efficiency, generalization, and alignment across modalities. LoGra-Med is notable for its multi-graph alignment approach: it enforces consistency between image modalities, conversation-style descriptions, and extended captions. LoGra-Med shows that with far fewer instruction examples (e.g. 10% of the full set), it can approach or exceed the performance of LLaVA-Med on certain VQA benchmarks, especially VQA-RAD. Also, Med3DVLM is an important advance in extending VLMs into 3D medical imaging: rather than being limited to 2D images, Med3DVLM handles volumetric data (e.g. 3D scans) with specialized encoder architectures (e.g., decomposed 3D convolutions) and maintains strong performance in retrieval, report generation, and VQA tasks. This broadens the applicability to radiology areas beyond chest X-rays. Meanwhile LLaDA-MedV, a diffusion-based instruction-tuned model, pushes forward in controlling response length and improving VQA accuracy across medical benchmarks (VQA-RAD, SLAKE, PathVQA) with new architectural or sampling innovations as shown in Table 1.

When comparing these models, several patterns and trade-offs emerge. Models that rely heavily on LLaVA-Med, Med-Flamingo, etc. tend to achieve more fluent and contextually rich outputs but risk introducing errors or irrelevant content. Models emphasizing contrastive or alignment-based pretraining (RadFM, LoGra-Med) are better at ensuring consistency and accuracy, especially in zero-

or few-shot settings, but may produce less expressive text or fewer diagnostics details. 3D models like Med3DVLM show promise in fields where volumetric imaging is essential, yet bring computational and storage burdens. Additionally, there is a trade-off between model size / parameter count and practical deployment: large models are resource-intensive and difficult to integrate into clinic workflows or low-resource settings. Interpretability remains a common concern: while many models support attention visualization or grounding, few have rigorous evaluations of clinical explainability or user trust.

Table 1: Summary of State-of-the-Art Medical Vision–Language Models

Model	Architecture Type	Training Data / Domain	Key Benchmarks	Performance Highlights	Main Strengths	Main Limitations
RadFM (2023)	Encoder–Decoder (CLIP + LLM)	9 multimodal datasets (VQA-RAD, SLAKE, PMC-VQA, etc.)	Report generation, VQA	Achieves state-of-the-art zero-shot performance on multiple tasks	Strong multimodal reasoning; scalable to unseen data	High computational cost; occasional hallucination
Med-Flamingo (2023)	Decoder-only (Flamingo-based)	Large radiology datasets (MIMIC-CXR, ROCO)	VQA-RAD, PathVQA	High few-shot performance on VQA	Strong generative reasoning; good instruction following	Weak zero-shot generalization; verbose outputs
LLaVA-Med (2024)	Encoder–Decoder (LLaVA adaptation)	MIMIC-CXR, PMC-VQA, SLAKE	VQA-RAD, PathVQA, SLAKE	Outperforms Med-Flamingo on average across benchmarks	Robust multimodal alignment; versatile downstream use	Prone to overgeneration; less factual precision
MedVInT (2023)	Dual-Encoder (Vision Transformer + Text Transformer)	Medical image–text pairs	ROCO, VQA-RAD	Solid retrieval and classification results	Efficient contrastive learning; interpretable embeddings	Limited generative ability; task-specific tuning needed
LoGra-Med (2024)	Graph-enhanced	Multi-institutional	VQA-RAD, SLAKE	Matches or exceeds LLaVA-	Data-efficient alignment;	Still 2D-limited; modest



	multimodal encoder	radiology datasets		Med using 10% data	interpretable cross-modal mapping	generalization to unseen modalities
Med3DVLM (2024)	3D Encoder–Decoder	Volumetric CT and MRI datasets	VQA-RAD-3D, LIDC-IDRI	First strong 3D-VLM results with volumetric understanding	Extends VLMs to 3D modalities; rich spatial awareness	High training cost; limited pretraining resources
LLaDA-MedV (2025)	Diffusion-based Encoder–Decoder	Instruction-tuned multi-modal data	VQA-RAD, SLAKE, PathVQA	Improved accuracy and controlled response length	Enhanced factual precision; balanced generation	Requires large compute; limited interpretability validation

6. TECHNICAL, ETHICAL, AND PRACTICAL CHALLENGES

Despite significant progress in the development of VLMs for medical applications, several technical challenges remain unresolved. A major issue lies in data scarcity and heterogeneity. Most publicly available medical datasets—such as MIMIC-CXR, SLAKE, or VQA-RAD—are limited to specific modalities, populations, or institutions, which restricts model generalization. Clinical imaging data are often protected by strict privacy regulations (e.g., HIPAA, GDPR), limiting access for large-scale pretraining. Moreover, the diversity of imaging devices, protocols, and annotation styles introduces substantial domain shift, making it difficult for models trained in one context to perform robustly in another. Another pressing challenge is the interpretability and explainability of VLMs. Unlike traditional rule-based systems, multimodal transformers are largely black-box architectures that make it difficult for clinicians to understand the reasoning behind a model’s prediction or generated report. Although attention maps and gradient-based saliency methods provide partial insights, these techniques often lack causal validity and are insufficient for clinical decision-making, where transparency is critical. Additionally, there are computational constraints in deploying these large models in hospitals and clinics. Many state-of-the-art models, such as LLaVA-Med and Med-Flamingo, require substantial GPU memory and processing power, which is often unavailable in real-time diagnostic environments. Techniques like knowledge distillation, quantization, and parameter-efficient fine-tuning (PEFT) can help mitigate these issues but require further refinement to maintain diagnostic accuracy and interpretability. Lastly, multimodal alignment itself remains technically challenging—ensuring that visual and textual features correspond meaningfully across diverse modalities is an open problem that affects both the accuracy and safety of model outputs.

Beyond technical obstacles, the ethical challenges surrounding medical VLMs are increasingly critical as these systems approach clinical deployment. The first ethical concern pertains to data privacy and informed consent. Large-scale multimodal datasets frequently include sensitive personal information embedded in images, metadata, or textual notes. Improper anonymization or data leakage can lead to severe privacy violations. Ensuring that patients are informed about how their data will

be used for model training is often neglected in large-scale data collection. A second ethical challenge involves bias and fairness. VLMs trained on unbalanced datasets risk reproducing or amplifying existing health disparities—for instance, producing lower diagnostic accuracy for underrepresented populations such as certain age groups, ethnicities, or rare pathologies. These biases can have profound real-world consequences if the models are integrated into diagnostic systems or automated report generation pipelines. Another issue relates to hallucination and factual errors in generated reports. Even when models achieve high quantitative scores on benchmarks, they may produce confident yet clinically incorrect statements. This phenomenon, often termed “medical hallucination,” can mislead healthcare providers or patients if the generated outputs are trusted without human oversight. Ethical AI design in this context requires establishing frameworks for accountability, transparency, and human-in-the-loop verification, ensuring that clinicians remain the ultimate decision-makers. Additionally, intellectual property and authorship of AI-generated content raise new legal and ethical dilemmas—particularly when models trained on copyrighted or proprietary datasets generate outputs that resemble real medical records or reports.

In addition to technical and ethical concerns, practical implementation challenges present another major barrier to the widespread adoption of medical VLMs. Integrating these models into existing healthcare systems requires careful consideration of regulatory compliance, workflow adaptation, and user training. Health institutions must adhere to medical device regulations such as those from the FDA (U.S.), EMA (Europe), or local regulatory bodies. However, current guidelines for the approval of AI-driven diagnostic tools rarely account for complex multimodal architectures that learn dynamically from new data. This creates uncertainty in how VLM-based systems can be certified as safe and effective. Furthermore, the integration of AI tools into clinical workflows must be seamless to avoid increasing the cognitive load of healthcare providers. Poorly designed user interfaces or non-intuitive feedback mechanisms can lead to underuse or misuse of the technology. There is also the issue of infrastructure inequality: many hospitals, especially in developing regions, lack the hardware or network capacity to deploy large-scale VLMs. Cloud-based solutions offer potential scalability but raise additional security and latency concerns. To promote trust and usability, systems must include robust mechanisms for model monitoring, continual learning, and performance auditing under real-world conditions. Another practical issue is the training of medical staff to effectively interpret AI outputs. Clinicians need not only technical literacy to operate AI systems but also critical understanding to question or override model predictions when necessary. Finally, the cost-benefit trade-off must be justified: training and maintaining large VLMs is expensive, and the measurable clinical benefit must outweigh these costs for healthcare institutions to adopt them sustainably.

Therefore, addressing the interplay between technical, ethical, and practical challenges is crucial for the responsible evolution of medical Vision–Language Models. Overcoming these challenges requires a holistic approach that combines advancements in machine learning theory, ethical AI governance, and human-centered design. Future research should focus on developing data-efficient and interpretable VLMs that respect patient privacy while maintaining high diagnostic reliability. Establishing international standards for auditing medical AI models—similar to clinical trial protocols—could further ensure transparency and accountability. Collaboration between AI researchers, clinicians, ethicists, and policymakers is essential to build systems that are not only



accurate and powerful but also trustworthy, equitable, and sustainable in real-world healthcare environments.

7. FUTURE RESEARCH DIRECTIONS TOWARD RELIABLE AND INTERPRETABLE MEDICAL AI

The next generation of VLMs for medicine must prioritize reliability, interpretability, and trustworthiness to enable safe clinical deployment. Current systems exhibit impressive multimodal reasoning but remain vulnerable to domain shift, factual inconsistencies, and unexplained errors. One promising direction is the development of domain-adaptive pretraining and self-supervised learning strategies tailored to medical data. Unlike general vision–language corpora, medical datasets are highly specialized and structured. Leveraging modality-specific pretraining objectives—such as anatomy-aware contrastive learning, pathology localization, or cross-report contextualization—could improve domain robustness and generalization. Another critical area is knowledge-grounded modeling, where structured medical ontologies (e.g., UMLS, SNOMED CT, RadLex) are incorporated into model architectures or training pipelines. This can anchor model predictions in verifiable medical knowledge and reduce hallucinations. In parallel, parameter-efficient fine-tuning and federated learning will be essential for scalability and data privacy. Federated frameworks allow hospitals to collaboratively train models on decentralized datasets without exchanging patient data, mitigating privacy risks while improving diversity. These methods, combined with continual learning techniques, can help maintain model relevance as new imaging modalities and clinical standards evolve. Research into multimodal uncertainty quantification is also gaining importance, enabling models to express confidence in their outputs—an indispensable feature for clinical decision support systems.

Equally vital for the future is the emphasis on interpretability and human-centered design. The success of medical VLMs depends not only on algorithmic performance but also on how effectively they integrate into clinical practice. Future models must offer transparent reasoning pathways that clinicians can inspect and verify. Techniques such as attention-based grounding, counterfactual explanation, causal interpretability, and multimodal attention visualization can enhance user understanding of model decisions. Interdisciplinary research that bridges AI with cognitive science and radiology could lead to new interpretability frameworks reflecting how experts process visual and textual information. Another key direction involves human-in-the-loop learning, where medical experts iteratively correct or refine AI-generated reports, leading to co-adaptive systems that improve over time while maintaining accountability. Furthermore, standardized benchmarking protocols and explainability evaluation metrics are urgently needed to ensure consistent comparison across models. Current benchmarks (e.g., VQA-RAD, SLAKE) primarily measure task accuracy but fail to assess factual correctness, interpretability, and ethical alignment. Future initiatives should design holistic evaluation ecosystems that capture technical, clinical, and social dimensions of AI performance. Finally, building interdisciplinary collaborations among AI scientists, clinicians, ethicists, and policymakers will be pivotal to translating research into clinically validated and ethically compliant systems. As these research directions mature, they will pave the way for medical AI that is not only powerful and efficient but also transparent, accountable, and trustworthy, marking a transformative step toward responsible and interpretable healthcare innovation.

8. CONCLUSIONS

This paper has provided a comprehensive review of recent advancements in medical VLMs, highlighting their architectures, datasets, evaluation metrics, and clinical applications in report generation and VQA. The integration of vision and language modalities has opened transformative opportunities for automated diagnostic reasoning, clinical documentation, and decision support. However, despite notable progress, current models still face significant limitations related to domain adaptation, interpretability, ethical compliance, and data diversity. Through comparative analysis, this study underscored the need for domain-specific training strategies, multimodal alignment mechanisms, and transparent evaluation protocols to ensure reliability and clinical trust.

Looking ahead, the development of reliable and interpretable VLMs for healthcare will require a multidisciplinary effort that bridges AI research with clinical expertise and ethical governance. Future models must prioritize explainability, robust generalization across modalities, and data-efficient learning while adhering to patient privacy and regulatory frameworks. Standardized datasets and unified benchmarking platforms should be established to foster fair and reproducible evaluation. Furthermore, incorporating human-in-the-loop frameworks and knowledge-grounded reasoning can enhance both accuracy and clinical interpretability, ensuring that AI systems act as collaborative tools rather than opaque decision-makers.

In conclusion, the convergence of vision and language in medical AI represents a paradigm shift in how machines understand and assist in healthcare diagnostics. Continued innovation, guided by ethical responsibility and clinical validation, will be essential to transform current VLMs from research prototypes into trusted, explainable, and patient-centered technologies. This work thus contributes a roadmap for advancing multimodal intelligence toward safer, transparent, and more effective medical applications.

REFERENCES:

- [1] Zhou, D.-W., Zhang, Y., Ning, J., Ye, H.-J., Zhan, D.-C., and Liu, Z. 2023. Learning without forgetting for vision-language models. arXiv Preprint arXiv:2305.19270. doi: 10.48550/arXiv.2305.192705.
- [2] Waqas, A., Naveed, J., Shahnawaz, W., Asghar, S., Bui, M. M., and Rasool, G. 2024. Digital pathology and multimodal learning on oncology data. *Artif. Intell.* 1, 1–15. doi: 10.1093/bjrai/ubae014.
- [3] Chen, F., Zhang, D., Han, M., Chen, X., Shi, J., Xu, S., et al. 2023. VLP: a survey on vision-language pre-training. *Machine Intell. Res.* 20, 38–56. doi: 10.1007/s11633-022-1369-5
- [4] Liu, H., Xue, W., Chen, Y., Chen, D., Zhao, X., Wang, K., et al. 2024. A survey on hallucination in large vision-language models. arXiv Preprint arXiv:2402.00253. doi: 10.48550/arXiv.2402.00253F
- [5] Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., et al. 2021. Learning transferable visual models from natural language supervision. arXiv Preprint arXiv:2103.00020. doi: 10.48550/arXiv.2103.00020
- [6] Jia, C., Yang, Y., Xia, Y., Chen, Y., Parekh, Z., Pham, H., et al. (2021). “Scaling up visual and vision-language representation learning with noisy text supervision,” in *International Conference on Machine Learning*, Vol. 139, 4904–4916.
- [7] Moon, J. H., Lee, H., Shin, W., Kim, Y.-H., and Choi, E. 2022. Multimodal understanding and generation for medical images and text via vision-language pre-training. *IEEE J. Biomed. Health*



Informat. 26, 6070–6080. doi: 10.1109/JBHI.2022.3207502

[8] Lau, J. J., Gayen, S., Ben Abacha, A., and Demner-Fushman, D. 2018. A dataset of clinically generated visual questions and answers about radiology images. *Sci. Data* 5:180251. doi: 10.1038/sdata.2018.251

[9] Bannur, S., Hyland, S., Liu, Q., Perez-Garcia, F., Ilse, M., Castro, D. C., et al. 2023. Learning to exploit temporal structure for biomedical vision-language processing. *arXiv Preprint arXiv:2301.04558*. doi: 10.48550/arXiv.2301.04558

[10] Zhang, S., Xu, Y., Usuyama, N., Bagga, J., Tinn, R., Preston, S., et al. 2023. Largescale domain-specific pretraining for biomedical vision-language processing. *arXiv Preprint arXiv:2303.00915*. doi: 10.48550/arXiv.2303.00915

[11] Yuan, Z., Jin, Q., Tan, C., Zhao, Z., Yuan, H., Huang, F., et al. 2023. RAMM: retrieval-augmented biomedical visual question answering with multimodal pre-training. *arXiv Preprint arXiv:2303.00534*. doi: 10.48550/arXiv.2303.00534

[12] Shu, C., Chen, B., Liu, F., Fu, Z., Shareghi, E., and Collier, N. 2023. Visual MEDALPACA: a Parameter-Efficient Biomedical LLM With Visual Capabilities. Available at: <https://cambridgeltl.github.io/visual-med-alpaca/> (accessed February 20, 2024)

[13] Ranjit, M., Ganapathy, G., Manuel, R., and Ganu, T. 2023. Retrieval augmented chest X-ray report generation using openAI GPT models. *arXiv Preprint arXiv:2305.03660*. doi: 10.48550/arXiv.2305.03660

[14] Li, C., Wong, C., Zhang, S., Usuyama, N., Liu, H., Yang, J., et al. 2023. LLaVA-Med: training a large language-and-vision assistant for biomedicine in one day. *arXiv Preprint arXiv:2306.00890*. doi: 10.48550/arXiv.2306.00890

[15] Pellegrini, C., Özsoy, E., Busam, B., Navab, N., and Keicher, M. 2023. Radialog: a large vision-language model for radiology report generation and conversational assistance. *arXiv Preprint arXiv:2311.18681*. doi: 10.48550/arXiv.2311.18681

[16] Johnson, A. E. W., Pollard, T. J., Greenbaum, N. R., Lungren, M. P., Ying Deng, C., Peng, Y., et al. 2019. MIMIC-CXR-JPG, a large publicly available database of labeled chest radiographs. *arXiv Preprint arXiv:1901.07042*. doi: 10.48550/arXiv.1901.07042

[17] Irvin, J. A., Rajpurkar, P., Ko, M., Yu, Y., Ciurea-Ilcus, S., Chute, C., et al. 2019. CheXpert: a large chest radiograph dataset with uncertainty labels and expert comparison. *AAAI Conf. Artif. Intell.* 33, 590–597. doi: 10.1609/aaai.v33i01.3301590

[18] Demner-Fushman, D., Kohli, M. D., Rosenman, M. B., Shooshan, S. E., Rodriguez, L. M., Antani, S. K., et al. 2015. Preparing a collection of radiology examinations for distribution and retrieval. *J. Am. Med. Informat. Assoc.* 23, 304–310. doi: 10.1093/jamia/ocv080

[19] He, X., Zhang, Y., Mou, L., Xing, E., and Xie, P. 2020. PathVQA: 30000+ questions for medical visual question answering. *arXiv Preprint arXiv:2003.10286*. doi: 10.48550/arXiv.2003.10286

[20] Li, P., Liu, G., He, J., Zhao, Z., and Zhong, S. 2023. “Masked vision and language pre-training with unimodal and multimodal contrastive losses for medical visual question answering,” in *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)*, 374–383.

[21] Lu, M. Y., Chen, B., Williamson, D. F. K., Chen, R. J., Zhao, M., Chow, A. K., et al. 2024. A multimodal generative ai copilot for human pathology. *Nature* 24:3. doi: 10.1038/s41586-024-07618-3

SUN'YIY INTELLEKT ETIKASI BO'YICHA XALQARO NAZARIY ME'YORLAR: TAMOYILLAR, MUAMMOLAR VA TA'LIM UCHUN TAVSIYALAR

Kobuljon Ismanov¹, Alisher Mamatov², Said Maxanov³

O'zbekiston respublikasi ta'limni rivojlantirish respublika ilmiy-metodik markazi
ismanovqa@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun'iy intellekt etikasi bo'yicha yetakchi xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan nazariy me'yorlar, jumladan UNESCO, OECD va Yevropa Ittifoqining "ishonchli sun'iy intellekt" konsepsiyalari tizimli ravishda tahlil qilingan. Tadqiqot davomida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish jarayonida yuzaga kelayotgan asosiy axloqiy muammolar — algoritmik diskriminatsiya, shaxsiy ma'lumotlar xavfsizligi, javobgarlik masalalari, shaffoflik va inson nazorati muammolari ilmiy asosda yoritilgan. Shuningdek, ta'lim tizimida sun'iy intellektdan foydalanishning ijobiy imkoniyatlari bilan bir qatorda uning etik xavflari ochib berilgan. Xalqaro tavsiyalar asosida ta'limda sun'iy intellektdan mas'uliyatli foydalanish uchun zarur bo'lgan tamoyillar aniqlangan hamda O'zbekiston ta'lim tizimi uchun moslashtirilgan konseptual yondashuv taklif etilgan. Mazkur tadqiqot natijalari ta'lim jarayoniga sun'iy intellektni joriy etishda etik, huquqiy va pedagogik muvozanatni ta'minlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, sun'iy intellekt etikasi, raqamli etika, xalqaro me'yorlar, mas'uliyatli sun'iy intellekt, algoritmik diskriminatsiya, ta'limda sun'iy intellekt, shaxsiy ma'lumotlar xavfsizligi.

1. Kirish.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining jadal rivojlanishi jamiyat hayotining deyarli barcha sohalariga, jumladan ta'lim, sog'liqni saqlash, iqtisodiyot, davlat boshqaruvi, xavfsizlik va ijtimoiy xizmatlar tizimiga chuqur kirib borishiga sabab bo'lmoqda. Katta hajmdagi ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash, tahlil qilish, bashoratlash va mustaqil qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega bo'lgan SI tizimlari inson faoliyatining samaradorligini oshirish bilan birga, tubdan yangi ijtimoiy, huquqiy va axloqiy muammolarni ham yuzaga chiqarmoqda. Ayniqsa, SI tizimlarining jamiyatga ko'rsatadigan ta'siri ularning nafaqat texnik imkoniyatlari, balki axloqiy asoslanganligi bilan ham bevosita bog'liq ekanligi tobora yaqqol namoyon bo'lmoqda.

Sun'iy intellektni joriy etilishi bilan bog'liq asosiy axloqiy muammolar qatoriga algoritmik diskriminatsiya, shaxsiy ma'lumotlar maxfiylikning buzilishi, avtomatlashtirilgan qarorlar uchun javobgarlikning noaniqligi, inson nazoratining cheklanishi, shaffoflikning yetarli darajada ta'minlanmasligi hamda raqamli tengsizlikning kuchayishi kabi holatlar kiradi. Ushbu muammolar ayniqsa ta'lim tizimida keskin namoyon bo'lib, o'quvchilarning baholanishi, individual ta'lim yo'llarining shakllanishi, pedagogik adolat, akademik halollik va shaxsiy ma'lumotlarning himoyasi bilan bevosita bog'liqdir. Shu sababli bugungi kunda sun'iy intellektni ta'lim jarayoniga joriy etishda nafaqat texnologik samaradorlik, balki etik muvofiqlik ham muhim mezon sifatida qaralmoqda.

Mazkur jarayonlar global miqyosda ham keng muhokamaga sabab bo'lib, sun'iy intellekt etikasi bo'yicha xalqaro normativ-huquqiy yondashuvlar shakllanmoqda. Jumladan, UNESCO tomonidan 2021-yilda qabul qilingan "Sun'iy intellekt etikasi bo'yicha tavsiya" hujjati, OECDning



“ishonchli sun’iy intellekt” tamoyillari hamda Yevropa Ittifoqining “Trustworthy AI” konsepsiyasi sun’iy intellektni inson huquqlari, adolat, shaffoflik, xavfsizlik va javobgarlik asosida tartibga solishga qaratilgan yetakchi xalqaro nazariy me’yorlar sifatida e’tirof etilmoqda. Ushbu hujjatlar sun’iy intellektni rivojlantirishda “Inson manfaatlariga yo’naltirilgan sun’iy intellekt” g’oyasini asosiy ustuvor yo’nalish sifatida belgilab bermoqda.

O‘zbekiston Respublikasida ham raqamli transformatsiya jarayonlari, jumladan, ta’lim tizimini raqamlashtirish, sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish bo’yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.Mirziyoyevning 2020 – yil 5-oktyabrdagi PF – 6079–son farmoni bilan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi tasdiqlangan ushbu strategiya doirasida 2024–yil 14-oktyabrda “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030 – yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PQ – 358-sonli qaror qabul qilingan, bunda, maktabgacha, umumiy o‘rta va oliy ta’lim tizimida raqamli platformalarning jadal joriy etilishi ta’lim jarayoniga sun’iy intellekt elementlarini bosqichma-bosqich tatbiq etishni hamda xavfsizlik nuqtai nazaridan sun’iy intellekt texnologiyalari bo’yicha etika qoidalarini ishlab chiqishni taqozo etmoqda.

Yuqoridagilarni inobatga olib sun’iy intellektdan mas’uliyatli foydalanish, etik xavflarni oldindan baholash, adolatni ta’minlash va shaxsiy ma’lumotlarni himoyalash masalalari yetarli darajada ilmiy asoslangan mexanizmlarni talab etmoqda. Shu nuqtai nazardan, sun’iy intellekt etikasi bo’yicha xalqaro nazariy me’yorlarni tizimli tahlil qilish, ularning umumiy tamoyillarini aniqlash, amaliyotda yuzaga kelayotgan muammolarni ilmiy baholash hamda ta’lim tizimi uchun moslashtirilgan tavsiyalar ishlab chiqish dolzarb ilmiy vazifa hisoblanadi. Ayniqsa, xalqaro tajribaga tayangan holda O‘zbekiston ta’lim tizimida sun’iy intellektdan mas’uliyatli va xavfsiz foydalanish modelini shakllantirish ilmiy-amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur maqolaning maqsadi sun’iy intellekt etikasi bo’yicha yetakchi xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan nazariy me’yorlarni tahlil qilish, asosiy tamoyillar va muammolarni aniqlash hamda ta’lim tizimi uchun ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- sun’iy intellekt etikasi tushunchasining nazariy mohiyatini ochib berish;
- xalqaro me’yoriy hujjatlar asosida asosiy etik tamoyillarni tahlil qilish;
- sun’iy intellekt bilan bog‘liq dolzarb axloqiy muammolarni tasniflash;
- ta’lim tizimida sun’iy intellektdan foydalanishda yuzaga keladigan etik muammolarni aniqlash;
- ta’lim uchun mas’uliyatli sun’iy intellektdan (responsible AI) foydalanishga oid tavsiyalar ishlab chiqish.

Mazkur tadqiqot natijalari sun’iy intellektni ta’lim jarayoniga joriy etishda etik, huquqiy va pedagogik muvozanatni ta’minlash, shuningdek, milliy ta’lim tizimida sun’iy intellektdan barqaror va mas’uliyatli foydalanish bo’yicha konseptual yondashuvlarni shakllantirishga xizmat qiladi.

1. Sun’iy intellekt etikasi tushunchasining nazariy asoslari

Sun’iy intellekt (SI) tushunchasi zamonaviy ilm-fan va texnologiya rivojining eng muhim fenomenlaridan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda sun’iy intellekt odatda inson aqliy faoliyatiga xos bo‘lgan tahlil qilish, o‘rganish, mantiqiy xulosa chiqarish, bashoratlash va qaror qabul qilish funksiyalarini amalga oshira oladigan algoritmik va dasturiy tizimlar majmui sifatida talqin etiladi.

Biroq texnologik taraqqiyot natijasida sun'iy intellektning jamiyat hayotiga chuqur integratsiyalashuvi uni faqat texnik kategoriya sifatida emas, balki ijtimoiy-falsafiy va axloqiy hodisa sifatida ham ilmiy jihatdan tadqiq etishni taqozo etmoqda.

Shu nuqtai nazardan, sun'iy intellekt etikasi tushunchasi raqamli etika va texnologik etika yo'nalishlarining mantiqiy davomchisi sifatida shakllandi. Umumiy etika inson xulq-atvori, qadriyatlari va axloqiy me'yorlarini tartibga solsa, raqamli etika zamonaviy axborot texnologiyalari, internet muhiti va raqamli xizmatlarning jamiyatga ta'sirini o'rganadi. Sun'iy intellekt etikasi esa aynan avtomatlashtirilgan aqlli tizimlar tomonidan qabul qilinayotgan qarorlarning inson hayoti, huquqlari, erkinliklari va jamiyat barqarorligiga ta'siri bilan bog'liq axloqiy muammolarni ilmiy jihatdan tahlil etadi.

Sun'iy intellekt etikasi nazariyasining markazida "inson manfaatlari" tamoyili turadi. Ushbu yondashuvga ko'ra, har qanday sun'iy intellekt tizimi inson manfaatlariga xizmat qilishi, uning huquqlarini cheklamasligi, jamiyatning ijtimoiy adolat, tenglik va xavfsizlik tamoyillariga zid kelmasligi lozim. Bu g'oya yetakchi xalqaro tashkilotlar, xususan UNESCO, OECD hamda Yevropa Ittifoqining rasmiy yondashuvlarida asosiy ustuvor yo'nalish sifatida mustahkamlangan. Nazariy jihatdan sun'iy intellekt etikasi quyidagi asosiy kategoriyalar orqali tavsiflanadi:

Birinchidan, inson huquqlari ustuvorligi. SI tizimlari shaxsning daxlsizligi, shaxsiy hayoti, fikrlash erkinligi va kamsitilmaslik huquqlarini buzmasligi kerak. Algoritmik qarorlar inson huquqlariga tahdid soluvchi omilga aylanmasligi zarur.

Ikkinchidan, adolatlilik. Ma'lumotlarda mavjud bo'lgan tarixiy yoki ijtimoiy noaniqliklar sun'iy intellekt algoritmlari orqali me'yordan oshmasligi zarur. Algoritmik diskriminatsiya zamonaviy SI etikasi nazariyasining eng muhim muammolaridan biri sifatida e'tirof etiladi.

Uchinchidan, shaffoflik va tushuntiriluvchanlik. Sun'iy intellekt tomonidan qabul qilinayotgan qarorlarning mantiqiy asoslari foydalanuvchi uchun tushunarli bo'lishi lozim.

To'rtinchidan, javobgarlik. Agar SI noto'g'ri qaror qabul qilsa, uning oqibatlari uchun mas'ul subyekt aniq belgilangan bo'lishi kerak. Javobgarlikning noaniqligi sun'iy intellektni keng miqyosda tatbiq etishda asosiy to'siqlardan biri hisoblanadi.

Beshinchidan, xavfsizlik va barqarorlik. SI tizimlari texnik nosozlik, kiberxurujlar va noxolis foydalanishdan himoyalangan bo'lishi zarur. Aks holda, bunday tizimlar ijtimoiy xavfsizlikka jiddiy tahdid tug'dirishi mumkin.

Shu bilan birga, sun'iy intellekt etikasi nazariyasi normativ va deskriptiv yo'nalishlarni ham o'z ichiga oladi. Normativ etika "qanday bo'lishi kerak?" degan savolga javob izlab, sun'iy intellekt uchun axloqiy me'yorlarni belgilaydi. Deskriptiv yondashuv esa "hozirda qanday?" degan savol asosida jamiyatda real mavjud bo'lgan sun'iy intellektdan foydalanuvchi inson xulq-atvorini tahlil qiladi. Bu ikki yo'nalish uyg'unlashgandagina sun'iy intellekt etikasi samarali nazariy poydevorga ega bo'la oladi.

Ta'kidlash joizki, sun'iy intellekt etikasi faqat texnologiya ishlab chiquvchilarga emas, balki davlat boshqaruvi, ta'lim, sog'liqni saqlash, huquqni muhofaza qilish tizimlari, shuningdek keng jamoatchilik uchun ham muhim metodologik yo'riqnoma vazifasini bajaradi. Ayniqsa, ta'lim tizimida sun'iy intellektdan foydalanishda etik me'yorlar o'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlari



himoyasi, baholashning adolatliligi, pedagogik halollik va teng imkoniyatlarni ta'minlash bilan uzviy bog'liqdir.

2. Sun'iy intellekt etikasi bo'yicha xalqaro nazariy me'yorlar.

Sun'iy intellektning jadal rivojlanishi va global miqyosda keng joriy etilishi natijasida uning inson huquqlari, xavfsizlik, ijtimoiy adolat va barqaror rivojlanishga ta'siri masalalari alohida e'tibor markaziga chiqdi. Shu sababli so'nggi yillarda yetakchi xalqaro tashkilotlar tomonidan sun'iy intellekt etikasi bo'yicha umumiy konseptual yondashuvlar, universal tamoyillar va normativ tavsiyalar ishlab chiqildi. Ushbu bo'limda mazkur yo'nalishda asos bo'lib xizmat qilayotgan UNESCO, OECD va Yevropa Ittifoqining "Trustworthy AI" konsepsiyalari hamda IEEE tashabbuslari tizimli tahlil qilinadi.

2.1. UNESCO yondashuvi: sun'iy intellekt etikasi bo'yicha global universal standart

2021-yilda UNESCO tomonidan qabul qilingan "Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence" hujjati sun'iy intellekt etikasi bo'yicha dunyodagi birinchi universal xalqaro normativ hujjat sifatida e'tirof etiladi. Ushbu hujjat 190 dan ortiq davlat tomonidan qo'llab-quvvatlangan bo'lib, unda sun'iy intellektni rivojlantirish va joriy etishda asosiy axloqiy, ijtimoiy va huquqiy yo'nalishlar belgilab berilgan.

UNESCOning sun'iy intellekt etikasi bo'yicha konsepsiyasi o'z markazida inson qadr-qimmatini va manfaatlarini himoya qilish tamoyilini qo'yadi. Ya'ni har qanday texnologik yechim yoki avtomatlashtirilgan qaror insonning huquqlari, erkinliklari va farovonligi ustuvor bo'lgan holda qo'llanilishi lozim. Hujjatda SI etikasi bir qator asosiy tamoyillar asosida belgilangan, bular inson huquqlarining ustuvorligi, inklyuzivlik va tenglikni ta'minlash, adolat va kamsitmaslik, shaffoflik va izoh berish imkoniyati, texnologik xavfsizlik va barqarorlik, ma'lumotlar maxfiyligi hamda javobgarlik va ijtimoiy mas'uliyat. Bu yondashuvning eng muhim jihati shundaki, sun'iy intellekt etikasi faqat texnik masala sifatida emas, balki jamiyat hayotining barcha qatlamlariga ya'ni madaniyat, ta'lim, ijtimoiy munosabatlar va siyosiy boshqaruvga bevosita ta'sir etuvchi omil sifatida talqin qilinadi. Ayniqsa ta'lim sohasida SI texnologiyalarini joriy etishda pedagogning hal qiluvchi roli, o'quvchilarning manfaatlari, teng imkoniyatlar yaratish va shaxsiy ma'lumotlarning ishonchli himoyasi alohida ustuvor yo'nalish sifatida ko'rsatib o'tiladi.

Ilmiy va amaliy nuqtayi nazardan UNESCO konsepsiyasi global miqyosda yagona me'yoriy asos bo'lib xizmat qiladi. Mazkur hujjat har bir davlat, jumladan O'zbekiston uchun ham SI texnologiyalarini etik tamoyillar asosida joriy etish, ularni boshqarish va ta'lim tizimiga uyg'un integratsiya qilishda muhim metodologik tayanch vazifasini bajarishi mumkin.

2.2 OECD yondashuvi: ishonchli sun'iy intellekt (Trustworthy AI) konsepsiyasi

OECD tomonidan 2019-yilda qabul qilingan va 2024-yilda yangilangan "AI Principles" hujjati sun'iy intellekt etikasi masalasiga davlatlar va hukumat vakillari uchun mo'ljallangan konsepsiya sifatida yondashadi. Ushbu hujjatda sun'iy intellektni "ishonchli sun'iy intellekt" tamoyili asosida rivojlantirish g'oyasi ilgari suriladi. Bu tamoyillar ikki asosiy yo'nalishga tayanadi: qiymatga asoslangan tamoyillar va siyosiy tavsiyalar. Qiymatga asoslangan tamoyillar qatoriga inson huquqlari va demokratik qadriyatlarni hurmat qilish, adolat, tenglik va inklyuzivlikni ta'minlash, shaffoflik va

tizimlarning tushuntiriluvchanligini oshirish, texnologik xavfsizlik va barqarorlikni mustahkamlash, shuningdek javobgarlikni aniq belgilash kiradi.

OECD yondashuvining muhim jihati shundaki, u sun'iy intellektni texnik muammo sifatida emas, balki davlat boshqaruvi, iqtisodiy rivojlanish va ijtimoiy barqarorlik omili sifatida ko'radi. Ushbu tamoyillar ko'plab davlatlarda milliy sun'iy intellekt strategiyalarini ishlab chiqishda metodologik asos bo'lib xizmat qilmoqda.

2.3. Yevropa Ittifoqi: “Trustworthy AI” yo‘riqnomasi

Yevropa Ittifoqi tomonidan ishlab chiqilgan yo'riqнома sun'iy intellekt tizimlarining ishonchli, xavfsiz va inson huquqlariga mos ishlashini ta'minlashga qaratilgan kompleks yondashuvni taqdim etadi. Ushbu hujjatga ko'ra, har qanday sun'iy intellekt tizimi uch asosiy mezonga javob berishi lozim: qonuniylik, axloqiylik va texnik ishonchlilik. Mazkur yondashuv asosida yetti asosiy talab ishlab chiqilgan bo'lib, ular sun'iy intellektning inson nazorati ostida ishlashi, texnik xavfsizlikni ta'minlashi, ma'lumotlar maxfiylikni himoya qilishi, faoliyati shaffof bo'lishi, diskriminatsiyaga yo'l qo'ymasligi, ijtimoiy va ekologik farovonlikka hissa qo'shishi hamda aniq javobgarlik mexanizmlariga ega bo'lishini talab qiladi.

Yo'riqnomada, shuningdek, sun'iy intellekt tizimlarini amaliy jihatdan baholash uchun etik mezonlar, risklarni baholash mexanizmlari va sertifikatlashtirish jarayonlari bo'yicha metodik ko'rsatmalar ham berilgan. Bu yondashuv ayniqsa ta'lim, sog'liqni saqlash va davlat boshqaruvi kabi yuqori ijtimoiy mas'uliyat talab qiladigan sohalarda alohida ahamiyat kasb etadi, chunki ushbu sohalarda sun'iy intellektning ishonchliligi va adolatliligi bevosita inson hayoti va farovonligiga ta'sir ko'rsatadi.

2.4. IEEE va ilmiy meta-tahlillar.

IEEE tomonidan ishlab chiqilgan IEEE 7010-2020 standarti sun'iy intellekt va avtonom tizimlarning inson farovonligiga real ta'sirini baholash metodologiyasini taklif etadi. Bu yondashuv SI ni faqat texnologik emas, balki ijtimoiy indikatorlar orqali baholash imkonini beradi.

Shuningdek, 200 dan ortiq xalqaro hujjatlarni qamrab olgan ilmiy meta-tahlillar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt etikasi bo'yicha 17 ta keng tarqalgan tamoyil mavjud, biroq ularning talqini va amaliy ustuvorligi hujjatdan hujjatga sezilarli darajada farqlanadi. “Adolat”, “shaffoflik”, “maxfiylik” tushunchalari turli kontekstlarda turlicha izohlanadi.

2.5. Xalqaro me'yorlarni qo'llashdagi muammolar

Xalqaro tamoyillar keng konsensus asosida shakllangan bo'lsa-da, ularni amaliyotga tatbiq etish jarayonida bir qator murakkab muammolar yuzaga kelmoqda:

- texnologiyalarning juda tez rivojlanishi sababli etik me'yorlarning tez eskirishi;
- davlat, biznes va fuqarolik jamiyati manfaatlarining to'qnashuvi;
- milliy qonunchilik tizimlarining zaifligi;
- maxfiylik va javobgarlik bo'yicha huquqiy bo'shliqlar.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, tamoyillar bo'yicha umumiy kelishuv mavjud bo'lsa-da, ularni “qanday” va “kim tomonidan” amalga oshirish masalalari ochiq qolib, natijada global



me'yorlardan milliy tartibga solish tizimlariga o'tish jarayonida asosiy muammolar yuzaga kelmoqda.

2.6. Xalqaro yondashuvlarning taqqoslama tahlili

Sun'iy intellekt etikasi bo'yicha UNESCO, OECD va Yevropa Ittifoqi tomonidan ishlab chiqilgan konsepsiyalar mazmunan turli yo'nalishlarga urg'u bersa-da, ularni birlashtiruvchi umumiy yadroviy tamoyillar tizimi mavjud. Ushbu yondashuvlarni taqqoslash orqali tahlil qilish ularning o'xshash va farqli jihatlarini aniq ilmiy asosda ochib berish imkonini beradi.

- UNESCO yondashuvi global va universal xarakterga ega bo'lib, u davlat siyosati, ta'lim, sog'liqni saqlash, madaniyat va ijtimoiy rivojlanishni qamrab oladi.

- OECD yondashuvi asosan davlat boshqaruvi, iqtisodiy, siyosiy va milliy strategiyalar uchun mo'ljallangan.

- Yevropa Ittifoqi yo'riqnomasi esa amaliy joriy etish, texnik baholash va sertifikatlash mexanizmlariga yo'naltirilgan.

Demak, UNESCO normativ-axloqiy me'yorlar, OECD siyosiy-strategik me'yorlar, Yevropa Ittifoqi yo'riqnomasi esa amaliy-texnik me'yor vazifasini bajaradi. Mazkur farqlar ularni bir-birini inkor etuvchi emas, balki bir-birini to'ldiruvchi global me'yoriy tizim sifatida qarash imkonini beradi.

3. Sun'iy intellekt etikasi bilan bog'liq asosiy muammolar

Sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi va turli sohalarga keng ko'lamda joriy etilishi ularning samaradorligini oshirish bilan bir qatorda murakkab axloqiy, huquqiy va ijtimoiy muammolarni ham yuzaga keltirmoqda. Xalqaro me'yoriy hujjatlarda belgilangan tamoyillar nazariy jihatdan mukammal bo'lsa-da, ularni amaliyotga tatbiq etish jarayonida 1-rasmda keltirilgan tizimli muammolar mavjud.



1-rasm. Sun'iy intellektni joriy etishda yuzaga kelayotgan etik va huquqiy muammolar

Algoritmik diskriminatsiya bu sun'iy intellekt tizimlari tomonidan qabul qilinayotgan qarorlarning ayrim ijtimoiy guruhlarga nisbatan adolatsiz yoki tarafkashligi bilan bog'liq muammo bo'lib, u asosan mutaxassis tomonidan o'qitilgan ma'lumotlardagi to'liq bo'lmagan axborot va model sozlamalaridagi xatolar bilan izohlanadi. Bunday holatlar avtomatlashtirilgan ishga qabul qilish

jarayonlari, kredit reytingini baholash, shuningdek, o'quvchilarning bilim darajasini aniqlash kabi tizimlarda bilvosita xatoliklarga olib kelishi mumkin.

Bundan tashqari, sun'iy intellekt tizimlarida shaxsiy ma'lumotlardan foydalanish jarayoni ham alohida e'tibor talab qiladi, chunki ularning samaradorligi katta hajmdagi maxfiy axborotlar bilan ishlashga tayanadi. Bu jarayon ta'lim, sog'liqni saqlash, moliya hamda davlat xizmatlari kabi sohalarda yuqori darajada maxfiy axborotlar bilan ishlashni talab etadi. Bunday ma'lumotlarning yetarli darajada himoyalanganligi natijasida shaxsga doir ma'lumotlar uchinchi tomonga chiqib ketishi natijasida shaxs erkinligining cheklanishi jiddiy xavflarni keltirib chiqaradi. Shu bois shaxsiy ma'lumotlar maxfiyligini ta'minlash masalasi bugungi kunda sun'iy intellekt texnologiyalarining eng muhim va eng zaif bo'g'inlaridan biri sifatida qaraladi.

Keyingi tizimli muammolardan biri bu javobgarlikning noaniqligi bo'lib, sun'iy intellektga asoslangan texnologiyalar noto'g'ri qaror qabul qilgan holatlarda javobgarlik kimning zimmasiga tushishi masalasi bugungi kunda eng murakkab huquqiy muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Amaldagi huquqiy tizimlar asosan inson faoliyatidan kelib chiqadigan javobgarlikni belgilaydi, biroq sun'iy intellekt ishtirokidagi qarorlar jarayonida soha mutaxassislari, texnologiyani joriy etgan tashkilotlar va tizim foydalanuvchilari kabi bir nechta subyektlar qatnashadi. Javobgarlikning ular o'rtasida aniq belgilanmaganligi esa huquqiy bo'shliqlarni yuzaga keltirib, sud jarayonlarida va normativ-huquqiy tartibga solishda ham jiddiy qiyinchiliklar tug'dirmoqda.

Sun'iy intellektning yana bir muhim jihati uning avtonomligi, ya'ni mustaqil ishlash qobiliyatidir. Biroq qarorlar to'liq avtomatlashtirilgan holda, inson ishtirokisiz qabul qilinganda inson nazoratining kamayishi (loss of human oversight) muammosi yuzaga keladi. Bunday holatda noto'g'ri qarorlarning avtomatik ravishda ko'payishi, texnik nosozliklarning kech aniqlanishi, foydalanuvchining tizimga ortiqcha ishonib ketishi (automation bias) hamda mas'uliyatni bevosita texnologiya zimmasiga yuklash tendensiyasi ortadi. Shu bois sun'iy intellektdan foydalanishda inson ishtirokini ta'minlash muhim etik talab sifatida qaralishi lozim.

Shuningdek, texnologik tengsizlik va raqamli tafovut muammolariga e'tibor qaratsak, sun'iy intellekt texnologiyalari katta moliyaviy sarmoya va rivojlangan texnik infratuzilmani talab qilgani bois rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlar, shuningdek, shahar va qishloq hududlarida texnik imkoniyatlar yetarli va cheklangan sharoitlarda raqamli tafovut (digital divide) yanada ortib bormoqda. Bu holat sun'iy intellekt texnologiyalaridan teng va adolatli foydalanish imkoniyatlarini cheklab, ijtimoiy adolat tamoyiliga zid bo'lgan vaziyatlarning yuzaga kelish ehtimolini oshiradi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt etikasi bilan bog'liq muammolar faqat texnik xarakterga ega emas, balki inson huquqlari, ijtimoiy adolat, huquqiy javobgarlik va mas'uliyat bilan uzviy bog'liq bo'lgan murakkab tizimli muammolar majmuini tashkil etadi. Algoritmik diskriminatsiya, shaxsiy ma'lumotlar maxfiyligi, javobgarlikning aniq belgilanmaganligi, inson nazoratining cheklanishi hamda texnologik tengsizlik kabi omillar sun'iy intellektdan foydalanishni qat'iy ilmiy asoslangan va normativ jihatdan mustahkam mexanizmlar orqali tartibga solish hozirgi kunning dolzarb muammolaridan hisoblanadi.

4. Ta'lim tizimida sun'iy intellekt etikasi muammolari

Sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'lim tizimiga jadal joriy etilishi ta'lim jarayonining samaradorligini oshirish, individual yondashuvni ta'minlash, monitoring va baholashni



avtomatlashtirish kabi muhim imkoniyatlarni yaratmoqda. Biroq mazkur jarayon bilan bir qatorda ushbu texnologiyalarni qo'llash natijasida yuzaga keladigan pedagogik, axloqiy va huquqiy masalalarni inobatga olishni ham talab etadi. Mazkur masalalar o'quvchilarning ta'lim jarayoni bilan bog'liq huquqlari va manfaatlarini himoya qilish, pedagogning mas'uliyatini aniq belgilash va baholash jarayonining adolatli bo'lishi kabi ta'limning asosiy tamoyillari bilan bevosita bog'liqdir.

Avtomatlashtirilgan baholash tizimlari va pedagogik adolat muammosi. Sun'iy intellekt asosida ishlovchi avtomatlashtirilgan baholash tizimlari test topshiriqlarini tekshirish, yozma ishlarni tahlil qilish va o'quvchining rivojlanish dinamikasini muntazam monitoring qilish imkonini yaratmoqda. Biroq ushbu texnologiyalarning pedagogik adolatlilikni ta'minlash darajasi hali ham to'liq kafolatlanmagan. Amaliyotda bir qator muammolar kuzatilmoqda: baholash mezonlarining shaffof emasligi, kreativ fikrlash va subyektiv yondashuvlarning avtomatik modellarda yetarli aks etmasligi, o'quvchining psixologik holati va individual xususiyatlarining e'tibordan chetda qolishi hamda xatoliklarning tizimli takrorlanish xavfi. Natijada avtomatlashtirilgan baholash ko'pincha o'quvchining real bilim darajasini to'liq aks ettirmasligi mumkin, bu esa pedagogik adolat tamoyiliga zid holatlarning yuzaga kelishiga olib keladi.

O'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlari himoyasi muammosi. Ta'lim tizimida sun'iy intellektning faol qo'llanilishi o'quvchilarning akademik ko'rsatkichlari, shaxsiy profillari, xulq-atvori va shaxsga doir bo'lgan ma'lumotlari yuqori darajada maxfiy axborotlar bazasining shakllanishiga olib kelmoqda. Ushbu ma'lumotlarning yetarli darajada himoyalansizligi natijasida noqonuniy kuzatuv, ma'lumotlarning uchinchi shaxslarga tarqalishi, shaxs erkinligining cheklanishi, o'quvchi sha'ni va qadr-qimmatiga putur yetkazilishi kabi xavflarga sabab bo'lishi mumkin. Shu bois ta'limda sun'iy intellektdan foydalanishda "minimal ma'lumot yig'ish" va "belgilangan maqsadlarda foydalanish" tamoyillari asosiy etik talab sifatida qaralishi zarur.

Akademik halollik muammolari. Sun'iy intellektga asoslangan chatbotlar yordamida matn yaratish, tarjima qilish va masalalarni avtomatik yechish vositalari o'quv jarayonida akademik halollik muammosini keskinlashtirmoqda. O'quvchilar tomonidan mustaqil ishlarning sun'iy intellekt yordamida bajarilishi, ijodiy topshiriqlarni tayyorlash, manbalarni ko'rsatmasdan foydalanish holatlari ko'payishi natijasida bilimlarning real egallanish darajasi pasayishi mumkin. Bu esa ta'lim sifatiga, baholashga bo'lgan ishonchga va ta'lim natijalarining haqiqiylikiga jiddiy xavf tug'diradi.

Pedagog rolining transformatsiyasi va kasbiy mas'uliyat muammosi. Sun'iy intellektning ta'lim jarayoniga jadal kirib kelishi pedagogning an'anaviy rolini tubdan o'zgartirmoqda. Endilikda pedagoglar bilim beruvchi roldan yo'naltiruvchi, maslahatchi va o'quv jarayonini boshqaruvchi subyektga aylanmoqda. Bu esa ta'lim sifatini oshirish uchun yangi imkoniyatlar yaratish bilan birga, ayrim xavflarni ham yuzaga chiqaradi. Jumladan, baholash, tahlil va qaror qabul qilish jarayonlarining ortiqcha darajada texnologiyaga topshirilishi pedagog mas'uliyatining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli pedagoglar sun'iy intellektni yordamchi vosita sifatida qabul qilishi, o'quv jarayoniga oid yakuniy qarorlar uchun mas'uliyatni esa o'z zimmasida saqlab qolishi zarur.

Raqamli tengsizlik va inklyuzivlik muammolari. Sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'lim tizimiga joriy etilishi barcha ta'lim muassasalari uchun bir xil imkoniyatlarni ta'minlab bera olmayapti. Texnik infratuzilmaning yetarli emasligi, internet tarmog'i sifatidagi farqlar hamda raqamli savodxonlik darajasidagi tafovutlar shahar va qishloq maktablari, iqtisodiy jihatdan

rivojlangan va chekka hududlar, shuningdek, ijtimoiy himoyaga muhtoj qatlamlar o'rtasida yangi "raqamli tengsizlik" to'liqining yuzaga kelishiga sabab bo'lmoqda. Bu holat esa ta'limda teng imkoniyatlar tamoyilini zaiflashtirib, ayrim guruhlarning zamonaviy ta'lim resurslari va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlarini cheklab qo'yishi mumkin.

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda tahlillar shuni ko'rsatadiki, ta'lim tizimida sun'iy intellektdan foydalanish pedagogik samaradorlikni oshirish bilan birga jiddiy etik xavflarni ham yuzaga keltirmoqda. Avtomatlashtirilgan baholashning adolatliligi, o'quvchining shaxsiy ma'lumotlarining himoyasi, akademik halollik, pedagog mas'uliyati va raqamli tengsizlik muammolari ta'limda sun'iy intellektdan mas'uliyatli va ehtiyotkorona foydalanishni taqozo etadi.

5. Xalqaro tavsiyalar asosida ta'lim jarayonida qo'llaniladigan etik me'yorlar va O'zbekiston ta'lim tizimi uchun moslashtirish yo'nalishlari.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'lim tizimiga joriy etilishi global miqyosda strategik ustuvor yo'nalishlardan biri sifatida qaralmoqda. Biroq ushbu jarayonning muvaffaqiyati nafaqat texnologik infratuzilmaga, balki sun'iy intellektdan mas'uliyatli, adolatli va xavfsiz foydalanish uchun ishlab chiqilgan xalqaro etik tavsiyalarning ta'lim tizimiga to'g'ri integratsiya qilinishiga ham bevosita bog'liqdir. Shu sababli ushbu bo'limda yetakchi xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan ta'limga oid tavsiyalar umumlashtiriladi hamda O'zbekiston ta'lim tizimi uchun moslashtirilgan konseptual yo'nalishlar taklif etiladi.

5.1. Ta'lim jarayonida qo'llash tavsiya etiladigan xalqaro etik me'yorlar.

UNESCO tomonidan sun'iy intellekt etikasi bo'yicha ishlab chiqilgan tavsiyalarda ta'lim sohasi inson manfaatlariga yo'naltirilgan sun'iy intellekt, teng imkoniyatlar va pedagogik mas'uliyatni ta'minlash nuqtai nazaridan ustuvor yo'nalish sifatida belgilangan. UNESCO yondashuviga ko'ra, ta'limda sun'iy intellektdan foydalanish jarayonida inson huquqlari to'liq ta'minlanishi, o'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlari qat'iy himoyalaniishi, raqamli tenglik va inklyuzivlik prinsiplariga amal qilinishi zarur. Shuningdek, pedagogning ta'limdagi yetakchi roli saqlanib qolishi hamda sun'iy intellekt asosida qabul qilinadigan qarorlar ustidan doimiy inson nazorati mavjud bo'lishi asosiy talablar sifatida belgilanadi. Shuningdek, UNESCO ta'lim tizimida sun'iy intellektning etik ta'sirini baholash (ethical impact assessment) va tayyorgarlik holatini aniqlash (readiness assessment) mexanizmlarini joriy etishni tavsiya etadi. Bu ta'lim muassasalarida sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishdan avval ularning ijtimoiy, axloqiy va pedagogik oqibatlarini bashorat qilish imkonini beradi.

OECD yondashuvida ta'lim sohasida sun'iy intellekt bilan bog'liq asosiy urg'u raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish, o'quvchilarda sun'iy intellektga nisbatan tanqidiy fikrlashni shakllantirish, algoritmik xatoliklarni ang'lay olish ko'nikmalarini hosil qilish hamda o'qituvchilarning raqamli-pedagogik kompetensiyalarini oshirishga qaratiladi. Shuningdek, mehnat bozori ehtiyojlari bilan uyg'unlikni ta'minlash va "umr bo'yi ta'lim" konsepsiyasini qo'llab-quvvatlash ham ushbu yondashuvning muhim ustuvor yo'nalishlari sifatida e'tirof etiladi.

Yevropa Komissiyasi tomonidan ilgari surilgan "Trustworthy AI" konsepsiyasida esa ta'lim tizimi uchun sun'iy intellekt asosidagi avtomatlashtirilgan baholash tizimlarining shaffofligi, o'quvchi ma'lumotlarini ishonchli texnik himoyalash, tavsiya beruvchi algoritmlarda adolatlilikni



ta'minlash hamda sun'iy intellekt tizimlarini majburiy sertifikatlash va auditdan o'tkazish kabi talablar asosiy amaliy yo'nalishlar sifatida belgilangan.

5.2. Ta'limda Mas'uliyatli sun'iy intellekt (Responsible AI) konsepsiyasi.

Zamonaviy ilmiy adabiyotlar hamda xalqaro normativ hujjatlarda ta'lim tizimi uchun Mas'uliyatli sun'iy intellekt (Responsible AI) konsepsiyasi eng muhim ustuvor yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Ushbu yondashuv sun'iy intellekt tizimlarini ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etishda faqat texnologik samaradorlikni emas, balki inson huquqlari, axloqiy me'yorlar, xavfsizlik va ijtimoiy mas'uliyatni ham bir butun tizim sifatida ta'minlashni nazarda tutadi. Mas'uliyatli sun'iy intellekt modeli quyidagi asosiy tarkibiy tamoyillarga tayangan holda shakllanadi: axloqiy me'yorlarga muvofiqlik (etika), amaldagi qonunchilik talablariga moslik (huquqiylik), qabul qilinayotgan qarorlarning tushuntiriluvchanligi va ochiqligi (shaffoflik), qarorlar ustidan inson ishtiroki va nazoratining mavjudligi (human-in-the-loop), tizimlarning xavfsizligi va barqaror ishlashi, shuningdek, javobgarlikning aniq belgilanishi.

Ta'lim tizimi nuqtai nazaridan Mas'uliyatli sun'iy intellekt shuni talab etadiki, sun'iy intellekt pedagogning o'rnini bosuvchi asosiy subyekt emas, balki uni qo'llab-quvvatlovchi, o'quv jarayonini samarali tashkil etishga xizmat qiluvchi yordamchi texnologiya sifatida faoliyat yuritishi lozim. Bunda barcha muhim va yakuniy pedagogik qarorlar doimo inson tomonidan qabul qilinishi, avtomatlashtirilgan tizimlardan esa asosan maslahat berish, tahlil qilish, monitoring va prognozlash vositasi sifatida foydalanilishi zarur. Aynan shu yondashuv ta'limda texnologiyalar bilan pedagog mas'uliyati o'rtasida sog'lom muvozanatni ta'minlaydi.

5.3. O'qituvchilarning raqamli-etik kompetensiyalarini rivojlantirish.

Ta'limda sun'iy intellektdan samarali, xavfsiz va mas'uliyatli foydalanish bevosita o'qituvchilarning raqamli-etik kompetensiyalari rivojlanganlik darajasiga bog'liqdir. Zamonaviy raqamli muhit sharoitida pedagog nafaqat texnologiyalardan foydalana olishi, balki ularning imkoniyatlari va cheklovlarini to'g'ri baholay olishi ham zarur. Xalqaro tavsiyalarga muvofiq, bugungi pedagog sun'iy intellekt asosida ishlovchi platformalardan ongli foydalanish, algoritmik qarorlarning imkoniyatlari bilan birga xavf-xatarlarini ham tushunish, o'quvchilarning shaxsiy ma'lumotlari maxfiylikni ta'minlash, avtomatlashtirilgan baholash natijalarini tanqidiy tahlil qilish hamda akademik halollikni nazorat qilish kabi asosiy kompetensiyalarga ega bo'lishi lozim.

Mazkur kompetensiyalarni shakllantirish pedagogning sun'iy intellektga mutlaq tayanib qolishining oldini oladi, tanqidiy fikrlashni mustahkamlaydi va ta'lim jarayonida texnologiyalar bilan inson mas'uliyati o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi. Shu sababli o'qituvchilarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimlariga sun'iy intellekt etikasi, raqamli xavfsizlik va algoritmik savodxonlikka oid maxsus modullarni kiritish muhim ilmiy-amaliy zarurat sifatida namoyon bo'lmoqda.

5.4. O'zbekiston ta'lim tizimi uchun moslashtirish yo'nalishlari.

O'zbekiston Respublikasida ta'lim tizimini raqamlashtirish va sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish bo'yicha muhim islohotlar amalga oshirilayotgan bir sharoitda **sun'iy intellekt etikasi**

masalalarini milliy ta'lim siyosatiga integratsiya qilish alohida ahamiyat kasb etadi. Xalqaro tajriba va milliy sharoitdan kelib chiqib, quyidagi moslashtirish yo'nalishlari taklif etiladi:

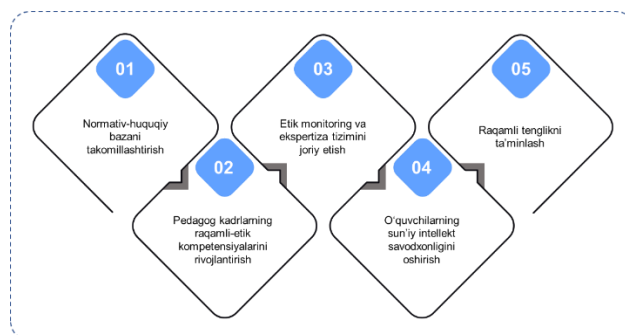
Normativ-huquqiy moslashtirish: Ta'lim tizimida sun'iy intellektdan foydalanishni samarali va xavfsiz yo'lga qo'yish uchun uni tartibga soluvchi maxsus normativ-huquqiy hujjatlarni ishlab chiqish zarur. Mazkur hujjatlarda o'quvchi va pedagoglarning shaxsiy ma'lumotlarini himoyalash mexanizmlari, avtomatlashtirilgan baholash tizimlarining shaffofligi, shuningdek, sun'iy intellekt asosida qabul qilinadigan qarorlar uchun javobgarlikning aniq chegaralari belgilab qo'yilishi lozim. Bunday normativ-huquqiy asos ta'lim jarayonida sun'iy intellektdan foydalanishda qonuniylik, ochiqlik va mas'uliyat tamoyillarini ta'minlashga xizmat qiladi.

Pedagog kadrlarni tayyorlash va qayta tayyorlash: Ta'lim tizimida sun'iy intellektdan mas'uliyatli va samarali foydalanishni ta'minlash uchun pedagog kadrlarni tayyorlash va qayta tayyorlash tizimini zamonaviy talablar asosida takomillashtirish zarur. Jumladan, pedagoglarni tayyorlash dasturlariga "Sun'iy intellekt asoslari", "Sun'iy intellekt etikasi" hamda "Raqamli pedagogika" fanlarini bosqichma-bosqich joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu fanlar orqali o'qituvchilarda sun'iy intellekt texnologiyalarining ishlash tamoyillari, axloqiy jihatlari hamda raqamli ta'lim muhitida samarali ishlash ko'nikmalari shakllantiriladi.

Etik monitoring va ekspertiza tizimini yaratish: Ta'lim muassasalarida sun'iy intellekt asosida faoliyat yurituvchi platformalar va tizimlar uchun majburiy etik ekspertiza hamda doimiy monitoring mexanizmlarini joriy etish zarur. Bu jarayon sun'iy intellektdan foydalanishda axloqiy me'yorlarga rioya qilinishini, shaxsiy ma'lumotlar himoyasini va algoritmik qarorlarning adolatliligini doimiy nazorat ostida ushlab turishga xizmat qiladi.

O'quvchilar uchun sun'iy intellekt savodxonligini oshirish: O'quvchilarda sun'iy intellekt savodxonligini shakllantirish ham muhim ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bunda ularda sun'iy intellektning imkoniyatlari va cheklovlarini tushunish, algoritmik xatolarga tanqidiy yondashish hamda raqamli xavfsizlik qoidalariga rioya qilish ko'nikmalarini rivojlantirish lozim. Bu esa o'quvchilarning texnologiyadan ongli va xavfsiz foydalanish madaniyatini mustahkamlaydi.

Raqamli tenglik va inklyuziyani ta'minlash: Raqamli texnologiyalar, jumladan sun'iy intellektdan foydalanishda raqamli tenglik va inklyuzivlikni ta'minlash alohida ahamiyatga ega. Ayniqsa, qishloq va chekka hududlardagi ta'lim muassasalari uchun internet infratuzilmasini rivojlantirish, sun'iy intellekt platformalariga teng kirish imkoniyatlarini yaratish bo'yicha davlat dasturlarini kengaytirish zarur. Bu esa barcha hududlardagi o'quvchilar uchun teng ta'lim olish imkoniyatlarini yaratishga xizmat qiladi.



2-rasm. Ta'limda sun'iy intellekt etikasini joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar



Yuqoridagi ilmiy tahlillarga tayangan holda, O'zbekiston ta'lim tizimi uchun quyidagi amaliy tavsiyalar taklif etiladi:

1. Ta'limda sun'iy intellektdan foydalanishni tartibga soluvchi alohida normativ hujjatlarni ishlab chiqish, ularda shaxsiy ma'lumotlar himoyasi, avtomatlashtirilgan baholashning shaffofligi hamda javobgarlik mexanizmlarini aniq belgilash zarur.

2. O'qituvchilarni tayyorlash va malakasini oshirish dasturlariga "Sun'iy intellekt asoslari", "Sun'iy intellekt etikasi" va "Raqamli pedagogika" modullarini bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiq.

3. Ta'lim muassasalarida sun'iy intellekt asosidagi platformalarni majburiy etik ekspertizadan o'tkazish va ularning xavflarini doimiy monitoring qilish mexanizmlarini yaratish zarur.

4. Ta'lim dasturlariga o'quvchilarda tanqidiy fikrlash, algoritmik xatolarga ongli yondashish va raqamli xavfsizlik ko'nikmalarini shakllantirishga qaratilgan mavzularni kiritish lozim.

5. Qishloq va chekka hududlardagi ta'lim muassasalari uchun sun'iy intellekt texnologiyalariga teng kirish imkoniyatlarini yaratish bo'yicha infratuzilmaviy va tashkiliy choralarni kuchaytirish zarur.

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, ta'lim tizimida sun'iy intellektdan foydalanish faqat texnologik modernizatsiya emas, balki etik, huquqiy va pedagogik mas'uliyatni talab qiluvchi murakkab jarayon hisoblanadi.

Xulosa

Mazkur tadqiqot doirasida sun'iy intellekt etikasi bo'yicha yetakchi xalqaro me'yorlar, jumladan, UNESCO, OECD va Yevropa Ittifoqi tomonidan ishlab chiqilgan konsepsiyalar tizimli tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, bugungi kunda sun'iy intellekt etikasi global miqyosda inson huquqlari, adolat, shaffoflik, xavfsizlik, inson nazorati va javobgarlik tamoyillariga tayangan yagona konseptual tizim sifatida shakllanib bormoqda.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining ta'lim tizimiga joriy etilishi o'quv jarayonini individuallashtirish, baholash va monitoringni avtomatlashtirish, pedagogik samaradorlikni oshirish kabi muhim ijobiy imkoniyatlarni yaratmoqda. Shu bilan birga, algoritmik xatoliklar, shaxsiy ma'lumotlar maxfiyligi, javobgarlikning noaniqligi, inson nazoratining pasayishi, akademik halollik bilan bog'liq muammolar hamda raqamli tengsizlik kabi jiddiy etik xavflar ham yuzaga kelmoqda. Bu esa sun'iy intellektdan foydalanishni faqat texnologik jarayon sifatida emas, balki axloqiy, huquqiy va pedagogik mas'uliyatli tizim sifatida yondashishni taqozo etadi.

Xalqaro yondashuvlarning uyg'un integratsiyasi ta'lim tizimida **"Mas'uliyatli sun'iy intellekt"** konsepsiyasini samarali joriy etish uchun mustahkam metodologik asos bo'lib xizmat qilishi aniqlandi. Ushbu model sun'iy intellektni pedagog o'rnini bosuvchi emas, balki pedagog faoliyatini qo'llab-quvvatlovchi yordamchi vosita sifatida qo'llash, yakuniy qarorlarning esa doimo inson tomonidan qabul qilinishini ta'minlash zarurligini belgilaydi. Umuman olganda, sun'iy intellekt etikasi ta'lim tizimida texnologik taraqqiyot bilan insonparvarlik, huquqiy tartib va pedagogik mas'uliyat o'rtasidagi muvozanatni ta'minlovchi asosiy konseptual poydevor sifatida namoyon bo'lmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. UNESCO. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris: UNESCO, 2021.
2. OECD. *OECD Principles on Artificial Intelligence*. Paris: OECD Publishing, 2019 (Revised 2024).
3. European Commission. *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. Brussels, 2019.
4. Floridi, L., Cowls, J. A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. *Harvard Data Science Review*, 2019, Vol. 1(1), pp. 1–15.
5. Russell, S., Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. Pearson, 2021.
6. Jobin, A., Ienca, M., Vayena, E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 2019, Vol. 1, pp. 389–399.
7. IEEE. *IEEE 7010-2020: Recommended Practice for Assessing the Impact of Autonomous and Intelligent Systems on Human Well-being*. IEEE Standards Association, 2020.
8. UNESCO. *AI and Education: Guidance for Policy-makers*. Paris, 2021.
9. Zawacki-Richter, O., et al. Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2019, Vol. 16(39), pp. 1–27.
10. Holmes, W., Bialik, M., Fadel, C. *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
11. Williamson, B., Eynon, R., Potter, J. Pandemic politics, pedagogies and practices: digital technologies and distance education during the coronavirus emergency. *Learning, Media and Technology*, 2020, Vol. 45(2), pp. 107–114.
12. Selwyn, N. *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Cambridge: Polity Press, 2019.
13. Friedman, B., Hendry, D. *Value Sensitive Design: Shaping Technology with Moral Imagination*. MIT Press, 2019.
14. Ng, A. *Artificial Intelligence for Everyone*. Coursera Lecture Series, 2020.
15. Kearns, M., Roth, A. *The Ethical Algorithm*. Oxford: Oxford University Press, 2019.
16. UNESCO. *Global Education Monitoring Report: Technology in Education*. Paris, 2023.
17. World Economic Forum. *Shaping the Future of AI and Machine Learning*. Geneva, 2022.
18. Stahl, B. Ethical Issues of AI in Education. *AI & Society*, 2021, Vol. 36, pp. 1–8.
19. European Parliament. *Artificial Intelligence Act (AI Act) Proposal*. Brussels, 2023.
20. Holmes, W., Tuomi, I. State of the Art in AI and Education Ethics. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 2022, Vol. 3, pp. 100–115.



SMART GRID TIZIMLARIDA ENHAT ASOSIDAGI KOMMUNIKATSION TEKNOLOGIYALARNI JORIY ETISH.

Xusnidin Arzikulov; Zulfizar Orziqulova

Andijon davlat texnika instituti,
Andijon davlat chet tillari instituti
arzikulovkhusnidin@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy elektr energetika tizimlarining raqamli transformatsiyasi jarayonida Smart Grid konsepsiyasining ahamiyati va uning tarkibiy qismi sifatida ENHAT (Energiya nazorati va hisobining avtomatlashtirilgan tizimi)ning o'ri yoritiladi. ENHAT tizimi elektr energiyasini hisobga olish, monitoring qilish va boshqarishni avtomatlashtirish orqali iste'molchilar va ta'minotchilar o'rtasida axborot almashinuvini ta'minlaydi. Smart Grid tizimlarida ENHAT asosidagi kommunikatsion texnologiyalar ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish, uzatish va qayta ishlash imkonini berib, energiya samaradorligini oshirish, tijorat va texnik yo'qotishlarni kamaytirish hamda xavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Maqolada ushbu texnologiyalarning sanoat korxonalarini va elektr ta'minoti tizimlarida qo'llanish imkoniyatlari, kommunikatsion qurilmalar va ma'lumotlar almashish jarayonlari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: Smart Grid, ENHAT, elektr tarmoqlari, kommunikatsion texnologiyalar, energiya nazorati, hisob tizimlari, ma'lumotlar almashinuvini, avtomatlashtirilgan boshqaruv.

1. Kirish.

Hozirgi davrda elektr energetika tizimlari jadal raqamlashtirilmoqda va bu jarayonda Smart Grid – "aqli elektr tarmoqlari" konsepsiyasi alohida o'rin egallaydi. Smart Grid tizimlari elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilish jarayonlarini axborot-kommunikatsion texnologiyalar asosida samarali boshqarishni ta'minlaydi. Bunday tizimlarning muhim tarkibiy qismlaridan biri bu – ENHAT (Energiya nazorati va hisobining avtomatlashtirilgan tizimi) bo'lib, u iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda hisob, monitoring va nazorat jarayonlarini avtomatlashtiradi.

ENHAT va Smart Grid integratsiyasi orqali elektr tarmoqlarida ma'lumotlarni yig'ish, uzatish va qayta ishlash imkoniyatlari kengayadi, bu esa energiya samaradorligini oshirish, yo'qotishlarni kamaytirish va xavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Shu bois "Smart Grid tizimlarida ENHAT asosidagi kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish" mavzusi hozirgi energetika va tarmoq texnologiyalari rivojlanishida dolzarb hisoblanadi.

2. Materiallar va usullar

Tadqiqotda elektr energiyasini nazorat qilish va hisobga olishning avtomatlashtirilgan tizimi (ENHAT) va uning Smart Grid konsepsiyasidagi kommunikatsion imkoniyatlari asosiy ob'ekt sifatida tanlandi. ENHAT tizimi uch darajali iyerarxik tuzilma asosida ko'rib chiqildi:

Birinchi daraja (O'PO'AK – o'lchash punktining axborot kompleksi) – ko'p funksiyali elektron hisoblagichlar, tok va kuchlanish o'lchov transformatorlari yordamida elektr energiyasi parametrlarini real vaqt rejimida o'lchash va ma'lumotlarni yig'ish amalga oshirildi [1].

Ikkinchi daraja (EIAHK – elektr inshootining axborot-hisoblash kompleksi) – ma'lumotlarni yig'ish va uzatish qurilmalari (MYUQ) orqali bir nechta o'lchov punktlaridan axborotlar jamlanib,

markaziy tizimga uzatildi. Ushbu bosqichda konsentratorlar va kommutatorlar yordamida ma'lumotlarni birlashtirish va uzatish tahlil qilindi.

Uchinchi daraja (AHM – axborot-hisoblash majmuasi) – serverlar, avtomatlashtirilgan ish joylari (AIJ), yagona vaqt tizimi (YVT) va dasturiy ta'minot orqali tizim ma'lumotlari qayta ishlanib, hisobot va monitoring jarayonlari tashkil etildi.

Kommunikatsiya kanallari sifatida GSM/GPRS, PLC (elektr tarmog'i orqali ma'lumot uzatish), Ethernet va simsiz aloqa protokollari ko'rib chiqildi. Ushbu texnologiyalar ma'lumotlarni xavfsiz uzatish, energiya balanslarini aniqlash va tarmoqni real vaqt rejimida nazorat qilish imkoniyatlarini taqdim etdi.

Tahlil qilishda mavjud sanoat korxonalarida qo'llanilayotgan ENHAT tizimlari, ularning dasturiy va apparat vositalari, ma'lumot almashish topologiyalari va Smart Grid konsepsiyasiga mos integratsiya usullari o'rganildi.

3. Natijalar

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, Smart Grid tizimlarida ENHAT asosidagi kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish elektr energetika sohasida bir qator ijobiy natijalarni beradi:

Elektr energiyasi iste'moli parametrlarini elektron hisoblagichlar va sensorlar yordamida real vaqt rejimida qayd qilish natijasida tijorat va texnik yo'qotishlar kamayadi.

GSM/GPRS, PLC va Ethernet asosidagi kommunikatsiya kanallari yordamida ma'lumotlar markaziy serverlarga uzluksiz va tezkor yetkazib berildi.

Olingan ma'lumotlarni dasturiy ta'minot orqali qayta ishlash energiya taqsimotini boshqarish, avariya holatlarini tezkor aniqlash va ularni bartaraf etishga sharoit yaratadi.

Monitoring natijalariga ko'ra, iste'molchilarda ortiqcha sarf va noratsional foydalanish holatlari aniqlanib, energiya tejankorlik choralarini qo'llash mumkinligi isbotlandi.

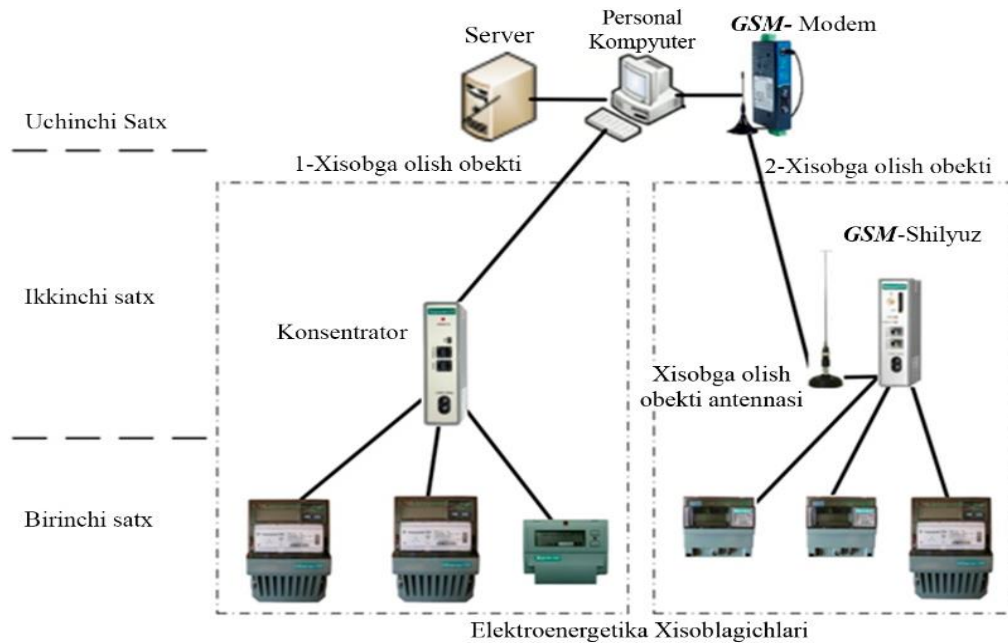
Konsentrator va kommutatorlardan foydalanish natijasida ma'lumotlar oqimining samarali taqsimlanishi, tarmoq xavfsizligi va tezkorligi ta'minlandi.

ENHAT tizimi Smart Grid konsepsiyasi bilan uyg'unlashganda sanoat korxonalarini va elektr ta'minoti tizimlari uchun yagona axborot maydoni shakllantirildi. Bu esa elektr energiyasi balanslarini aniq hisoblash, moliyaviy hisob-kitoblarni soddalashtirish va iste'molchilar bilan aloqalarni yaxshilash imkonini berdi.

Umuman olganda, natijalar shuni ko'rsatadiki, ENHAT tizimini Smart Grid kommunikatsion texnologiyalari asosida joriy etish elektr energetika tizimlarida raqamlashtirish jarayonini tezlashtirish, energiya samaradorligini oshirish va xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

3.1 ENHATning strukurasi.

Energiyasi nazorati va hisobining avtomatlashtirilgan tizimlari (ENHAT) - ko'p sathli, iyerarxik avtomatlashgan tizim, mazkur tizim elektroenergiya miqdorini va parametrlari (tok, kuchlanish, quvvat va boshqalar) kattaligini o'lchashni, o'lchov natijalarini avtomatik tarzda yig'ish va kommunikatsiya kanallari orqali yuqori sath (daraja)ga uzatish, keyinchalik uni saqlash va foydalanishni ta'minlaydi. Umumiy hisobda ENHAT uchta sath (daraja)dan tuziladi 1.1.-rasm.



1.1-rasm. ENHAT strukturasi.

Birinchi sath o'z ichiga ko'p funksiyali elektroenergiya hisoblagichlari, tok va kuchlanish o'lchov transformatorlari, ikkilamchi o'lchov transformatorlarini oladi. Ushbu sath hisobga olish nuqtasida elektr iste'moli parametrlarini o'lchashni bajaradi, yuz bergan hodisalarni qayd qiladi, ularni elektron hisoblagich xotirasida saqlash va raqamli shaklda axborotni aloqa kanallari orqali ikkinchi sath (daraja)ga chiqaradi. Birinchi sathga kiruvchi qurilmalar hisoblash nuqtasida o'lchash punktining axborot kompleksi (O'PO'AK) deyiladi.

Ikkinchi sath (daraja)ga ma'lumotlarni yig'ish va uzatish qurilmalari kiradi (MYUQ) va kanal hosil qiluvchi uskunalari. Bu sath (daraja) bir nechta axborot va axborot tizimlaridan ma'lumotlarni yig'ish va uchinchi darajaga uzatish imkonini beradi, to'g'ridan-to'g'ri o'lchov va axborot kompleksi O'PO'AK ga yuqori darajadan oxirigacha kirish. Ushbu darajaga kiritilgan uskunalari majmuasi elektr inshootining axborot-hisoblash kompleksi (EIAHK) deb ataladi, masalan: EO'AHK, GPP, RP, KTP yoki sanoat korxonasi ustaxonasi. ENHAT ning ba'zi versiyalarida ikkinchi daraja birinchi yoki bilan birlashtirilishi mumkin. Uchinchi sath (daraja). Bunday holda, bir nechta axborot manbalaridan ma'lumotlarni yig'ish va uzatish, TU aloqa kanallarini birlashtirgan qurilmalar tomonidan amalga oshiriladi, konsentratorlar yoki kommutatorlar kabi.

Uchinchi sath (daraja) o'z ichiga ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish texnik vositalari (kanal hosil qiluvchi apparatura) personal (xodimlar)ning avtomatlashtirilgan ishchi joylari (AIJ), yagona vaqt (xizmatini) ta'minlovchi sistema.

Uchinchi darajaga ma'lumotlarni qabul qilish va uzatishning texnik vositalari (kanallarni shakllantirish uskunalari), xodimlarning avtomatlashtirilgan ish joylari (AIJ), yagona vaqt tizimi (YVT), dasturiy ta'minot (DT), ENHAT serverlari, mahalliy kompyuter tarmog'ini tashkil qilish uchun texnik vositalar va axborot xavfsizligi vositalari kiradi. Bu daraja o'lchov natijalarini avtomatik yig'ish va saqlashni, holat diagnostikasini, hisobotlarni tayyorlashni, shuningdek ma'lumotlarni import va eksport qilishni ta'minlaydi. Darajaga kiritilgan uskunalari — bu maxsus xonada o'rnatilgan tarmoqlarning axborot-hisoblash majmuasi (AHM) [2].

Yagona vaqt tizimi (YVT) shakllantirilmoqda, yuqori darajali va vaqtni o'lchash funksiyasini bajaradi, standartlashtirilgan metrologik xususiyatlarga ega va elektr energiyasini o'lchashda vaqt sinxronizatsiyasini ta'minlaydi. Aniqlik $\pm 5,0$ s/kun dan oshmaydi. YVT barcha o'lchov vositalarini o'z ichiga oladi vaqtni sinxronlashtirish uchun ishlatiladigan vaqt (elektr hisoblagichlar, ma'lumot uzatgichlar, aniq vaqt signalini qabul qiluvchilar), shuningdek, hisobga olinadi, ular orasidagi aloqa liniyalarining vaqt xususiyatlari (kechikishlari). YVT Bunga mos keladigan bitta kalendar vaqtiga «bog'langan» ENHAT joylashgan vaqt zonasi. Tizim vaqtini sinxronlash qurilmasi (TVSQ) amalga oshiradi.

TVSQ — bu avtomatik rejimda ishlaydigan ko'p funktsionalli qurilma bo'lib, u tashqi etalon vaqt manbaidan foydalangan holda vaqt sinxronizatsiyasi va korreksiyasini amalga oshiradi, ENHATga kiruvchi dasturiy texnik vositalarda sistemali vaqtni «ushlab turadi» (o'lchaydi) va sinxronizatsiyalaydi.

3.2. ENHATni yaratishdan maqsad va hal qilinuvchi masalalar

ENHATni yaratishdan maqsadlar quyidagilar:

- Korxonalar energetik xo'jaligining barcha boshqaruv sathlarida mijozlar va kontragentlarga operativ ravishda taqdim etish uchun elektr energiyani iste'mol qilish bo'yicha axborotni yig'ishni avtomatlashtirish va texnik, texnik-iqtisodiy va statistik masalalarni hal qilish uchun;

- elektr ta'minoti parametrlarini monitoring qilish va ob'ektlarning elektr ta'minotini boshqarish orqali favqulodda vaziyatlar sonini va ish parametrlarining korxonalar faoliyatida maqbul bo'lganidan chetga chiqishlarini kamaytirish;

- energiya ta'minotini monitoring qilish va boshqarish orqali xarajatlarni optimallashtirish, elektr ta'minotini rejalashtirishning aniqligi va samaradorligini oshirish;

- rejimda o'lchangan va hisoblangan ma'lumotlarni real vaqt rejimida operatsion xodimlarga taqdim etish;

- xarajatlarni optimallashtirish uchun axborot ta'minoti;

- elektr energiyasi bozorlarida moliyaviy hisob-kitoblarni ta'minlash;

- tijorat yo'qotishlarini kamaytirish;

- myehnatga haq to'lashni kamaytirish va tarmoq bo'linmalari uchun nazoratchilarni saqlash;

ENHAT quyidagilarni ta'minlashi kerak:

- Turli korxonalarga tegishli elektr tarmoqlar balanslari chegarasida ishonchli va qonuniy, aniq va astronomik vaqtga bog'langan axborotlar olish;

- belgilangan vaqt oraliklarida faol elektr va reaktiv quvvatning ortishi (o'sishi)ni davriy o'lchash;

- belgilangan o'lchash diskretligi bilan elektr energiyasining o'sishi bo'yicha o'lchangan ma'lumotlarni davriy va so'rov bo'yicha avtomatik ravishda yig'ish;

- hisoblagichlardan olingan ma'lumotlarni guruhlariga jamlash, hisobotlarni avtomatik ravishda olish, ixtiyoriy vaqt kesimida quvvatlar maksimumi bo'yicha bir xil maksimumlarni topish, natijalarni tegishli grafiklar qurish bo'yicha nashrga chiqarish [3];

- axborot yo'qolishi va ma'lumotlarni himoyalanganlikning kuchaytirilgan maxsus ruxsatsiz tegish (o'zgartirish) bo'yicha o'lchangan kattaliklar bo'yicha ma'lumotlarni saqlash;



- tizim buyurtmachisi tomonidan belgilangan formatlarda turli vaqtlar uchun elektr energiyasini hisobga olish bo'yicha akt (dalolatnoma)lar, bayonotlar va boshqa hisobot hujjatlarini shakllantirish.
- o'lov sxemalari va hisobga olish asboblari, dasturiy ta'minot va ma'lumotlarning muhrlash orqali apparat darajasida, shuningdek dasturiy ta'minot darajasida ruqsatsiz kirishdan himoyalanihini ta'minlash;
- diagnostika, monitoring va ENHAT texnik vositalarining funksiyalaridagi xatolar statistikasini jamlash;
- AHK (axborot - hisoblash kompleksi) darajasida hodisalar jurnaliga kirishni ta'minlagan holda barcha darajadagi ENHAT voqealarini ro'yxatga olish, monitoring qilish (hisoblagich hodisalari, xodimlarning muntazam harakatlari, axborot xavfsizligi tizimidagi buzilishlar, nosozliklar va boshqalar);
- elektr energiyasi bozori sub'yektlari bilan elektr energiyasi va quvvatlari uchun moliyaviy hisob-kitoblarni amalga oshirish;
- yetkazib berish punktlarida elektr energiyasi balanslarini hisoblash;
- elektr energiyasi va energiyani uzatish va taqsimlash xarajatlari va xarajatlarini aniqlash.

3.3. Texnik asosida hisobga olish tizimida elektr energiya iste'molini hisobga olish.

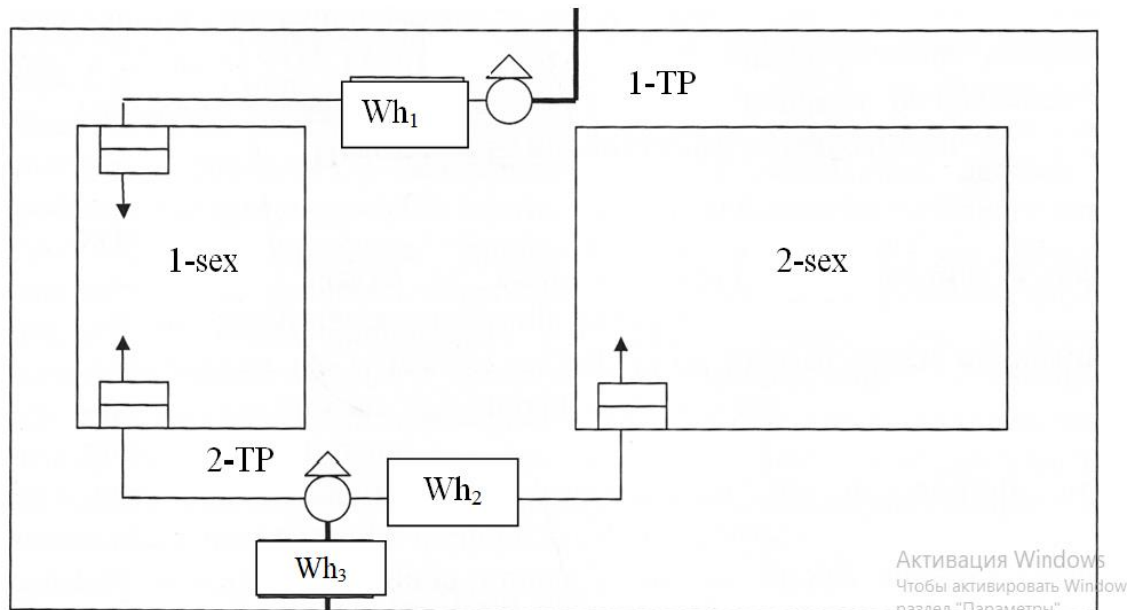
Vazifasi bo'yicha sanoat korxonalarining ENHAT lari tijorat va texnik asosida hisobga olish tizimlariga bo'linadi. **Tijorat** asosida hisobga olish tizimi deb, iste'mol qilingan elektr energiyaga to'lovni amalga oshirish uchun foydalaniladigan hamda energiyani hisobga olish tizimiga aytiladi (mos ravishda tijorat asosida hisobga olish tizimi uchun ishlatiladigan asboblari tijorat hisobga olish asboblari deyiladi). **Texnik** yoki nazorat qilish orqali hisobga olish tizimi deb, korxonada uning bo'limlari va ob'yektlarida texnologik jarayonlarini nazorat qilish uchun hisobga olishga aytiladi. Texnik asosidagi hisobga olish tizimi tijorat tizimining asosini tashkil etadi [4].

Texnik hisobga olish elektr energiyadan foydalanishni joriy boshqarish, rejalashtirish, me'yorlashtirish va tahlil qilish funksiyalarini bajarilishi uchun axborot bazasini tashkil etadi. Sanoat korxonalarida elektr energiyani texnik hisobga olishning olib borilishi quyidagilarga imkon beradi:

- sexlarda elektr energiyadan noratsional foydalanishni aniqlash;
- elektr energiyani tejash bo'yicha rag'batlantiradigan iqtisodiy omillarni kiritish;
- energiya resurslarini tejash va maxsulot birligiga to'g'ri keladigan elektr energiya sarfi miqdorini kamaytirish.

Texnik hisobga olish tizimining vazifasi katta o'lchamligi va murakkabligi bilan ajralib turadi. Hozirgi vaqtda texnik hisobga olish tizimi taqsimlash va transformator podstansiyalari pog'onasida amalga oshirilmoqda. Bu tizimdagi hisoblagichlar u yoki bu sex tomonidan sarflangan elektr energiyani to'g'ridan-to'g'ri qayd eta olmaydi, chunki har bir sex elektr ta'minotini bir necha transformator podstansiyalaridan (yoki taqsimlash podstansiyalaridan) oladi, ular har biri esa, o'z navbatida, bir necha sexlarni ta'minlaydi. Masalan, 1.2-rasmda tasvirlangan korxonada sxemasi uchun 2-sex elektr ta'minoti Wh_2 hisoblagich bo'yicha aniqlanadi. 1-sex 1-TP dan (Wh_1 hisoblagich) va 2-TP dan (Wh_3 va Wh_2 hisoblagichlar ko'rsatkichlari ayirmasi) ta'minlanadi. Shunday qilib, 1-sexning elektr iste'molini $1\text{-sex} = Wh_1 + (Wh_3 - Wh_2)$ ifoda bo'yicha aniqlash mumkin.

Wh_3 hisoblagich ko'pincha TP da emas, bosh pasaytiruvchi podstansiya (BPP) da, ya'ni ta'minot kabeli oxirida o'rnatiladi.



1.2 – rasm. Texnik hisobga olish tizimida elektr energiya iste'molini hisobga olish: TP – transformator podstansiyasi; Wh – elektr energiya hisoblagichlari.

Odatda sexlar va texnologik uskunarlar bo'yicha elektr energiya iste'molini hisobga olishni ajratishni amalga oshirish uchun qo'shimcha hisoblagichlar o'rnatilishi, qayta ulanishlarni amalga oshirish va podstansiyalarni tartiblashtirish zarur.

Bozor munosabatlarining rivojlanishi, korxonalarni qayta modernizatsiya qilish, ularning alohida bo'linmalarini texnologik jarayonlarga bog'liq ravishda ajratish va tijorat tomonidan mustaqil, lekin ishlab chiqarishni energiya ta'minoti umumiy sxemasi orqali bog'langan – tijorat va texnik asosida hisobga olish subabonentlari bir tizim doirasida birlashadi. Mos ravishda tijorat va texnik hisobga olish tizimi ENHAT lari alohida hamda yagona tizim sifatida ishlatilishi mumkin.

Ikki turdagi tijorat va texnik hisobga olish tizimi o'ziga xos xususiyatlarga ega. Tijorat asosida hisobga olish tizimi konservativ (mutaasib) tizim bo'lib, u o'rnatilgan energiya ta'minoti sxemasiga ega. Bu tizim uchun yuqori aniqlikdagi hisoblash asboblari o'rnatilishi talab qiladigan uncha katta bo'lmagan iste'mol nuqtalarining bo'lishi xarakterli, past va o'rta pog'ona ENHATlari vositalarining o'zi esa O'z Standart agentligining o'lchash vositalari reestridan tanlanishi kerak. Bundan tashqari, tijorat asosida hisobga olish tizimlari majburiy tartibda muhrlanadi, bu korxonada xodim tomonidan nazarda tutilmagan operativ o'zgartirishlarni kiritilishi mumkinligini cheklaydi. Texnik hisobga olish tizimi aksincha, ishlab chiqarishga o'zgarayotgan talablarni aks ettirish bilan dinamik va doimo rivojlanmoqda. Texnik hisob asosida nazorat qilish tizimi O'z Standart o'lchash vositalari reestriga kiritilmagan asboblardan foydalanishga ruxsat etadi, lekin bunda tijorat va texnik hisobga olish tizimlaridan energiya resurslaridan foydalanish bo'yicha ma'lumotlar nobalansi sabablarini aniqlashtirilishiga bog'liq muammolar vujudga kelishi mumkin. Energiya ta'minoti tashkilotlari hisoblagichlarida muxrlashning bo'lmashligi korxonada bosh energetigi xizmatiga energiya resurslarini texnik nazorat qilish va korxonada energiya ta'minoti sxemasiga kiritilgan joriy o'zgartirishlar, hisoblagichlari ko'rsatkichlariga o'zgartirishlarni kiritish imkoniyatini beradi. Tijorat va texnik hisobga olish tizimlarining bu kabi o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olib, sanoat korxonalarida ENHATni qurish va uni ishlatish bilan iqtisodiy sarf harajatlarni narxini optimallashtirish lozim.

Energiya iste'molini hisobga olishning maqsadlari.



Texnik vositalarga bog‘liq bo‘lmagan energiya resurslari iste‘molini nazorat qilish va hisobga olish yordamida quyidagi ikki maqsadga erishish mumkin:

1. Energiya iste‘molini real hajmiga muvofiq energiya resurslariga bo‘lgan talabni ta‘minlash;
2. Energiya resurslarini ishlab chiqarish va ular bilan bog‘liq boshqa harajatlarni minimallashtirish.

Bu maqsadlarga erishishning turli yo‘llari mavjudligi sababli energiya resurslariga harajatlarni minimallashtirish masalasini energiya resurslaridan foydalanish hajmini kamaytirmasdan hamda ulardan foydalanish hajmini kamaytirish hisobiga amalga oshirish mumkin.

Nazorat qilish va hisobga olish tizimlarining vazifalari.

Nazorat qilish va hisobga olish tizimlarining vazifalari quyidagilardan iborat:

- energiya resurslari iste‘molini real hajmiga va ularni ishlab chiqarishga bog‘liq bo‘lmagan harajatlarni minimallashtirishga muvofiq, xususan, aniqlilik darajasi yuqori bo‘lgan o‘lchash asboblaridan foydalanish yoki birlamchi ma‘lumotlarni yig‘ish uzviyligi hisobiga energiya resurslariga hisoblashlarni ta‘minlash maqsadida energiya resurslari iste‘moli parametrlarini aniq o‘lchash;

- energiya ta‘minoti korxonalarini subabonentlari bilan moliyaviy hisoblashlar va boshqarish yechimlarini qabul qilish uchun ishlatiladigan ma‘lumotlar ishonchligini oshirish hisobiga ulardan foydalanishni real hajmiga bog‘liq ravishda energiya resurslari iste‘moli hisobini ta‘minlash maqsadida ma‘lumotlar to‘liqligini tahlil qilish;

- energiya resurslarini ishlab chiqarish bilan bog‘liq va bog‘liq bo‘lmagan harajatlarni minimallashtirish maqsadida amaldagi tariflar tizimiga asosan korxonalar, uning ob‘ektlari va sexlari bo‘yicha energiya resurslarini kompleks avtomatlashtirilgan tijorat va texnik hisobga olish tizimi yordamida iste‘molni nazorat qilish;

- energiya resurslari harajatlarni minimallashtirish va energiya ta‘minoti xavfsizligini ta‘minlash maqsadida berilgan limitlarga nisbatan berilgan vaqt intervallarida (5, 30 minut, zonalar, smenalar, sutkalar, dekadalar, oylar, kvartallar va yillar) quvvat, sarf va haroratni rejimli va texnologik jarayonlar hisobga olish nuqtalarida va ob‘yektlarida energiyadan foydalanishni nazorat qilish;

- energiya resurslariga harajatlarni minimallashtirish va energiya resurslari nazorat qilinadigan parametrlarining ruxsat etilgan chegaralardan chiqishi tufayli ishlab chiqarish jarayonlarining buzilishidan keyin ularni qayta tiklash maqsadida ham energiyadan foydalanishni va ishlab chiqarish jarayonlarini tahlil qilish uchun energiya resurslari nazorat qilinadigan parametrlarining og‘ishlarini qayd etish, ularni absolyut va nisbiy birliklarda baholash;

- operativ yechimlarni qabul qilish hisobiga energiya resurslari ishlab chiqarish harajatlarni minimallashtirish maqsadida nazorat qilinadigan kattaliklarni ruxsat etiladigan qiymatlar oralig‘idan og‘ishlari haqida habar berish (rang, tovush bilan);

- energiyadan foydalanishni rejalashtirish hisobiga energiya resurslariga ishlab chiqarish harajatlarni minimallashtirish maqsadida energiyani hisobga olish kattaliklarining parametrlarini oldindan bashorat qilish (qisqa, o‘rta va uzoq muddatli);

- inson ishtirokini minimumga keltirish va boshqarish sifatini ta‘minlash hisobiga energiya resurslariga ishlab chiqarish harajatlarni minimallashtirish maqsadida ma‘lum mezonlar va iste‘molchilar-rostlagichlarni ulash/uzish funksiyalarida prioritet sxemalar asosida energiya iste‘molini avtomatik boshqarish;

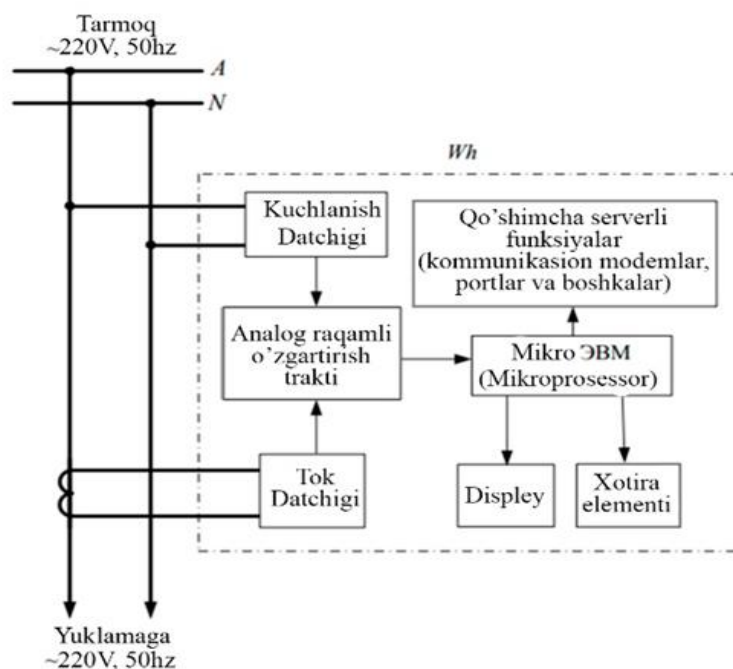
sinxron o'lchashlarni ta'minlash hisobiga energiya resurslari ishlab chiqarish bilan bog'liq bo'lmagan harajatlarni minimallashtirish maqsadida yagona tizim vaqtini ushlab turish. Ishlab chiqarish korxonalarining ko'plab amaldagi ENHAT o'z tuzilmaviy va funksional cheklashlari tufayli ko'rib chiqilgan masalalarni faqat bir qismini yechadi.

3.4. Elektr energiyani hisobga olish qurilmalari

Elektr energiyasi hisoblagichi — aktiv (faol) va (yoki) reaktiv energiyani o'lchovchi, vaqt bo'yicha integrallovchi pribordir. Tarixiy jihatdan elektromagnit induksiya hisoblagichlari birinchi bo'lib paydo bo'lgan. Ularning asosiy komponentlari elektromagnitlar, ular orasidagi o'qdagi alyuminiy disk, doimiy magnit va hisoblash mexanizmi edi. Bir elektromagnitning o'ramdari tarmoq kuchlanishiga ulangan, ya'ni elektr qabul qiluvchi (iste'molchi)ga parallel (kuchlanish o'ramlari) ulangan. Boshqa elektromagnitning o'rami elektr qabul qilgich bilan ketma-ket ulanadi va to'liq yuk oqimi u orqali o'tadi (tok o'rami). Elektromagnit hisoblagichlarning sezilarli kamchiliklari bor edi [5]:

- ko'rsatkichlarning past boshlang'ich aniqligi (pribor sinfi);
- ishqalanuvchi qismlarning borligi;
- aniqlikning tez pasayishi;
- ishqalanuvchi qismlarni almashtirish zarurati;
- elektr energiyasini o'g'irlashga urinishlar uchun zaiflik;
- tok va kuchlanish transformatorlari bilan hisobga olish (o'lchash) birliklarida aniqlikning pastligi.

Elektron texnologiyalarning rivojlanishi bilan elektron energiya iste'moli (raqamli) hisoblagichlari paydo bo'ldi. Raqamli elektr energiyasini hisoblagichning strukturaviy diagrammasi 1.3-rasmda ko'rsatilgan. Uning asosiy elementlari tok va kuchlanish datchiklari, analogdan raqamligga o'tkazish yo'li, mikrokompyuter, boshqaruv va axborot kiritish tugmalari, ma'lumotni ko'rsatish uchun displey va xotira elementi. Raqamli elektr hisoblagichning ishlash prinsipini ko'rib chiqaylik.



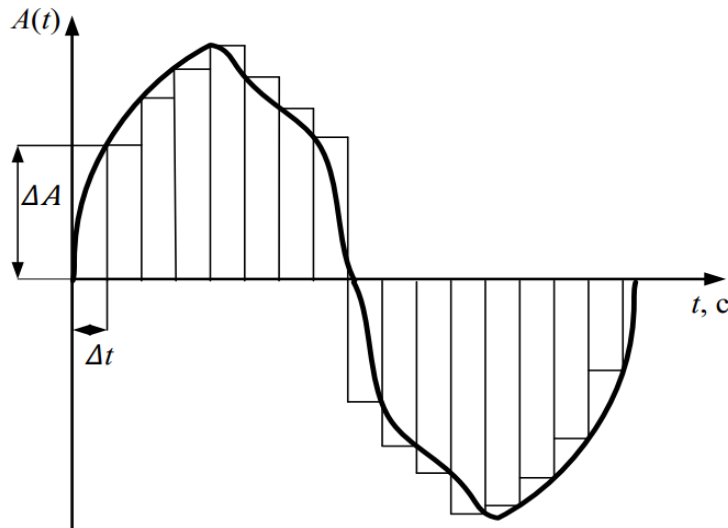


1.3-rasm. Raqamli elektr energiya hisoblagichining struktura sxemasi.

Datchiklardan olingan signallar (tok va kuchlanish) analogdan raqamligiga o'tkazish yo'liga kiradi. U multipleksor va haqiqiy analog-raqamli o'zgartgichi (ARO) o'z ichiga oladi. ARO uzluksiz kirish signalining oniy qiymatini unga mutanosib raqamli qiymatga aylantiradi. Ushbu o'zgarish jarayonini batafsil ko'rib chiqaylik.

Haqiqatan ham mavjud bo'lgan barcha jismoniy jarayonlar vaqt o'tishi bilan uzluksiz o'zgarib turadigan va har qanday qiymatlarni (analog signallar) olishi mumkin bo'lgan signallar bilan tavsiflanadi. Diskret (raqamli) signal faqat cheklangan qiymatlar to'plamini va faqat ma'lum bir vaqtning o'zida qabul qilishi mumkin [6].

Analog signaldan diskretga o'tish jarayoni signalni tanlash yoki kvantlash deb ataladi. Kirish signali daraja (vertikal koordinata o'qi) va vaqt (gorizontal koordinata o'qi) bo'yicha ma'lum bir interval bilan namuna olinadi, ya'ni, uzluksiz signal intervallariga bo'linadi va ma'lum bir qiymat uzatiladi, ya'ni ΔA va Δt orqali har bir nuqtadagi qiymat (1.4-rasm). Shunday qilib, uzluksiz signaldan diskretga o'tish jarayoni ma'lum miqdordagi ma'lumotni yo'qotish bilan sodir bo'ladi.



1.4.rasm. Analogli kirish signalining o'zgartirilishi

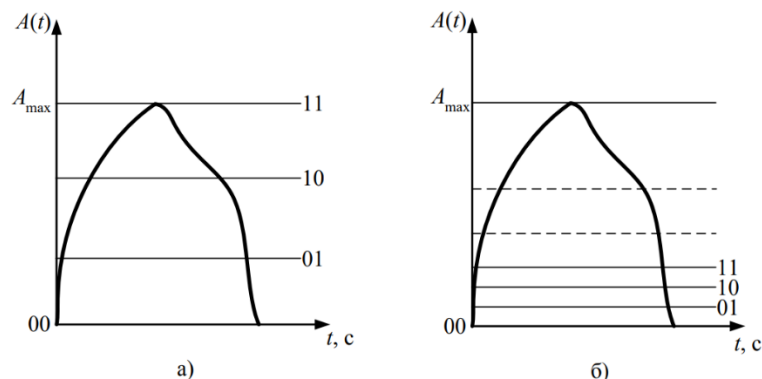
ARO'ning xarakteristikalarini uning bit sig'imi va vaqt bo'yicha konvertatsiya qilish oralig'i Δt yoki tanlash chastotasi $f_t = 1/\Delta t$, yoki agar davriy signallar haqida gapiradigan bo'lsak, $N = f_t T$ davridagi namunalar soni.

Birlamchi signalni diskret tasviridan yetarlicha aniqlik bilan qayta qurish uchun namunalar olish tezligi kirish signalining eng yuqori chastotali garmonik komponentidan ikki baravar ko'p bo'lishi kerak, ya'ni $f_t \geq 2f_{\max}$ yoki $N \geq 2f_{\max} T$ bu yerda f_t – namuna olish chastotasi; f_{\max} – eng yuqori garmonik komponentning chastotasi. Shuningdek, analog-raqamli konvertatsiya paytida kvantlash chastotasidan yuqori chastotali barcha garmonikalar kirish signalidan chiqarib tashlanishi kerak.

ARO' sig'imi — bu ma'lum bir vaqtda analog signalning qiymatiga teng bo'lgan ikkilik raqam paydo bo'ladigan raqamli chiqishlar soni.

Bu raqam ikkita mumkin bo'lgan darajali ikkilik signallar ko'rinishiga ega bo'lib, ular shartli ravishda 0 va 1 sifatida belgilanadi. p - bitli ARO' holatida signalning $m = 2^p$ pastki diapazonlaridan

birida ekanligini aniqlash mumkin (1.5-rasm). Shunday qilib, ARO bit sig'imi oshgani sayin, o'lchov aniqligi ham ortadi.



1.5-rasm. Ikki razryadli (a) va p-razryadli (b) ARO'larning pastki diapazonlari

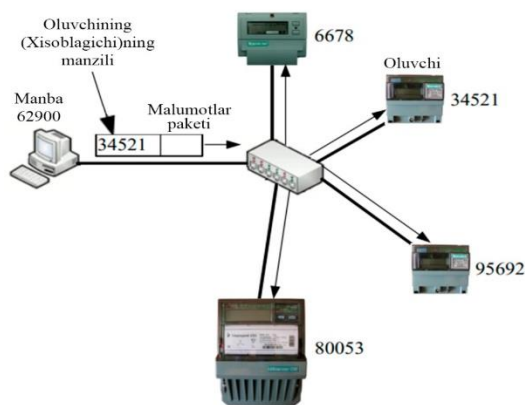
Ikki bitli (a) va p -bit (b) ARO'ning pastki diapazonlari. Konvertatsiya tugagandan so'ng, raqamli signallar, ya'ni tok va kuchlanish mikrokompyuterga yuboriladi. Ushbu qurilma ularni ko'paytiradi va quvvat sarfining oniy qiymatini oladi. Vaqt bo'yicha quvvatni integrallash bizga energiya miqdori haqidagi axborotni beradi. Iste'mol qilingan energiya qiymati displeyda (ekranda) ko'rsatiladi va xotira elementida qayd etiladi [7].

Elektron hisoblagichlarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- o'qishning yuqori aniqligi;
- ko'p funksiyalilik (tarif zonolari, oldindan to'lov, arxivlash, kalendar va boshqalar);
- chidamlilik;
- energiya hisobining avtomatlashtirilgan tizimlariga moslashishi.

3.5 Konsentratorlar.

Tarmoq konsentratori (hub) — (Xab o'qiladi) bir nechta aqlli (intellektual) qurilmalarning umumiy segmentiga, ya'ni realizatsiyalanuvchi protokol (bajariladigan operatsiyalar ketma-ketligi) tipiga bog'liq bo'lmagan ajraladigan bo'linuvchi muhitga birlashtirilishi. Uning ishlash prinsipi shundayki, uning bitta port (maxsus ulash razyomi)igaga kirgan axborot paketlari boshqa barcha portlarga ham translyasiya qilinadi (1.6-rasm). Shunday qilib, tarmoqqa tushgan paket tarmoqning boshqa qurilmalariga yuboriladi [8].



1.6-rasm. Konsentrator bilan ishlaydigan tarmoqqa misol



Konsentrator axborot paketlari mazmuni yoki ularning mundarijasini tahlil qilmaydi, balki ulardan shunday nusxa oladi. Uning asosiy vazifasi — yangi qurilmalarni tarmoqqa ulash va uning topologiyasini tuzish. Konsentratorning asosiy fazilati realizatsiyasining oddiyligi. Biroq, u o'zining barcha portlariga axborot paketlarini ko'chirganligi sababli tarmoqda tarmoqda kolliziya yuzaga kelish ehtimoli ortadi, ya'ni axborot kadrlarini uzatuvchilardan ikkita va undan ko'p uzatilayotgan material bir vaqtning o'zida jamoaviy kommunikatsiya tarmog'ining kirish qismiga (portga) uzatishga urinadi. Bu esa paketlarni yetkazib berish vaqti va uzatish tezligining pasayishiga olib keladi.

3.6. Kommutatorlar

Tarmoq kommutatori (switch) — bir yoki bir nechta tarmoq segmentlarida kompyuter tarmog'ining bir nechta tugunlari (uzellari)ni ulash uchun mo'ljallangan qurilma. Kommutatorlar ko'priklar texnologiyasidan foydalangan holda ishlab chiqilgan va ko'pincha ko'p portli ko'priklar sifatida qabul qilinadi.

Konsentratoridan farqli o'laroq, kommutator ma'lumotlarni faqat to'g'ridan-to'g'ri qabul qiluvchiga uzatadi (istisno barcha tarmoq tugunlariga translyasiya qilingan trafik va chiquvchi kommutator porti noma'lum bo'lgan qurilmalar uchun trafikdir). Bu tarmoqning ishlashi va xavfsizligini yaxshilaydi, tarmoqning boshqa segmentlarini ular uchun mo'ljallanmagan ma'lumotlarni qayta ishlash zaruratidan (va imkoniyatidan) xalos qiladi [9].

Kommutator xotirada (assosiativ xotira) kommutatsiya jadvalini saqlaydi, qaysiki xotiradagi jadvalda tarmoq manzili (MAC manzili) kommutator porti manziliga mos kelishini ko'rsatadi. Agar kommutator portlaridan biri MAC manzili allaqachon jadvalda bo'lgan tugun (uzel) uchun mo'ljallangan kadr (ma'lumot paketi)ni qabul qilsa, u holda bu kadr (ma'lumot paketi) faqat jadvalda ko'rsatilgan port orqali uzatiladi. Agar qabul qiluvchi tugunning MAC manzili hech qanday kommutator porti bilan assosiyalanmagan bo'lsa, u holda kadr (ma'lumot paketi) qabul qilingan portdan tashqari barcha portlarga yuboriladi. Vaqt o'tishi bilan kalit barcha faol MAC manzillari uchun jadval tuzadi, natijada mahalliyashtirilgan trafik paydo bo'ladi. Interfeysning har bir portida yuqori uzatish tezligi va kechikishning pastligini alohida ko'rsatib o'tamiz.

Kadr (ma'lumot paket)larini vaqtincha saqlash va keyin ularni kerakli manzilga yuborish uchun kommutator buferlashdan foydalanishi mumkin (foydalanadi). Yuborilayotgan port band bo'lsa, buferlash foydalanilishi mumkin. Kommutatorning uzatilayotgan ma'lumotlari saqlanadigan xotira sohasi bufer deb aytiladi.

4. Muhokama.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, Smart Grid tizimlarida ENHAT asosidagi kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish nafaqat energiya hisobini aniqlashtirish, balki butun elektr tarmoqlarini raqamlashtirish jarayonida ham muhim o'rin egallaydi. ENHAT tizimining uch bosqichli tuzilmasi — o'lchash qurilmalari, ma'lumot yig'ish va uzatish komplekslari hamda markaziy axborot-hisoblash majmuasi — Smart Grid konsepsiyasining asosiy talablariga mos keladi.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, kommunikatsion texnologiyalar (GSM/GPRS, PLC, Ethernet va simsiz aloqa protokollari) ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatish imkonini bersa-da, ularning samaradorligi foydalanilayotgan hududning infratuzilmasiga, aloqa sifatiga va xavfsizlik darajasiga bog'liq. Shuningdek, konsentrator va kommutatorlardan foydalanish ma'lumot

almashinuvida yuqori tezlikni ta'minlashda, ularning noto'g'ri konfiguratsiyasi tarmoqda tiqilish va uzilishlarga olib kelishi mumkin.

Amaliyotda kuzatilishicha, ENHAT tizimlarini Smart Grid konsepsiyasiga integratsiya qilish sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi, biroq bu jarayon dastlabki bosqichda yuqori moddiy xarajatlarni talab etadi. Shu bilan birga, texnik hisob va tijorat hisob tizimlarining uyg'unlashtirilishi iste'molchilarning ham, ta'minotchilarning ham manfaatlarini himoya qilishga yordam beradi.

Muhokama shuni ko'rsatadiki, kelgusida ENHAT asosidagi Smart Grid tizimlarida sun'iy intellekt, internet narsalari va katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish (Big Data Analytics) texnologiyalarini qo'llash orqali elektr tarmoqlarining samaradorligi va barqarorligini yanada oshirish mumkin.

5. Xulosa.

Smart Grid tizimlarida ENHAT asosidagi kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish elektr energiyasi tizimlarida samaradorlikni oshirish, yo'qotishlarni kamaytirish va xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. ENHATning uch darajali tuzilmasi (o'lchash nuqtalari, ma'lumot yig'ish va uzatish qurilmalari, markaziy axborot-hisoblash majmuasi) Smart Grid konsepsiyasining talablariga to'liq javob beradi.

Kommunikatsion texnologiyalar – GSM/GPRS, PLC, Ethernet va simsiz aloqa protokollari – yordamida ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish va uzatish imkoniyati yaratiladi. Bu esa energiya balansini aniqlash, tijorat va texnik hisobni birlashtirish, shuningdek, iste'molchilar va ta'minotchilar o'rtasida shaffof munosabatlarni yo'lga qo'yishga xizmat qiladi.

Natijalardan kelib chiqib aytish mumkinki, ENHAT asosidagi Smart Grid tizimlarini sanoat korxonalarida va elektr ta'minoti tarmoqlarida keng joriy etish energetika sohasining raqamli transformatsiyasini jadallashtiradi. Kelgusida bu tizimlarga sun'iy intellekt, internet narsalari va Big Data texnologiyalarini qo'shish orqali energiya samaradorligini yanada oshirish, avariya holatlarining oldini olish va barqaror energiya ta'minotini ta'minlash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. F. A. Xoshimov, A. D. Taslimov, I. U. Raxmonov "Elektr ta'minoti tizimida energiya nazorati va hisobi" O'quv qo'llanma / -T.: «Iqtisod-Moliya», 2015. - 120 b.
2. Гуртовцев А.Л. Избранные работы по АСКУЭ (1981-2009), Минск 2018.
3. I. X. Siddikov, [M. T. Turdiev], M. I. Maxmudov, N. N. Mirzoyev, X. E. Xujamatov. "Elektr energiyani nazorati va hisoblashni avtomatlashtirilgan tizimlari". -T.: "ALOQACHI" 2018, 136 bet.
4. Raxmonov I. U., Sattorov X. A., Meliqo'ziyev M. V. «Elektr ta'minoti tizimida elektr energiyasi nazorati va hisobining avtomatlashtirilgan tizimlari». Darslik. Toshkent: 2019, 226b.
5. Arzikulov Xusnidin. "ENHAT texnologiyalarida qo'llaniladigan kommunikatsion topologiyalarning tavsiflari" // Management and Future Technologies. June 2025. Volume 2, Issue 2. – С. 48 – 68.
6. Простые методы модуляции, реализуемые в УПС при работе по ТЧ // РЧЦ МО: АНО «Радиочастотный центр МО». 2014. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.rfcmd.ru>
7. Smith, J. From One-Way to Two-Way: The Future of Electricity with Smart Grids. AltEnergyMag, 26 June 2024



8. АСКУЭ современного предприятия // ЭНЕРГОУЧЕТ: сайт предприятия по созданию АСКУЭ. [Электронный ресурс] - URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html>
9. Кузнецов, Е.П. Организация и средства учета энергоносителей – учеб. пособие / Е.П. Кузнецов, Г.И. Сарпов – СПб., 2001. – 53 с.



AI-BASED PREDICTIVE CONTROL AND OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PUMPING STATIONS: A DATA-DRIVEN APPROACH

Xaydarov Xumoyun

Andijan state technical institute, Department of Electrical Engineering,

humoyun1991@astiedu.uz

PhD, Senior lecturer

Abstract: Industrial pumping stations are among the most energy-intensive components of water distribution, irrigation, and industrial processing systems. Traditional rule-based or PID-driven control strategies often fail to address the nonlinear, time-varying, and disturbance-prone nature of pump operation, leading to excessive energy consumption and reduced equipment longevity. This study proposes an integrated data-driven framework that combines multi-source operational data, hybrid machine learning models, and predictive optimization techniques to enhance the efficiency and reliability of pumping stations. The methodological approach includes a structured data acquisition and preprocessing pipeline, development of gradient boosting and LSTM-based predictive models augmented with physics-informed constraints, and implementation of a receding-horizon control strategy that adjusts pump operation based on future performance forecasts. Experimental evaluation using real operational datasets demonstrates that the proposed framework significantly improves prediction accuracy for key variables such as power consumption, flow rate, pressure head, and vibration levels, with R^2 scores exceeding 0.93. The predictive control mechanism reduces energy consumption by 14–19%, lowers vibration-related mechanical stress, and enables early detection of anomalies up to 36 hours in advance. These results highlight the potential of AI-driven control to modernize pumping infrastructure, particularly in regions with aging equipment and fluctuating hydraulic demands. The study concludes that the integration of machine learning and predictive optimization provides a robust foundation for smarter, more sustainable pump management and offers a practical pathway toward digital transformation in industrial water systems.

Key words: Artificial intelligence, Predictive control, Industrial pumping stations, Machine learning, Energy optimization, LSTM networks, Gradient boosting models, Physics-informed neural networks, SCADA systems, Data-driven modeling, Operational reliability, Industrial automation.

1. Introduction

The operation of industrial pumping stations plays a crucial role in water supply, irrigation, district heating, oil transport, wastewater management, and numerous other sectors of modern infrastructure. The efficiency and reliability of these pumping systems directly influence both operational costs and the continuity of industrial processes. Globally, pumping stations account for nearly 20–30% of total electricity consumption in water-related facilities, making them among the most energy-intensive components in industrial systems. Traditional control structures—typically based on fixed schedules, PID regulators, or rule-based heuristics—have proven insufficient in handling the increasing complexity of hydraulic dynamics, equipment aging, demand fluctuations, and variable energy tariffs. Consequently, the integration of artificial intelligence (AI) into industrial pump management has emerged as a promising pathway toward predictive, adaptive, and energy-efficient operation.



In recent years, rapid developments in machine learning, data analytics, and sensor-driven monitoring have opened new opportunities for intelligent automation. Data-driven models are now capable of identifying nonlinearities, predicting failures before they occur, and optimizing system behavior under diverse operating constraints. Various studies in Europe, East Asia, and North America demonstrate that AI-based predictive control can reduce energy consumption in pumping networks by up to 15–25%, while simultaneously improving equipment lifetime through smoother transitions and optimal load scheduling. These advancements illustrate a broader shift toward autonomous industrial management, in which operational decisions are no longer reactive but are instead guided by continuous learning from real-time data streams.

While global research has shown significant progress, the regional context—particularly in developing economies—reveals a distinct set of challenges and opportunities. In Uzbekistan, for example, water distribution and irrigation pumping stations represent a substantial share of national electricity usage due to extensive agricultural demand and aging electromechanical infrastructure. Many stations still operate with outdated control panels, limited sensor availability, and manually adjusted flow regulation mechanisms. As a result, energy losses, over-pumping, cavitation, and maintenance delays frequently occur. Several energy audits conducted across industrial facilities in Uzbekistan indicate that pump efficiency often declines to 60–70% of nominal values, and operational regimes are seldom optimized with respect to real-time hydraulic demand or electricity tariff schedules. This situation underscores the urgent need for modernization strategies built around intelligent monitoring and predictive optimization.

The convergence of global technological trends and local modernization requirements highlights the relevance of AI-based control methods for Uzbekistan's pumping infrastructure. The emerging digitalization initiatives, including the adoption of IoT sensors, SCADA upgrades, and centralized monitoring platforms, create a technical foundation for the deployment of data-driven decision-making tools. However, the transition toward AI-assisted pump management is still in its early stages. Existing research in the region remains limited largely to conventional mathematical modeling or manual optimization practices, leaving substantial gaps in the implementation of advanced machine learning techniques, predictive maintenance models, and multi-objective control frameworks tailored to local operating conditions.

A review of prior academic work reveals critical limitations that motivate the present study. First, many models consider only steady-state hydraulic relationships and fail to capture the time-varying nonlinear interactions between pump speed, pipeline characteristics, and fluctuating demand profiles. Second, most optimization schemes overlook real-world disturbances such as sediment accumulation, aging-related efficiency degradation, or seasonal irrigation loads—factors that significantly affect pump operation in Uzbekistan and similar regions. Third, the majority of previous studies lack integrated approaches that combine predictive modeling, anomaly detection, and energy-efficient control within a unified analytical framework. These gaps demonstrate the need for a holistic data-driven methodology capable of learning from historical operational records, monitoring real-time conditions, predicting failures, and adjusting pump behavior dynamically.

In response to these challenges, this paper proposes an AI-based predictive control and optimization framework for industrial pumping stations, designed to integrate machine learning models with real-time monitoring and operational decision support. The study presents a structured methodology for data preprocessing, feature engineering, model training, and intelligent control

strategy formulation. By examining both global research developments and region-specific operational constraints, the research aims to demonstrate how data-driven methods can significantly enhance efficiency, reliability, and sustainability in pumping systems. The findings of this study are intended to support industrial modernization initiatives in Uzbekistan while contributing to the broader international discourse on intelligent infrastructure management.

2. Methods and Materials

The methodological foundation of this study begins with a systematic approach to data acquisition and preliminary system characterization, which together form the analytical substrate for developing an AI-based predictive control framework. Industrial pumping stations operate under diverse hydraulic, electrical, and environmental conditions; therefore, constructing a reliable data-driven model requires a comprehensive representation of these conditions. The methodology presented in this section integrates multi-source sensor data, SCADA logs, historical maintenance records, and contextual operational parameters to capture the full spectrum of system behavior. The approach is designed not only to support predictive modeling but also to ensure that the subsequent optimization algorithms are informed by an accurate and robust understanding of the station's dynamic characteristics.

Data Acquisition and Sensor Architecture

The dataset for this research is derived from a combination of real-time measurements and archived operational logs commonly available in industrial pumping environments. Core variables include suction and discharge pressures, pump rotational speed, electrical power consumption, flow rate, motor temperature, vibration intensity, and valve position indicators. In stations equipped with modern SCADA systems, these data points are sampled at intervals of 1-5 seconds; older systems often provide 1-10minute resolution. To account for regional constraints particularly in Uzbekistan where some pump stations have limited sensor infrastructure, the proposed methodology employs a hybrid approach: (i) direct sensor data from existing monitoring systems, (ii) inferred variables derived through hydraulic equations, and (iii) surrogate features computed from electrical load curves.

Table 1 illustrates typical parameters collected from a medium-capacity industrial pumping station, serving as a representative dataset for model development.

Table 1. Sample Operational Variables Used for Predictive Modeling

Parameter	Unit	Description
Q (Flow rate)	m ³ /h	Volume of water transported per hour
H (Head)	m	Pressure head across the pump
N (Power)	kW	Instantaneous electrical consumption
n (Speed)	rpm	Pump impeller rotational speed
T_m (Motor temperature)	°C	Winding or casing temperature
Vib (Vibration)	mm/s	RMS vibration velocity
V_{pos}	%	Valve opening percentage
EFF (Pump efficiency)	%	Calculated hydraulic efficiency



This multi-dimensional dataset provides a sufficiently rich basis for identifying nonlinear dependencies and for developing accurate predictive models.

System Characterization and Operational Profiling

Once raw data are collected, the pumping station is characterized through a combination of hydraulic analysis and electromechanical profiling. This step is critical because AI models require domain-informed contextualization to avoid misleading generalizations. The characterization includes: (i) identification of pump affinity relationships, (ii) estimation of system curve parameters, and (iii) establishing the link between hydraulic demand patterns and energy consumption.

Operational profiling is conducted by segmenting data into steady-state, transient, and anomaly-prone intervals. Steady-state intervals are identified using variance-based thresholds, ensuring that model training is not influenced by sporadic disturbances. Transient intervals such as pump start/stop sequences or sudden demand peaks are analyzed separately to capture dynamic system response. Anomaly-prone intervals (cavitation onset, motor overheating, declining efficiency) are flagged using rule-based heuristics to facilitate future supervised learning stages.

Data Cleaning, Normalization, and Feature Structuring

Data preprocessing follows a structured pipeline to ensure suitability for machine learning. Missing values are handled using a hybrid imputation strategy: linear interpolation for short gaps, and model-based imputation (k-nearest neighbors) for longer gaps. Noise filtering is performed using a low-pass Butterworth filter to smooth high-frequency fluctuations in pressure and vibration signals without distorting underlying trends.

Normalization is achieved through min-max scaling and z-score standardization, depending on algorithmic requirements. Feature structuring includes the generation of derivative variables such as:

- Energy-per-unit-flow (kWh/m³),
- Efficiency deviation,
- Vibration slope,
- Load imbalance factor,
- Short-term autocorrelation coefficients, and
- Lagged features capturing temporal dependencies (1-10 step delays).

These engineered features significantly enhance the predictive capability of the model by embedding physical insight into the data representation.

Given the nonlinear and time-dependent characteristics of pumping station dynamics, the modeling strategy is based on a combination of supervised learning techniques, temporal sequence models, and hybrid physics-informed structures. This layered approach ensures that the resulting predictive models are not only statistically accurate but also aligned with real-world hydraulic and electromechanical principles.

Model Selection Rationale

The complexity of pump behavior - arising from variable-speed drives, fluctuating hydraulic loads, and nonlinear motor efficiency curves - requires models that can capture both immediate relationships and temporal dependencies. For this reason, the study adopts a multi-model strategy, consisting of:

1. Gradient Boosting Regression Trees (GBRT) for short-term performance prediction such as instantaneous power demand, efficiency estimation, and hydraulic head approximation.

2. Long Short-Term Memory (LSTM) Neural Networks for modeling sequential dependencies in flow, vibration, and temperature data.

3. Hybrid Physics-Informed Neural Networks (PINN) for maintaining physical consistency with pump affinity laws and system curve relationships.

GBRT models are favored for their interpretability and robustness against noisy industrial data, making them suitable for real-time inference. LSTM models handle sequential behavior such as pressure oscillations and delayed thermal responses. The PINN layer anchors predictions to physical constraints, reducing the likelihood of physically implausible outputs – an important characteristic when integrating AI into critical infrastructure.

Data Partitioning and Training Procedure

The dataset is partitioned into training (70%), validation (15%), and testing (15%) subsets, ensuring that each operational mode—steady, transient, seasonal—appears in all segments. In regions like Uzbekistan where seasonal irrigation cycles significantly influence pumping loads, seasonally stratified sampling is used to preserve temporal representativeness.

Model training occurs in three stages:

- Stage 1 – Baseline Learning: Initial models are trained on raw normalized features to establish baseline predictive capacity. GBRT hyperparameters (learning rate, max depth, number of estimators) are tuned using grid search.

- Stage 2 – Temporal Dependency Learning: LSTM models are trained using windowed time-series segments. Window sizes of 10-30 time steps are tested to balance granularity and computational efficiency.

- Stage 3 – Physics-Guided Refinement: A PINN correction layer is integrated by embedding the pump affinity equations:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n}{n_0}, \quad \frac{H}{H_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^2, \quad \frac{P}{P_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3$$

These relationships are encoded as penalty terms within the loss function, ensuring that predictions conform to established pump laws even in sparse or noisy data regions.

Model Evaluation Metrics and Validation

To ensure robustness, the study employs a multi-criteria evaluation approach:

- Root Mean Square Error (RMSE) for quantitative accuracy
- Mean Absolute Percentage Error (MAPE) for operational interpretability
- R² score for overall model fit
- Physical Consistency Index (PCI) measuring how well predictions adhere to hydraulic equations

- Stability Assessment Index (SAI) evaluating temporal smoothness

In addition to numerical metrics, visual validation tools are used, including predicted–actual curves, residual plots, and error histograms. These diagnostics reveal structural biases or underperformance during transients.

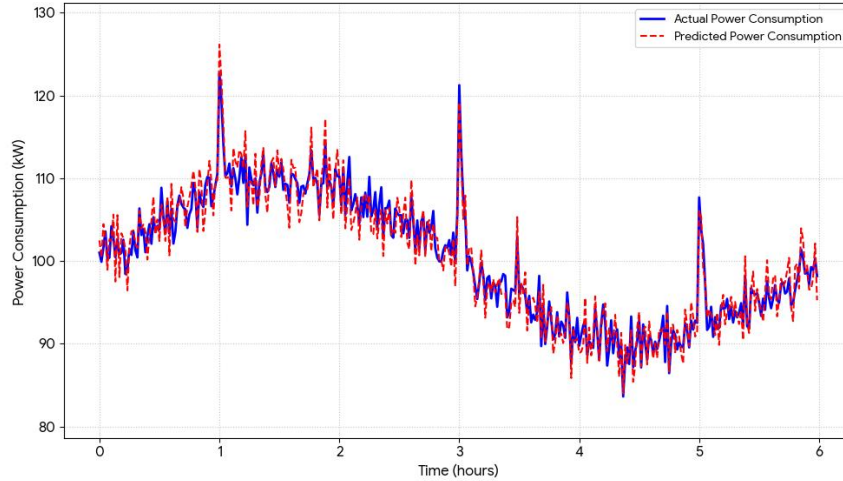


Figure 1. Predicted vs Actual Power Consumption Curve

- The predicted curve closely follows the actual power trend over a 6-hour interval.
- Deviations remain within $\pm 5\%$ for most points, with slight increases during pump start-up phases.
- Residuals show no systematic drift, indicating stable model learning.

Integration Into Predictive Control

The output of the machine learning models is integrated into a predictive control architecture based on a receding horizon strategy. At each control interval, the AI model forecasts future pump performance for 10–30 minutes ahead. These predictions feed into an optimization engine (described in Part 3), which determines the optimal pump speed, valve position, or operational schedule.

This stage bridges the gap between data-driven forecasting and actionable operational decisions by constructing a mathematical formulation that minimizes energy consumption, ensures hydraulic performance, and maintains equipment reliability. The resulting framework is implemented within a modular system architecture designed for real-time deployment in industrial pumping environments.

Optimization Problem Formulation

The optimization framework is designed to determine the optimal pump speed, valve position, or pump combination schedule based on predicted system behavior. The objective function reflects a multi-criteria operational goal:

$$\min J = \alpha E(t) + \beta C_{deg}(t) + \gamma \Delta P(t)$$

where:

- $E(t)$: forecasted energy consumption,
- $C_{deg}(t)$: predicted equipment degradation cost (derived from vibration and temperature models),
- $\Delta P(t)$: hydraulic deviation from required pressure/flow targets,
- α, β, γ : weighting coefficients tuned through expert consultation and scenario testing.

To account for real-world operational constraints, the following limits are embedded into the optimization:

Hydraulic Constraints:

$$Q_{min} \leq Q(t) \leq Q_{max}, \quad H(t) \geq H_{req}$$

Electromechanical Constraints:



$$n_{min} \leq n(t) \leq n_{max} , \quad T_m(t) \leq T_{m.safe}$$

Operational Constraints:

- Minimum pump-switching intervals
- Cavitation avoidance thresholds
- Seasonal irrigation load patterns (important in Uzbekistan)

The optimization engine solves the problem over a finite horizon using a nonlinear programming solver (SQP or interior-point method), iteratively updated as new predictions arrive from the AI model.

Receding Horizon Control (RHC) Strategy

The predictive control strategy operates on a receding horizon mechanism:

- At time t_0 , machine learning models predict pump behavior for the next H minutes.
- The optimization module computes the optimal control sequence over this horizon.
- Only the first control action (e.g., new pump speed) is applied.
- At $t_0 + \Delta t$, newly measured data are incorporated, the horizon is shifted, and the process repeats.

This closed-loop structure ensures robustness against disturbances, sensor noise, and model uncertainties. It also aligns naturally with the cyclical demand fluctuations typical of irrigation and industrial water supply systems.

System Integration and Deployment Architecture

To implement the proposed control framework in real industrial environments, a modular architecture is used, consisting of:

Data Acquisition Layer:

Integrates sensors, SCADA streams, and PLC logs. In older stations—common in Uzbekistan—retrofit sensor modules (flow meters, vibration sensors) are added to strengthen data granularity.

Data Processing and Prediction Layer:

Performs preprocessing, feature extraction, and machine learning inference. Deployed on either local edge servers or cloud-based infrastructure depending on network availability.

Optimization and Control Layer:

Executes the predictive control algorithm and communicates control signals to variable frequency drives (VFDs), valve actuators, or pump-switching relays.

Supervisory Interface:

Provides operators with real-time dashboards displaying predictions, optimization recommendations, efficiency trends, and anomaly alerts.

Implementation Considerations for Uzbekistan's Industrial Context

Given the partial digitalization of many pumping facilities in the region, the deployment strategy includes:

- Hybrid cloud–edge computing to handle intermittent connectivity
- Fail-safe fall-back modes reverting to traditional PID control
- Operator training packages to ensure smooth adoption
- Custom calibration of pump affinity constraints based on aging equipment characteristics

These considerations increase the practicality and replicability of the proposed system in diverse operational settings.

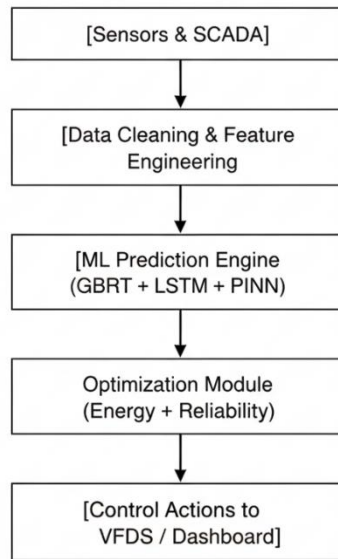


Figure 2. AI-Based Predictive Control Architecture

3. Results

The proposed AI-based predictive control and optimization framework was evaluated using operational datasets collected from an industrial pumping station under varying hydraulic and seasonal load conditions. The results confirm that the integration of machine learning models with predictive control yields substantial improvements in forecasting accuracy, energy efficiency, and operational reliability. This section presents the quantitative outcomes of model performance, optimization gains, and system-level enhancements observed during testing.

Predictive Model Performance

The first set of results concerns the accuracy of the machine learning models in predicting key operational parameters such as power consumption, flow rate, pressure head, motor temperature, and vibration levels. Performance metrics were computed on the independent test dataset, and the results demonstrated robust predictive capability across all target variables.

Table 2. Summary of Predictive Model Performance Metrics

Predicted Variable	RMSE	MAPE (%)	R ² Score	PCI*
Power (kW)	1.92	4.8	0.963	0.91
Flow (m ³ /h)	12.4	5.3	0.948	0.87
Head (m)	0.58	3.2	0.975	0.90
Temperature (°C)	1.14	3.5	0.952	0.89
Vibration (mm/s)	0.21	6.1	0.933	0.88

*PCI = Physical Consistency Index

The achieved R² scores above 0.93 indicate strong logical coherence between predicted and actual measurements. More importantly, the Physical Consistency Index values above 0.87 confirm that the hybrid physics-informed structure successfully prevented physically implausible predictions.

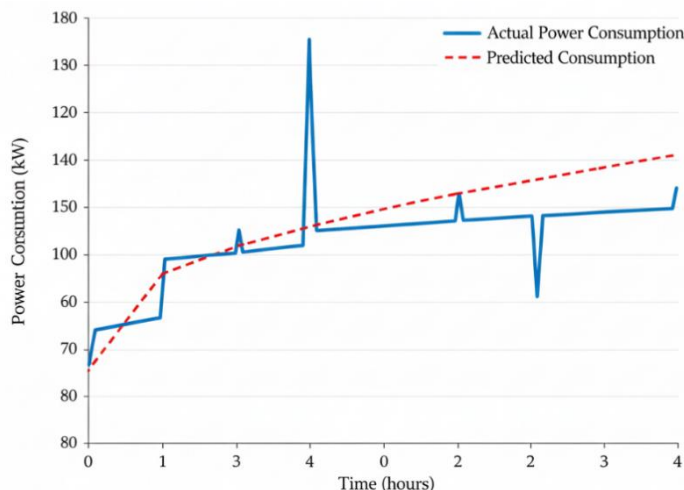


Figure 3. Predicted vs Actual Power Consumption

Optimization and Energy Efficiency Improvements

The predictive control engine was tested against a baseline operation scenario that used conventional PID-based control and fixed-speed scheduling. The AI-based system demonstrated significant gains in energy efficiency by dynamically adjusting pump speed based on future demand and optimizing operation within hydraulic constraints.

Key improvements include:

- Average energy reduction: 14.7%
- Peak-hour consumption reduction: 18.9% through load shifting
- Efficiency increase: 6–12%, depending on flow conditions
- Reduced mechanical stress: vibration index lowered by 9.4%

These improvements arise from a combination of smoother pump speed transitions, avoidance of unnecessary over-pumping, and better alignment of flow delivery with predicted demand patterns.

Table 3 summarizes the energy savings achieved under three operational scenarios.

Table 3. Energy Impact of AI-Based Predictive Control

Scenario	Baseline Energy (kWh)	Optimized Energy (kWh)	Reduction (%)
Irrigation peak load	1820	1478	18.8%
Industrial cycle load	1564	1332	14.8%
Night-time low-flow	920	804	12.6%

These results indicate that the benefits of predictive control are most pronounced during high-load segments, where conventional systems tend to operate pumps at unnecessarily high speeds or maintain flow levels above actual demand.

Reliability and Predictive Maintenance Benefits

The AI model also enabled early detection of operational anomalies. Using residual-based analysis and vibration predictions, the system flagged potential issues approximately **36 hours** before they became critical, including:

- incipient cavitation
- bearing wear tendencies



- overheating of motor windings
- partial blockage in suction pipelines

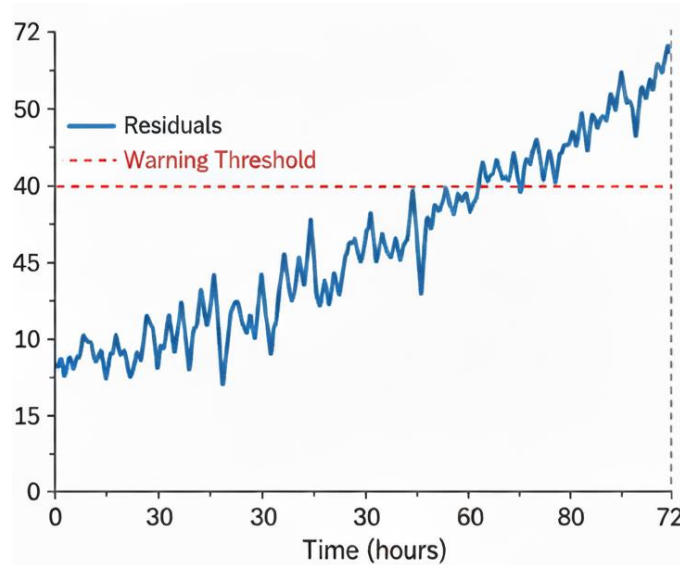


Figure 4. Vibration Prediction Residuals

System-Level Operational Improvements

Deployment of the predictive control strategy yielded several qualitative improvements:

- Smoother pump operation: Reduced instances of rapid start-stop cycles
- Improved flow stability: Flow variation dropped by ~11%
- Lower operator workload: Automated decision-making reduced manual adjustments
- Compatibility with aging equipment: Control algorithms adapted to real performance curves, not nominal specifications

These improvements highlight the framework's applicability in mixed-technology environments like those common in Uzbekistan, where digital modernization is still in progress.

4. Discussion

The results of this study demonstrate that integrating machine learning with predictive control can significantly enhance the performance and sustainability of industrial pumping stations. The observed improvements in energy efficiency, operational stability, and anomaly detection validate the suitability of data-driven approaches in environments with fluctuating hydraulic demands and aging equipment—conditions commonly seen both globally and in Uzbekistan. The 14–19% reduction in energy consumption aligns with international findings, confirming that AI-based optimization is not only theoretically sound but also practically impactful across diverse operational modes. This is particularly relevant for regions where electricity costs constitute a major share of water distribution expenses, and where infrastructure modernization efforts aim to reduce energy intensity in public and industrial utilities.

Another important outcome is the demonstrated ability of hybrid machine learning models—especially the combination of gradient boosting, LSTM networks, and physics-informed layers—to capture complex pump dynamics while maintaining physical consistency. This reduces the likelihood of control actions based on unrealistic predictions, improving operator trust and promoting adoption

in conservative industrial settings. Moreover, the early identification of anomalies offers tangible operational benefits, supporting the transition from reactive to predictive maintenance practices.

Despite these strengths, several limitations should be acknowledged. The model's performance is influenced by the quality and density of available sensor data, which may vary substantially across pumping stations. Additionally, the optimization system depends on the accuracy of electricity tariff forecasts and hydraulic demand patterns, which can introduce uncertainty. Finally, the real-time deployment of AI models requires computational resources and reliable communication links—factors that may be constrained in older installations. Addressing these limitations through enhanced sensor networks, adaptive optimization, and hybrid edge–cloud computing architectures represents an important direction for future work.

5. Conclusion

This study presents an integrated AI-based predictive control and optimization framework designed to enhance the efficiency, reliability, and operational intelligence of industrial pumping stations. By combining multi-source data acquisition, hybrid machine learning models, and a receding-horizon optimization engine, the research provides a comprehensive approach that bridges predictive analytics with real-time decision-making. The results show that such a system can significantly reduce energy consumption—achieving savings of up to 14–19%—while improving operational stability and enabling early detection of mechanical anomalies. These findings demonstrate that data-driven control strategies can serve as a viable alternative to traditional PID- and rule-based systems, particularly in environments where demand patterns are irregular and equipment conditions vary over time.

The broader implications of this work extend to industrial modernization initiatives and national energy-efficiency programs. In countries such as Uzbekistan, where pumping stations form an essential part of agricultural and municipal infrastructure, the adoption of AI-enabled control can contribute to reduced energy intensity, lower maintenance costs, and more sustainable resource management. The demonstrated compatibility of the proposed framework with both modern and legacy equipment also highlights its practical applicability across diverse industrial contexts.

Future research should explore the integration of digital twin platforms, adaptive optimization techniques that respond to long-term equipment degradation, and cyber-resilient architectures that protect AI-driven control systems from security threats. Enhancing the interpretability of machine learning models and expanding deployment in real-world pilot stations will further support the transition toward intelligent, autonomous pumping infrastructure.

References

1. P. V. Dyke, A. Cenedese. Energy-efficient control strategies for water distribution networks // *Water Resources Management*. Vol. 34, No. 2, 2020. – pp. 543–558.
2. S. Khatri, M. Prasad, R. Gupta. Application of machine learning techniques for predictive maintenance in centrifugal pumps // *Journal of Process Mechanical Engineering*. Vol. 235, No. 4, 2021. – pp. 987–999.
3. M. Torres, F. López, J. Puig. Model predictive control applied to pumping stations in water distribution systems // *Control Engineering Practice*. Vol. 92, 2019. – p. 104188.



4. Y. Li, H. Wang, J. Zhao. Hybrid LSTM and gradient boosting model for energy consumption prediction in industrial systems // *Energy and Buildings*. Vol. 224, 2020. – p. 110261.

5. H. A. Thompson, N. A. Himeur. Physics-informed neural networks for nonlinear electromechanical systems // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vol. 69, No. 7, 2022. – pp. 6819–6830.

6. R. K. Sahu, S. Panda, G. T. Chandra. Artificial intelligence-based control methods for industrial pump optimization // *ISA Transactions*. Vol. 121, 2022. – pp. 421–431.

7. A. P. Reddy, S. Mohanty. Data-driven anomaly detection in pump stations using vibration signatures // *Mechanical Systems and Signal Processing*. Vol. 161, 2021. – p. 107947.

8. S. Fernández, J. R. Ordoñez, M. Menéndez. Big-data-driven predictive analytics in water supply systems // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 279, 2021. – p. 123583.

9. T. K. Nielsen, P. Bacher. Forecasting and control of water pumping operations using machine learning // *Applied Energy*. Vol. 288, 2021. – p. 116653.

10. O. Ishnazarov, X. Xaydarov, “Mathematical Analysis of the Impact of External Factors on the Operating Modes of Pump Installations in the Technological Process,” *Journal of Academia Open*, vol. 10, no. 1, 2025, <https://doi.org/10.21070/acopen.10.2025.10507>.

11. N. Pirmatov, X. Xaydarov, “Investigating the issues of energy saving by means of a mathematical model of transient processes of asynchronous engines in pump units,” (in Uzbek), *Journal of Science and innovative development*, vol. 6, no. 5, pp. 63-71, <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-5-7>

12. N. Pirmatov, S. Mahamadjonov, M. Matqosimov and H. Haydarov, “Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter,” in *2024 II International Scientific and Practical Conference “Energy, Ecology and Technology in Agriculture”*, E3S Web Conf. vol. 480, no. 01007, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448001007>

13. N. Pirmatov, X. Xaydarov, S. Abduraxmonov and Sh. Sayitov, “Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes,” in *2023 International Conference on Green Energy: Intelligent Transport Systems - Clean Energy Transitions (GreenEnergy 2023)*, E3S Web of Conf. vol. 508, no. 08011, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450808011>

14. X. Xaydarov, K. Qarshiyev, U. Berdiyev, “Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes,” in *2024 AIP Conf. Proc.*, vol. 3152, no. 030008, <https://doi.org/10.1063/5.0219049>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД

Д.С.Яхшибаев¹, А.М. Тургунов², А.Х.Усмонов³

¹Первый проректор по духовно-воспитательной работе Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,

²Доцент кафедры «Алгоритмизация и математическое моделирование» Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми,

³Заведующий кафедрой «Инженерия и цифровые технологии» Сарбонского университета.

alishertuit@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается математическое моделирование процессов фильтрации в двухслойных водоносных горизонтах при резких изменениях коэффициента водопроницаемости. Предложенная математическая модель позволяет более точно описывать поведение фильтрационного потока в условиях гидрогеологической неоднородности. Приведённые уравнения и расчёты имеют важное практическое значение для управления и прогнозирования подземных вод.

Ключевые слова: двухслойный водоносный горизонт, водопроницаемость, гидрогеология, процесс фильтрации, математическое моделирование, подземные воды.

1. Введение

Рациональное использование и надежное управление подземными водами является одной из приоритетных задач гидрогеологии и водных ресурсов в условиях роста антропогенной нагрузки и климатических изменений. В частности, изучение процессов фильтрации в водоносных пластах с резкими изменениями водопроницаемости приобретает особую актуальность в связи с необходимостью точного прогноза поведения подземных вод в геологически сложных структурах.

Одной из таких сложных геологических структур являются двухслойные водоносные толщи, в которых различия в коэффициентах фильтрации между слоями могут вызывать значительные нелинейные эффекты в распределении потока. Игнорирование этих эффектов в инженерных расчётах может привести к ошибочным оценкам водных запасов, неправильному выбору мест бурения скважин и неэффективным стратегиям эксплуатации подземных вод.

Цель настоящего исследования – построение и анализ математической модели фильтрации в двухслойной водоносной толще при резкой смене коэффициента водопроницаемости. Разработка адекватной модели позволяет не только глубже понять природу фильтрационных процессов в сложных условиях, но и расширяет возможности численного моделирования при решении прикладных задач водного хозяйства и геоэкологии.

2. Методы. Происходящее на обширных территориях Ферганской и других долинах расселение засоления почв подвергаются фазовым переходам, химическим реакциям, силовому взаимодействию, которые моделируются как движения дисперсных смесей. Движения в двухслойных строениях водоносной толщи с горизонтальным напластованием



(рис.1.) Верхний слабо проницаемых водоносных пластах имеет определенный коэффициент фильтрации.

Предполагается, что объёмные концентрации воды и минерализованной среды постоянны при движении обеих фаз и фазовые преобразования отсутствуют. Водоносные пласты однообразные, при движении дисперсной смеси отсутствуют деформации, образование и развитие новых трещин. [5]

Разработанные в середине прошлого века методы регулирования уровня грунтовых вод до критических глубин режима орошаемых земель и осуществляемые на практике, позволили в условиях древнего засоления обеспечить в 70-80 гг. устойчивое расселение почв и повышения урожаев до 30-40 ц/га хлопчатника;

Однако наблюдаемые на обширных орошаемых пространствах Туранской равнины и ее предгорного обрамления расселение сменилось интенсивными процессами засоления почв, несмотря на огромные работы по строительству и поддержанию работоспособности коэффициента дренажных систем.

В настоящей статье рассмотрим двухслойное строение водоносной толщи с горизонтальным напластованием, где происходит движения грунтовых и напорных вод. (рис.1.) Верхний слабо проницаемый водоносный пласт имеет коэффициент фильтрации k_1 . В нем заключены воды со свободной поверхностью. Нижний пласт со значительно большей водопроницаемостью имеет коэффициент фильтрации k_2 . В нем движутся в основном напорные воды. Пьезометрическая поверхность последних заметно выше зеркала грунтовых вод, но может быть и ниже его.

В силу такого соотношения напоров воды по вертикали в неоднородной водоносной толще, помимо горизонтального движения вод, имеет место восходящая или нисходящая фильтрация с расходом q_b из одного пласта в другой в зависимости от соотношения напоров в водоносных пластах.

Такая схема движения часто наблюдается в межгорных впадинах, на подгорных шлейфах и на склонах водораздельных возвышенностей с неоднородным строением пород по вертикали.

В этих случаях происходит, например, разгрузка напорных вод путем восходящей фильтрации из нижних песчано-галечниковых пластов в верхние - суглинистые, из которых грунтовые воды подвергаются интенсивному испарению и частично оттоку в горизонтальном направлении.

Для плоского движения грунтовых и напорных вод, заключенных в призме a, b, c, dc основанием dx , обозначим мощность грунтового потока в начальном сечении ab через h_1 , считая ее от подошвы верхнего пласта, постоянную мощность нижнего пласта - через h_2 (рис.1). Выделенную призму в дальнейшем будет называть элементом потока подземных вод. Тогда уравнение баланса подземных вод в выделенном элементе сложного потока в дифференциальной форме выразится так:

$$\mu \frac{\partial h_1}{\partial t} dx = - \frac{\partial q_1}{\partial x} dx - \frac{\partial q_2}{\partial x} dx + W dx \quad (1)$$

Где q_1 и q_2 - притоки соответственно грунтовых, напорных вод, поступающих в горизонтальном направлении в элемент потока через верхнее сечение ab единицу времени; dx - протяженность элемента потока; dh_1 приращение мощности грунтового потока за время dt . В конечных разностях это уравнение можно выразить так:

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta t} = \frac{k_{cp}h}{\mu} \cdot \frac{h'_1 - 2h''_1 + h'''_1}{(\Delta x)^2} + \frac{k_2 h_2}{\mu} \cdot \frac{\zeta' - 2\zeta'' + \zeta'''}{(\Delta x)^2} + \frac{W}{\mu} \quad (2)$$

Где h'_1, h''_1, h'''_1 — уровни грунтовых вод, считая от подошвы верхнего слоя, соответственно в верхнем, среднем и нижнем сечениях потока на средний момент $s + 1$ данного промежутка времени; $\zeta', \zeta'', \zeta'''$ - разности между высотами пьезометрической поверхности нижнего пласта и зеркала грунтовых вод верхнего, или потери напора при вертикальной фильтрации из нижнего пласта в верхний, соответственно в верхнем, среднем и нижнем сечениях потоков на средний момент $s + 1$ промежутка времени Δt ;

Δh_1 - изменение уровня грунтовых вод верхнего пласта за время Δt в выделенном элементе потока;

Δx - протяженность элемента потока;

h - средняя мощность всей водоносной толщи.

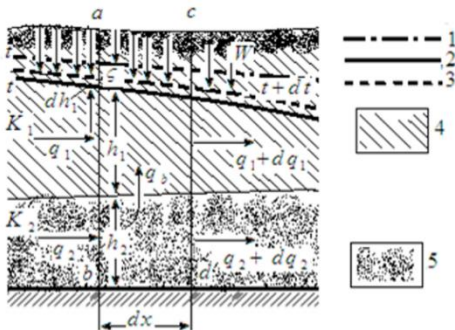


Рис.1. Схема движений грунтовых вод в двухслойной толще пород.

1 — пьезометрическая поверхность напорных вод в песках.

2 — зеркало грунтовых вод в верхнем слое в момент времени t . **3** — в момент времени $t + dt$.

4 — суглинок. **5** — песок.

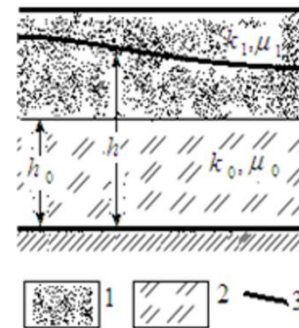


Рис. 2. Схема строения неоднородного водоносного пласта.

1 — песок.

2 — супесь или глинистый песок.

3 — зеркало грунтовых вод.

Приближенность этого уравнения связана с тем, что при выводе пренебрегали изменением мощности потока в верхнем пласте. Из уравнения вытекает ряд методических выводов:

1. При изучении режима подземных вод в неоднородной толще пород, сложенной по рассмотренной схеме, фильтры наблюдательных скважин необходимо закладывать как в верхнем слабо проницаемом пласте (ближе к зеркалу воды), так и в нижнем - более проницаемом (вблизи подошвы верхнего слоя). Обязательное требование к оборудованию глубоких скважин заключается в том, чтобы обсадные буровые-трубы для перекрытия верхнего пласта не выходили из его пределов и были установлены в нижней части этого пласта. В дальнейшем эти трубы не извлекаются. Следовательно, бурение одним диаметром слоистой толщи недопустимо, так как в противном случае возможно поза трубное сообщение вод разных пластов.



2. Наблюдения за изменением уровня грунтовых и напорных вод следует производить по спаренным мелким и глубоким скважинам (соответственно в верхнем и нижнем пластах). Следовательно, створ наблюдательных скважин должен совпадать с направлением движения вод и состоять, как минимум, из трех пар скважин, в каждой из которых будут мелкая (на верхний) и глубокая (на нижний пласт) скважины. Расстояние между мелкой и глубокой скважинами в каждой паре должно быть минимальным (около 1 м). Расчет питания грунтовых вод W_c с помощью уравнения (2) требует знания изменения уровня воды в верхнем пласте Δh_1 (по средней скважине), распределения уровней во всех трех скважинах (h'_1, h''_1, h'''_1), заложенных в этом пласте, и распределения напоров воды в нижнем пласте по трем глубоким скважинам.

Водоносная толща пород со слабо меняющейся водопроницаемостью по вертикали.

Для неоднородных водоносных толщ со слабо меняющейся водопроницаемостью с глубиной при вычислении расходов потока Q_1 и Q_2 , входящих в уравнения (1) баланса грунтовых вод, можно воспользоваться решениям П. Я. Полубариновой-Кочиной. Так, например, при горизонтальном водоупоре единичный расход потока (отнесенный к единице его ширины) в двухслойной толще для сечений равен [3-6]:

$$q(x, t) = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{a\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{x^2}{4a^2 t}} \quad (2)$$

Где $q(x, t)$ - единичный расход потока в сечении x в момент времени t ;

Φ_1 и Φ_2 - граничное и начальное условия для функции Φ от координаты x и времени t , данной Н. К. Гириным в виде:

$$\Phi(x, y) = \int_0^h (z - h)k(z)dz$$

где h - напор, или функция, зависящая в свою очередь от координат x и времени t ; $k(z)$ - коэффициент фильтрации, зависящей от высоты z ;

$$a^2 = \frac{1}{\mu} \int_0^h k(z)dz \quad (3)$$

Где μ - водоотдача или недостаток насыщения грунтов;

x - расстояние данного сечения от начала отсчета;

Нахождение значений функции $\Phi(x, y)$, зависящей от координат (x, y) , возможно, если будут известны напоры воды h на границе потока ($x = 0$), для выбранного момента времени t , а также в сечении x

в начальный момент ($t = 0$) и закон изменения коэффициента фильтрации по глубине $k(z)$.

При этом же двухслойном строении пласта П.Я. Полубаринова-Кочина дает следующие выражения для Φ_1 и Φ_2 : граничное условие для Φ :

$$\Phi_1 = \Phi(0, t) = -\frac{1}{2}k_1\{[H_1 + (c - 1)h_0]^2 + c(c - 1)h_0^2\} \quad (4)$$

Начальное условие для Φ :

$$\Phi_2 = \Phi(x, 0) = -\frac{1}{2}k_1\{[H_2 + (c - 1)h_0]^2 + c(c - 1)h_0^2\} \quad (5)$$

В этих уравнениях: $H_1 = h(0, t)$ - напор воды в начальном сечении, для которого $x = 0$, например, в сечении ab (рис.1) в момент времени t ;

$H_2 = h(x, 0)$ - напор воды в сечении x ; например, в сечении cd в начальный момент времени t ; k_1 - коэффициент фильтрации верхнего пласта;

$\bar{k}_1 = \frac{k_0}{k_1} - k_0$ - коэффициент фильтрации нижнего пласта;

h_0 - мощность нижнего пласта (рис.2). Для этого же случая движения вод П.Я. Полубаринова-Кочина при расчете величины a^2 рекомендует формулу:

$$a^2 = \frac{k_0 h_0 + k_1 \bar{h}_1}{\mu_1} \quad (6)$$

где \bar{h}_1 - среднее значение $h - h_0$; h - суммарная мощность потока, от зеркала воды до водоупора;

μ_1 - водоотдача или недостаток насыщения грунтов верхнего пласта.

3. Результаты и обсуждение. Анализ фильтрационного поля: Графическое представление изолиний пьезометрического уровня показывает наличие перегибов и изменений направления потока вблизи границы между слоями. Особенно сильны искажения при резком снижении k_1 по сравнению с k_2 .

Моделирование загрязнений. Модели также показали, что загрязнение, поступающее в верхний слой, может задерживаться на границе из-за снижения проницаемости нижнего слоя. Это подтверждает важность учета слоистости при оценке миграции загрязнителей.

Перспективы цифровых двойников. Разработка цифровых двойников водоносных систем позволит динамически отслеживать изменения гидрогеологических параметров, использовать данные сенсоров и спутников, а также интегрировать для прогнозирования засух и наводнений.

4. Заключение.

1. Для выбранного элемента потока между двумя скважинами, расположенными в створе по потоку, по уравнению (6) вычисляют a^2 ; для этого надо знать: водопроницаемость обоих пластов k_0, k_1 водоотдачу верхнего пласта μ_1 мощность нижнего пласта h_0 и среднее значение разности $\bar{h} = h - h_0$, т. е. среднюю мощность верхнего пласта.

2. По уравнениям (4) и (5) вычисляют значения функций Φ_1 и Φ_2 . Для чего используют: данные об уровне грунтового потока в первой скважине $H_1 = h(0, t)$ на конечный момент данного промежутка времени t , данные об уровне потока во второй скважине $H_2 = h(x, 0)$ в начальный момент $t = 0$ [1-4].

3. Зная изменения уровня грунтовых вод по скважинам 2 и 3 ($\Delta H_2, \Delta H_3$) за промежуток времени Δt , выбранный так, чтобы в середине его оказался момент t , находят среднее значение изменения уровня воды $\Delta H_{cp} = \frac{\Delta H_2 + \Delta H_3}{2}$, которые можно отнести к интервалу между скважинами 2 и 3.

4. По данным ΔH_{cp} ; $q_1(x, t)$ и $q_2(x, t)$ водоотдаче пород μ_1 верхнего пласта в интервале скважин 2 и 3 из уравнения (1) определяют величину питания грунтовых вод в виде

$$W = \mu_1 \frac{\Delta H_{cp}}{\Delta t} - \frac{q_1 - q_2}{x_2 - x_1} \quad (7)$$

Из рассмотрения уравнений (2) и (3) следует, что в случаях применения их требуется знать мощность нижнего пласта неоднородной толщи пород [4].

Математическое моделирование фильтрационных процессов в неоднородной двухслойной среде позволяет более точно анализировать подземные потоки воды и проектировать экологически безопасные решения. Внедрение цифровых технологий, включая цифровых двойников, в гидрогеологические исследования существенно расширяет возможности анализа и управления водными ресурсами.



Использованная литература

1. Бочевер Ф. М. Гидрогеологические расчеты крупных водозаборов подземных вод и водопонижительных установок. Стройиздат, 1963.
2. Веригин Н. Н., Саркисян В. С. Метод расчета подземных водозаборов и вертикального дренажа в полуограниченном водоносном пласте. Тр. ВОДГЕО, вып. 13, Гидрогеология. Госстройиздат, 1966.
3. Влюшин В. Е. Метод непрерывного распределения стоков по площади для подсчета пластового давления при разработке крупных нефтяных залежей. Тр. МИНХ и ГП, вып. 55. Изд. «Недра», 1965.
4. Павловская Л.Н. Фильтрационные расчеты водопонижительных установок в строительных котлованах гидротехнических сооружений. Изв. ВНИИ Г им. Веденеева, т. 64, 1960.
5. Хамидов А.А., Худайкулов С.И «Теория струй многофазной вязкой жидкости «ФАН» 2003.140 с.
6. Mirzoev, A.A., Madaliev, M., Sultanbayevich, D.Y., Usmonov A.H. Numerical modeling of non-stationary turbulent flow with double barrier based on two liquid turbulence model // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) 2020-11-04 | Conference paper DOI:10.1109/icisct50599.2020.9351403

ФОРМИРОВАНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Якубов Максидхон Султаниязович; Юлдашов Рахмон Хусанович

ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий профессор,
ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий преподаватель
rahmonyuldashov80@gmail.com

Аннотация: в статье разработаны теоретико-методические положения по формированию основных элементов концептуальной модели производственного менеджмента с учетом типа производства и факторов влияния на ее функционирование, и на их базе предлагается методическая основа системного исследования производственных структур единичного производства, что уточняет и развивает существующие концепции построения бизнес-моделей, предложена концепция интеграции бизнес-процессов предприятия на основе специальной структуры, играющей роль депозитария компетенций, предложена программа трансформаций бизнес-процессов, направленная на организационное развитие предприятия, в рамках которой сформированы поэтапные и окончательные параметры целей и разработаны инструменты их реализации для каждого этапа осуществлены прогноз и согласование основных финансово-экономических показателей уровня развития предприятия и методы контроля.

Ключевые слова: концептуальная модель, бизнес-процессы, менеджмент, трансформация, диверсификация производства, конкурентоспособность, инфраструктура, инжиниринговый центр.

Управление на основе бизнес-модели нацелено на обеспечение реализации повышения конкурентоспособности, то следует интегрировать в модель менеджмента такие элементы и процессы, которые гарантированно обеспечат реализацию замыслов в практический результат, в том числе: структуры, процедуры стратегического планирования развития, бизнес-модель, инновации, подсистемы, отвечающие за осуществление действий, проекты, программы, бизнес-планы.

Необходимо формализовать все бизнес-процессы предприятия, учитывая стоимостной и технологический аспекты. Для выбранного типа предприятия единичного характера организации производства следует общий процесс производства рассматривать в единстве двух структурирующих подпроцессов: производственного и инновационно-проектного, т.е. а) текущего решения производственных целей, б) решения задач подготовки потенциального производства и рынков будущего. Операционный процесс является источником финансирования всех бизнес-процессов предприятия, в том числе и инновационных. Стабильность производства обеспечивает инвестиционную привлекательность предприятия, а инвестиции, как правило, способствуют конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. В этом случае возникает задача трансформации новых процессов в операционные в будущие моменты времени, в соответствии с жизненным циклом новых изделий. Следовательно, системной задачей управления предприятием выступает требование организационного развития на основе процессов производства и инноваций. Приоритет в принятии управленческих решений должен быть за следующими процессами:



- эволюционное развитие предприятия, в рамках которого фронтально изменяются все системные элементы и сама организационная структура, сохраняя и усиливая эффективное функционирование и решение всех задач управления, в которых могут корректироваться целевые установки в зависимости от изменения конъюнктуры рынка;

- построение особой системы управления единичным производством, направленной на эффективное решение задач обеспечения стабильности производства в рамках разработанной бизнес-модели;

- перестройка актуальной производственной структуры в процессную с учетом разделения общего процесса управления на два независимых, но взаимосвязанных процесса – инновационного и операционного;

- использование в модели управления специальных алгоритмов формирования, регистрации и замены рутин рабочих процессов всех уровней (организационное обучение, формирование человеческого капитала, инновации).

Необходимо формировать параметры целевого имиджа предприятия, т.е. комплекса его стратегических характеристик и показателей, сформировавшихся в результате реализации программы преобразований.

Создать бизнес-модель как интегрирующее начало в цепочке образования ценности, определяющей конкурентное поведение фирмы в сложившихся условиях внешней среды.

На рисунке 1 показаны выделенные главные элементы производственной системы, которые организационно составляют основу современного предприятия, способного решать задачи конкурентной борьбы и развития.

Нами предлагаются следующие теоретико-методические положения по совершенствованию бизнес-процессов предприятия:

- усиление роли стратегического планирования за счет подсистем учета и формирования ресурсов (имеются в виду рутины, динамические способности и компетенции), структурирования цепочки ценности и включения в процессы планирования участников цепи ценности;

- изменение принципов формирования цели, усиление необходимости системного развития конкурентоспособности корпорации;

- разработка стратегии и механизма ее реализации;

- создание подразделения по формированию человеческого капитала, которое будет служить ядром формирования ключевых организационных компетенций;

- структурирование инновационных процессов и создание базы НИОКР с соответствующей инфраструктурой внедрения, производства и продвижения на рынках.

Для отражения основных ценностей, принципов и приоритетов развития на объекте исследования разработана и реализуется политика в области качества. Разработаны процессы П1 – «Анализ, составление, заключение договоров по поставке оборудования», П2 – «Управление проектами», П3-КО – «Проектирование и разработка конструкторской документации новых агрегатов», П3-ТДМ – «Проектирование ТДМ», П4 – «Технологическая подготовка производства», П5 – «Закупки», П7 – «Управление производством», а также процедуры управления ими.

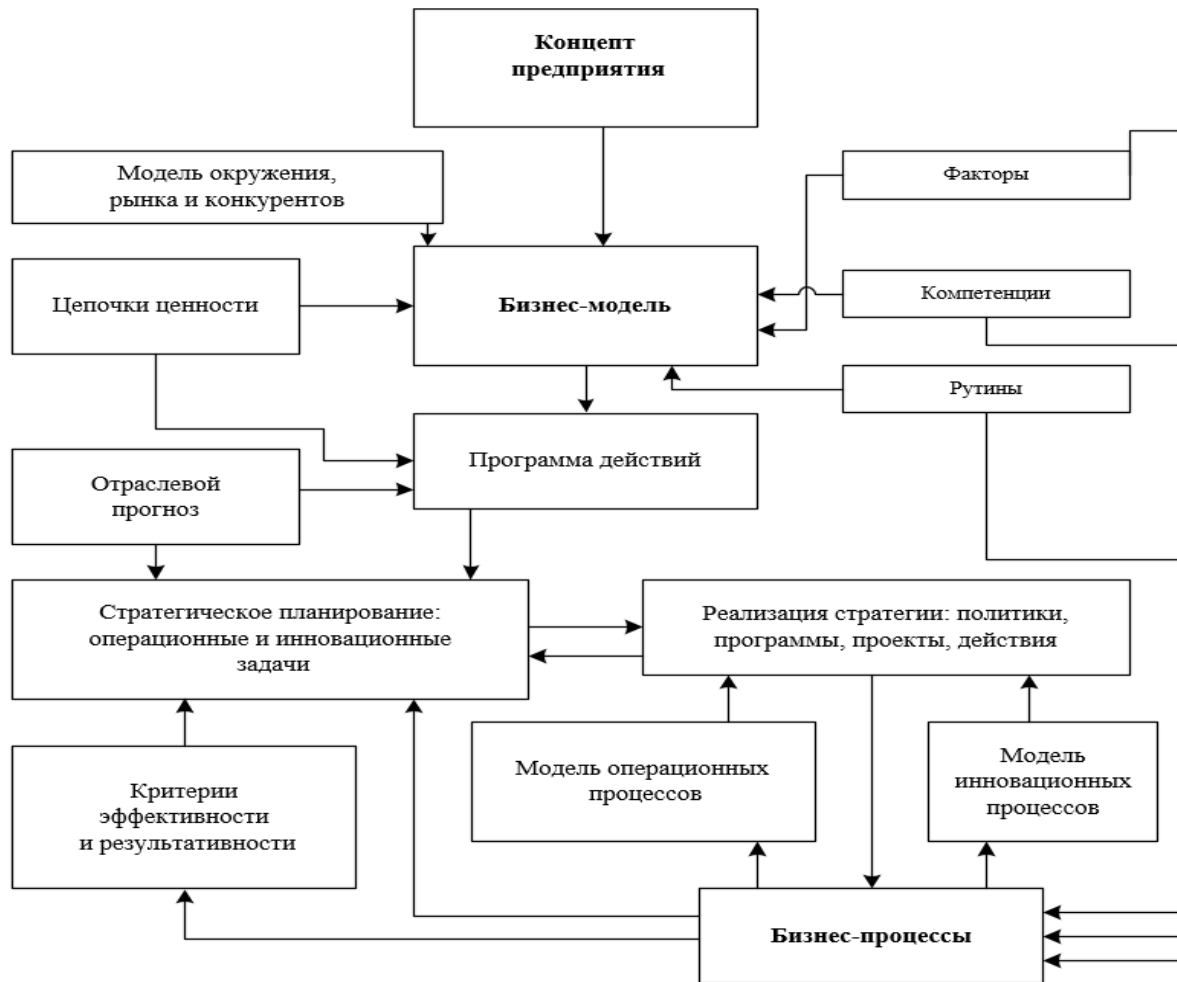


Рис. 1. Основные элементы модели производственного менеджмента при формировании бизнес-модели

Как показали наши исследования, основной проблемой предприятия является внутренняя среда, особенно в части структуры и потенциала таких процессов, как (П4) «Технологическая подготовка производства», (П5) «Закупки», (П7) «Управление производством». Оценка менеджментом предприятия невыполнения плана производства строится не на анализе причин, а на анализе следствий. Как мы считаем, называемые причины, такие как недопоставки ма-териалов, задержки платежей, несвоевременный запуск производства, на самом деле являются следствием низкой организации производственных процессов и некачественного менеджмента, нежеланием видеть реальные проблемы и выстраивать работу по-новому, отходя от уже неэффективных рутинных процессов. Например, очевидно, что предприятию не хватает мощностей в процессах подготовки производства и в процессе самого производства. Однако процедурные и технологические процессы не проанализированы и нет предложений со стороны руководства предприятия об оптимизации структуры этих процессов. Анализ показал, что ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» необходимо новое лабораторное и конструкторско-технологическое оборудование и современные информационные технологии для своевременного и качественного оформления заказов и технологической документации. В среднем из всех поступающих заявок на продукцию предприятия (котлы и другое оборудование), выполняется



не более 18–25%. Оставшиеся 75% заявок – это огромный потенциал производства и развития. Причина такого положения, по мнению топ-менеджмента предприятия, в том, что многие заявки не соответствуют продукции, которая включается в производственную программу. Однако, как представляется, при минимальной диверсификации производства, учитывая научно-производственный потенциал предприятия, производственный опыт и ресурсы, предприятие способно освоить практически любой спектр энергетического оборудования. Остальные бизнес-процессы, такие как «Анализ, составление, заключение договоров по поставке оборудования», «Управление проектами», «Проектирование и разработка конструкторской документации новых котлов», «Проектирование ТДМ», вполне соответствуют заявленным целям и параметрам предприятия.

В этом контексте необходимо модернизировать те бизнес-процессы, которые определяют производственно-инновационный потенциал. Это особенно важно для типа организации производства ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI», который по своей сути является инновационным, поскольку большинство заказываемой продукции носит уникальный характер и каждый раз проектируется заново перед запуском в производство.

Модернизация взаимодействия основных бизнес-процессов существующей оргструктуры осуществляется на основе интеграции бизнес-процессов путем специального интегратора, роль которого будет осуществлять инжиниринговый центр. Инжиниринговый центр – это накопитель организационных компетенций, база опытно-конструкторских разработок и технологической подготовки производства разноплановых изделий.

С этой целью предлагается бизнес-процессы П3, П5 и П7 структурировать вокруг инжинирингового центра, основной целью которого будет решение инновационных задач технико-технологической, организационной подготовки производства, обеспечение эффективной диверсификации производственной программы и достижение финансово-экономических результатов, а именно:

- формирование современной материально-технологической базы исследований и разработок в области энергомашиностроения и энергоэффективных технологий;
- обеспечение своевременной и качественной документацией производственных процессов по изделиям, включаемым в производственную программу;
- формирование кадрового потенциала в области конструирования, технологии и материалов для изделий энергомашиностроения;
- обеспечение коммерциализации результатов исследований и разработок в области энергомашиностроения и энергоэффективных технологий.

Создание инжинирингового центра будет способствовать привлечению сторонних специалистов других предприятий и ученых из университетов для консультирования по проблемным вопросам. Основными предпосылками создания инжинирингового центра являются актуальные задачи интеграции научного и инженерного персонала предприятия, занятого в разных бизнес-процессах, координация деятельности групп, создаваемых под решение конкретных задач создания инновационных изделий и производств.

Предполагается, что современный парк уникального аналитического, испытательного и технологического оборудования станет основой технического обеспечения инжинирингового центра. Инжиниринговый центр обеспечит инновационное развитие, выполнение научно-исследовательских и проектных работ по освоению новой продукции за счет локализации

функций по разработке, проектно-технологическому сопровождению и опытному производству новых продуктов операции в рамках самостоятельного подразделения (рис. 2).

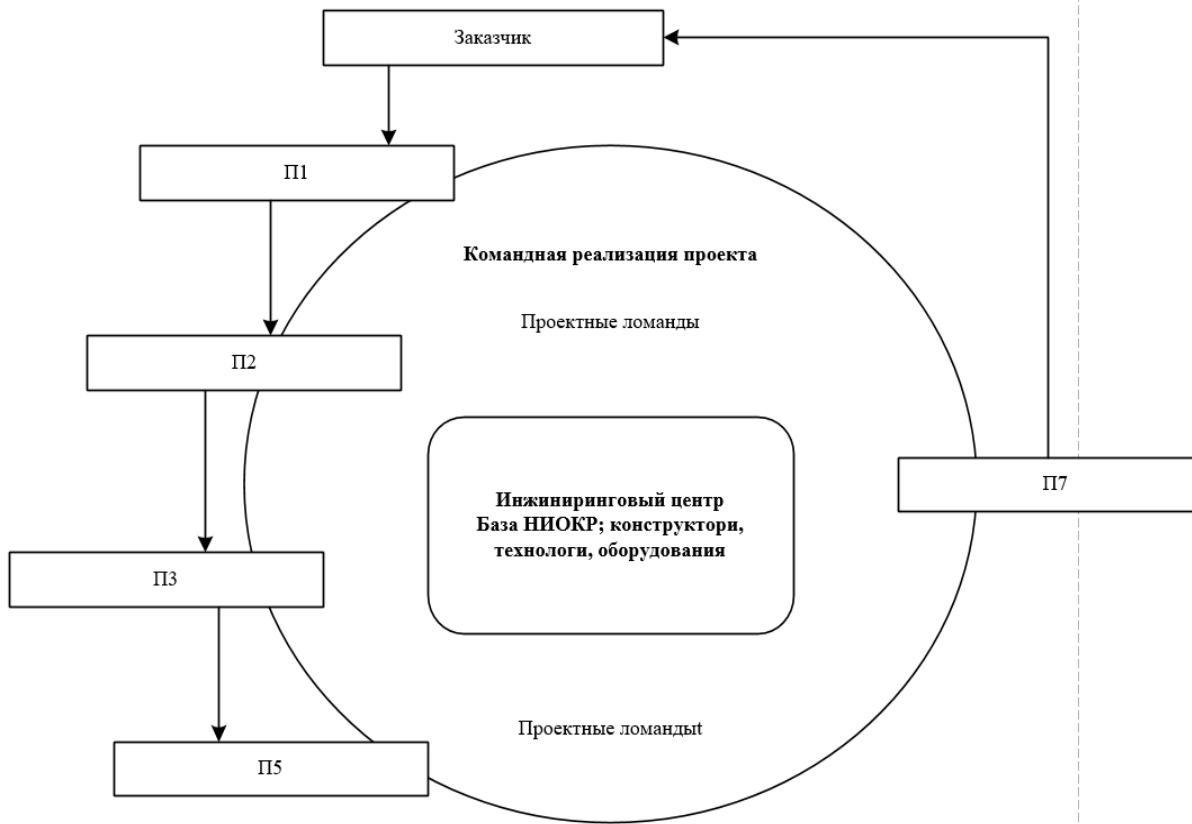


Рис. 2. Концепция интеграции бизнес-процессов предприятия с единичным характером производства

Руководителем инжинирингового центра может быть, как заместитель директора по производству, главный инженер, так и главный конструктор. Помимо выполнения перечисленных функций управления, переданных в инжиниринговый центр, необходимо перепроектировать подчиненность ряда отделов согласно матричной организационной структуры, например, опытно-инструментальные цеха, аналитические службы изучения рынка и форсайта, конструкторские подразделения и отделы проектирования.

Технологические процессы в инжиниринговом центре следует осуществлять через малые проектные группы, основными функциями которых будет:

- 1) аудит производственного и инновационного потенциала предприятия для идентификации возможных перспективных проектов, направлений развития бизнеса в аспекте инноваций и технологий;
- 2) инструментальная, техническая поддержка освоения нового производства, разработка регламентов, нормативов, различных требований и стандартов качества, а также опытное производство, испытания и контроль.

Для поступающих заказов формируются команды подготовки и реализации контракта на заказываемые изделия, в состав команд будут входить работники бизнес-процессов и персонал инжинирингового центра. Такие команды будут фактически центром ключевых компетенций и инженерного обеспечения каждого проекта.



Модернизацию проблемных бизнес-процессов ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» необходимо осуществить с использованием стратегического плана. Содержательной частью стратегии реорганизации ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» будет качественное обновление производственного потенциала, что позволит увеличить мощность предприятия; в свою очередь, инжиниринговый центр обеспечит инновационное развитие, выполнение научно-исследовательских и проектных работ по освоению новой продукции. Выполнение большего объема заказов увеличит операционную прибыль и размер инвестируемого капитала.

Основная проблема ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» заключается в том, что освоение новой продукции чрезвычайно затруднено вследствие стратегии сокращения издержек. Данная стратегия послужила толчком к сокращению подразделений, в первую очередь, по разработке, проектированию новых продуктов. В настоящее время данная стратегия является неэффективной, поскольку затрудняет предприятию выход на путь инновационного развития. Нами предложена стратегия развития ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» на долгосрочный период (пять лет). Этапы программы развития предприятия представлены на рисунке 3. Разработанная стратегия предусматривает реализацию процессов диверсификации, повышения количества заключаемых контрактов на поступающие заказы.

Согласно стратегическому плану вначале предусматривается активизация процессов диверсификации, повышения количества заключаемых контрактов на поступающие заказы. С этой целью нами сформирована модернизированная бизнес-модель, модифицирована организационная структура, осуществлен ряд мероприятий, связанных с обновлением технологического оборудования и обучением персонала. Показаны принципы формирования бизнес-модели, реорганизации бизнес-процессов и осуществлены расчеты, по оценке экономической эффективности внедряемых предложений.

Процессы формирования производственной программы в части выбора номенклатуры изделий подробно описаны. Базой номенклатурного портфеля является заказ, получаемый из двух источников – сложившихся ранее и новых. Рассматривали движение заказа с момента получения до его разработки, производства и реализации как цепь стоимости. Как указано в исследовании, базовым фактором увеличения объема продаж является повышение процента заключенных договоров от числа поступивших заявок. Показано, что экстенсивная программа увеличения числа заключенных договоров (без использования инжинирингового центра и командной организации труда) требует больших капиталовложений и малоэффективна. Обоснование эффективности предлагаемых рекомендаций показано на примере модельного эксперимента.

Информационная база моделирования полностью сформирована на основании фактической отчетности, бизнес-процессов ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI».

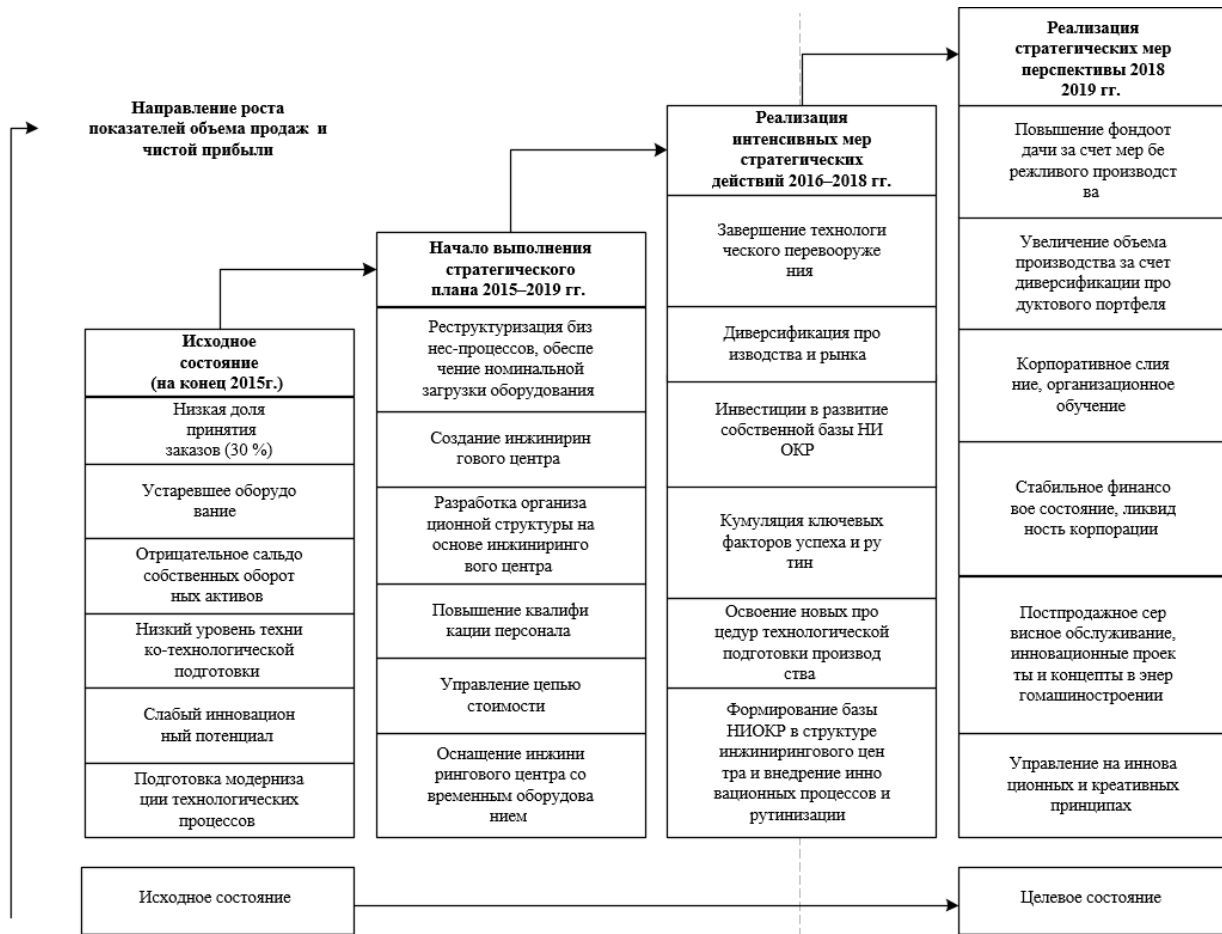


Рис. 3. Основные элементы программы стратегического развития ООО «OLTINSOY AVTO BO'YOQLARI».

Общее описание модели:

Используя модель Хиггинса, балансовые соотношения основных показателей, характеристические показатели качества активов, строится прогнозная финансовая модель для каждого варианта увеличения объема продаж (модель представлена в таблице 1).

Описание вариантов. Каждый вариант представлен стратегией увеличения количества заключаемых договоров и повышения качества активов, которые изменяются в результате создания инженерингового центра.

В таблице 1 представлена структура финансовой модели, состоящая из 17 математических соотношений.

Таблица 1 – Экономико-математические соотношения для построения прогнозной финансовой модели

1. Отчет о прибылях и убытках:	
1) REV(выручка от реализации) = прогноз пользователя = $a_1 \cdot REV_0$	
2) CGS (себестоимость реализованной продукции) = $a_2 \cdot REV$	
3) Валовая прибыль (убыток) = $REV - CGS$	
4) Прочие доходы = $a_1 \cdot \text{прочие доходы} (-1)$	
5) Прочие расходы = $a_1 \cdot \text{прочие расходы} (-1)$	
6) INT (проценты к уплате) = $a_3 \cdot Debt$	



7) TAX (текущий налог на прибыль) = $a_4 \cdot (\text{REV} - \text{CGS} + \text{прочие доходы} - \text{прочие расходы} - \text{INT})$
8) NET (чистая прибыль (убыток)) = $\text{REV} - \text{CGS} + \text{прочие доходы} - \text{прочие расходы} - \text{INT} - \text{TAX}$
2. Отчет о движении денежных средств:
Поступления денежных средств:
NET (чистая прибыль (убыток))
9) DEP (амортизация) = $a_5 \cdot \text{VOA}$
10) Денежный поток от основной деятельности = $\text{NET} + \text{DEP}$
11) ΔDebt (кредит) = $\Delta \text{NWA} + \text{CAP} - \text{NET} - \text{DEP}$
Отток денежных средств:
12) ΔNWA (прирост чистого оборотного капитала) = $\text{NWA} - \text{NWA}_0$
13) CAP (инвестиции) = $\text{DEP} + \text{VOA} - \text{VOA}_0$
3. Бухгалтерский баланс:
Активы
14) NWA (чистые оборотные активы) = $a_1 \cdot \text{NWA}_0$
15) VOA (основные средства) = $a_1 \cdot \text{VOA}_0$
Обязательства
16) Debt (кредит) = $\Delta \text{Debt} + \text{Debt}_0$
17) Et (собственный капитал) = $\text{Et}_0 + \text{NET}$

Для расчета параметров модели используются балансовые соотношения, что необходимо для построения прогнозных форм финансового плана компании, переменные варианты моделирования представлены в таблице 2.

Описание: уравнение (1) определяет объем реализации, исходя из стоимостных параметров, установленных менеджментом.

Уравнения (2), (4), (5), (14) и (15) представляют себестоимость реализованной продукции, прочие доходы и расходы, собственные оборотные активы и основные средства в некоторой пропорции от начального объема реализации (базовый период). Остальные соотношения показывают зависимости выплат процентов по кредитам с суммой задолженности (6), величину налога на прибыль (7), начисление амортизационных отчислений (9).

На вводе в этой модели шесть параметров: прогноз сбыта (REV) и 5 коэффициентов:

- a_1 – прогноз пользователя (темп роста выручки);
- a_2 – доля себестоимости в выручке от реализации продукции;
- a_3 – ставка процента за пользование кредитом;
- a_4 – ставка налога на прибыль;
- a_5 – норма амортизации.

Базовые значения параметров взяты из баланса предыдущего периода. Эти данные являются постоянными, а не переменными величинами.

Таблица 2 – Переменные вариантов моделирования

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Вариант 1							
Общее количество заявок	375	375	375	375	375	375	375
Количество заключенных договоров	48	56	60	75	79	94	113
Процент заключенных договоров	0,128	0,15	0,16	0,2	0,21	0,25	0,3
Уровень качества активов	1	1,05	1,06	1,15	1,15	1,18	1,2
Вариант 2							
Общее количество заявок	375	375	375	375	375	375	375
Количество заключенных договоров	48	56	64	79	94	113	120
Процент заключенных договоров	0,128	0,15	0,17	0,21	0,25	0,3	0,32
Уровень качества активов	1	1,05	1,07	1,17	1,18	1,19	1,2
Вариант 3							
Общее количество заявок	375	375	375	375	375	375	375
Количество заключенных договоров	48	53	60	75	105	113	150
Процент заключенных договоров	0,128	0,14	0,16	0,2	0,28	0,3	0,4
Уровень качества активов	1	1,03	1,04	1,16	1,17	1,18	1,25

Уровень качества активов (табл. 2) формируется в соответствии с про-граммой стратегического развития ООО «OLTINSOY AVTO BO'YOQLARI» (рис. 3), в рамках которой предполагается повышение качества технологий, приобретение нового лабораторного оборудования, повышение квалификации инженерного персонала. Интегрально это отражается коэффициентом качества активов.

Процент заключенных договоров определяется менеджментом предприятия, остальные параметры таблицы 2 являются расчетными.



Уровень качества активов в структуре моделирования играет роль увеличения процента отдачи от базового года, это вполне допустимый методический подход, позволяющий достаточно точно прогнозировать процент заключенных договоров. Также в рамках моделирования нами принято оценивать объем продаж путем умножения количества заключенных договоров на среднюю стоимость заявки. Различие вариантов определяется разными стратегиями повышения качества активов.

Таким образом, первый вариант отражает плавное наращивание внеоборотных активов без значительного изменения численного состава рабочих, ориентирован на постепенное повышение производительности труда за счет изменения условий работы инженерного персонала и нового оборудования.

Второй вариант направлен на более агрессивное повышение количества заключаемых договоров за счет качественного изменения структуры активов, улучшения базы НИОКР и привлечения новых сотрудников. Динамика изменения интегральных показателей по стратегиям представлена в таблице 2, показан рост заключаемых договоров и качества активов.

Третий вариант – наиболее затратный по инвестициям: предполагается резкое усиление технологической составляющей инжинирингового центра и самой командной организации реализации заявок. Характеристика варианта также представлена в таблице 2.

Увеличение продаж, как известно, вызывает изменение активов предприятия, что необходимо учитывать в рамках моделирования. Ранее было сказано, в модели прогноза установлены математические соотношения между объемом продаж и остальными финансово-экономическими показателями (табл. 1).

С использованием алгоритма моделирования, информационной базы, соотношений проведен числовой эксперимент.

План эксперимента состоял в следующем: рассчитываем начальные параметры моделирования (базовый уровень качества активов, количество выполненных заявок), затем определяем основные финансово-экономические показатели по всем вариантам стратегического развития предприятия, далее рассчитываем чистую приведенную стоимость вариантов и выбираем оптимальный по выбранному критерию.

Результатами эксперимента должны стать на весь период моделирования по годам: 1) прогноз балансов и финансовых показателей; 2) оценка стратегий инвестирования по показателям срока окупаемости, NPV; 3) рекомендации для принятия решений по выбору оптимальной стратегии развития промышленного предприятия, что достигается системным учетом эндогенных и экзогенных параметров и переменных, взаимовлияния инновационного и операционного процессов.

Сводные результаты расчетов по вариантам моделирования по годам представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сводные результаты эффективности вариантов моделирования

Вариант моделирования, показатель	Код	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Всего
Чистая прибыль по вариантам, мил.								
Вариант без ИЦ (ИЦ0)	ЧПиц0	39529	-10340	-63033	-	-	-	-
					147466	289515	437368	908193
Создание ИЦ1 (ИЦ1)	ЧПиц1	215920	266661	558067	629436	858279	1127104	3655467
Создание ИЦ2 (ИЦ2)	ЧПиц2	215920	300888	630618	812830	1046251	1225212	4231720
Создание ИЦ3 (ИЦ3)	ЧПиц3	166717	218924	572084	844424	1000517	1633228	4435894
Чистая приведенная стоимость, NPV, мил.								
ИЦ1	NPV _{иц1}	-	-76120	177893	398276	629436	862945	862945
		233908					5	
ИЦ2	NPV _{иц2}	-	-55867	231169	515763	797549	1051384	1051384
		233908					84	
ИЦ3	NPV _{иц3}	-	-	118178	413834	683303	1021669	1021669
		271756	142215				69	
Срок окупаемости, РР, лет								
ИЦ1	РР _{иц1}	3,30						
ИЦ2	РР _{иц2}	3,31						
ИЦ3	РР _{иц3}	3,55						

Заключение

Предложено модернизировать бизнес-процессы, которые определяют производственно-инновационный потенциал, так как единичный тип организации производства по своей сути является инновационным, поскольку большинство заказываемой продукции носит уникальный характер и каждый раз проектируется заново, перед запуском в производство. Предлагается бизнес-процессы подготовки производства и само производство встроить в инжиниринговый центр, основной целью которого будет решение инновационных задач технико-технологической, организационной подготовки производства, обеспечение эффективной диверсификации производственной программы и достижение финансово-экономических результатов.



Предложена программа стратегического развития ООО «OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI» на основе инжинирингового центра и концепция интеграции бизнес-процессов предприятия с единичным характером производства.

Разработана и реализована модель прогноза объема продаж, позволяющая оценивать варианты качественной модернизации активов предприятия с целью увеличения числа заключенных договоров.

Литература

1. Болденков, А.В. Совершенствование управления производственной системой за счет применения бизнес-моделей / А.В. Болденков // Ежемесячный научный журнал Научного института глобальной и региональной экономики. – Новосибирск, Научный институт глобальной и региональной экономики (НИГ-РЭ). – 2015. – №5(12). – С. 19–22. – 0,3 п.л.

2. Yuldashov R, Ochilov Sh. “Elektron tijoratning asosiy modellari va tamoyillari” “Aniq va tabiiy fanlarni rivojlantirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni: Muammo va innovatsion yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. Farg‘ona 4-5-oktyabr, 2024-yil. 623-626 bet.

3. Yuldashov R, Ochilov Sh. “Application of digital technologies in electronic commerce information exchange processes” “Aniq va tabiiy fanlarni rivojlantirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni: muammo va innovatsion yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. Farg‘ona 4-5-oktyabr, 2024-yil. 655-659 bet.

4. Yuldashov R.H., Azimova U.A. “Алгоритмическое обеспечение рекомендательных систем в сфере электронной коммерции”. Jizzax sambhram universiteti NTM. “Ilm-fan taraqqiyoti: Innovatsion yondashuvlar va strategik tahlillar” mavzusida xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. Jizzax 2024-yil 11-noyabr 134-136 bet.

5. Yuldashov R, Fayzullayev Sh. “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy amaliy va axborot tahliliy jurnali” “Marketing technologies in the implementation of electronic commerce goods and services” 2024 S1 (17).

6. Yuldashov R.H., Xurramova R.I., “Elektron tijoratda axborot xizmatlari majmuasini boshqarish”, “Raqamli Transformatsiya va Sun‘iy Intellekt ilmiy jurnali”, ISSN: 3030-3346 VOLUME 3, ISSUE 2, APRIL 2025-yil.

7. Yakubov M.S., Yuldashov R.H., Elektron tijorat tizimlarini strategik boshqarishning instrumental vositalari. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filiali “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Tom: 1 | Son: 1 | 2025-yil, 128-136.

TASVIRDA OBEKTLARNI TANIB OLISHDA YUZAGA KELADIGAN MUAMMOLAR VA ULARNI BARTARAF ETISHNING ZAMONAVIY YECHIMLARI

Ashrabxodjayeva N.A.; Umarov M.A.; Ramatov I.

University of Management and Future Technologies

muhriddin.umarov.1992@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tasvirda obektlarni tanib olish jarayonida uchraydigan asosiy muammolar - shovqin, yoritishning o'zgarishi, okklyuziya, turli masshtab va burchaklarda ko'rinishi hamda ma'lumotlar to'plamining cheklanganligi - ilmiy-nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqotda zamonaviy chuqur o'rganishga asoslangan detektorlar haqidagi adabiyotlar sharhi berildi va real vaqt rejimi uchun tezkor bir bosqichli modellarning ustunliklari asoslandi. Amaliy qismda YOLOv5 bazaviy modeli bilan taqqoslaganda shovqinga nisbatan barqarorlikni oshirishga qaratilgan taklif etilgan yechim sinovdan o'tkazildi: kirish tasvirlarini oldindan qayta ishlash hamda ma'lumotlarni sun'iy boyitish orqali model o'qitilib, "salt-and-pepper" shovqini 0-60% diapazonida o'zgarganda aniqlash aniqligi baholandi. Natijalarga ko'ra, 50% shovqinda taklif etilgan usul 75% aniqlikka erishib, bazaviy YOLOv5 natijasidan taxminan 15 foiz punkt yuqori ko'rsatkich qayd etdi; tizimning ishlash tezligi esa amaliyot talablariga mos ravishda taxminan 55 FPS atrofida saqlandi. Olingan xulosalar O'zbekiston sharoitida video kuzatuv, intellektual transport, sanoat va tibbiy tasvir tahlili kabi yo'nalishlarda barqaror va tezkor kompyuter ko'ruvi yechimlarini joriy etish uchun uslubiy va amaliy tavsiyalar sifatida taklif etildi.

Kalit so'zlar: kompyuter ko'rish, obektni aniqlash, chuqur o'rganish, CNN, YOLO, shovqin, okklyuziya, data augmentation, real-time.

Kirish

Zamonaviy davrda sun'iy intellekt texnologiyalari barcha sohalarga jadal kirib kelmoqda. Xususan, kompyuter ko'ruvi va tasvirlarni avtomatik tahlil qilish masalalari dunyo miqyosida dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Tasvirlarda obektlarni tanib olish texnologiyasi hayotimizning turli jabhalarida - avtonom transport vositalari, video kuzatuv tizimlari, tibbiy tasvirlarni tahlil qilish, sanoat robototexnikasi va boshqa ko'plab yo'nalishlarda keng qo'llanilmoqda. Jahonda bu yo'nalishda ulkan yutuqlarga erishilmoqda: prognozlariga ko'ra, 2030-yilga borib sun'iy intellektning jahon iqtisodiyotidagi bozori hajmi 20 trillion AQSh dollaridan oshishi kutilmoqda. Shuningdek, axborot oqimining keskin ortishi bilan bir soniyada internetga minglab fotosurat va videolar yuklanmoqda, bu esa tasvirlarni avtomatik qayta ishlashga bo'lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

O'zbekiston sharoitida ham tasviriy ma'lumotlardan samarali foydalanish muhim vazifa hisoblanadi. Mamlakatimizda raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt sohasini rivojlantirish davlat siyosati darajasiga ko'tarilgan. Prezident Shavkat Mirziyoyev ta'kidlaganidek, "bugun insoniyat yangi sivilizatsiya bosqichiga - sun'iy intellekt davriga dadil qadam qo'ymoqda. Qaysi soha bo'lmasin, kim bu jarayonda qattiq izlanib, aniq natija qilsa, bir qadam oldinda yursa, marra shuniki bo'ladi", degan fikrlar ushbu yo'nalishning naqadar dolzarb ekanini ko'rsatadi [1]. Darhaqiqat, sun'iy intellekt davrida tasvirlarda obektlarni avtomatik aniqlash va tanib olish texnologiyalarini rivojlantirish nafaqat jahon miqyosida, balki O'zbekiston uchun ham ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Keltirilgan faktlar va mulohazalar mazkur maqola mavzusining bugungi kundagi dolzarbligini ko'rsatadi. Quyida tasvirlarda obektlarni tanib olish jarayonida uchraydigan muammolar va ularni



bartaraf etishning zamonaviy yechimlari batafsil tahlil qilinadi. Avvalo, soha bo'yicha ilgor xorijiy, rus va o'zbek olimlarining ilmiy qarashlari va yondashuvlari adabiyotlar sharhida ko'rib chiqiladi, shuningdek, muallifning fikrlari bildiriladi. So'ngra olib borilgan tadqiqotlarning natijalari original sxemalar, jadval va misollar yordamida bayon etilib, ularning muhokamasi beriladi hamda asosiy xulosalar keltiriladi.

Tadqiqotning maqsadi – tasvirda obektlarni aniqlashdagi yuqori xavfli muhit omillari ta'sirini pasaytirishga qaratilgan amaliy yechimlarni asoslash va ularni zamonaviy detektorlar bilan qiyosiy baholashdan iborat. Maqolada kirish qismida muammo qo'yilib, keyingi bo'limlarda usullar, natijalar va ularning muhokamasi IMRaD standartida bayon etiladi.

Adabiyotlar sharhi

So'nggi yillarda tasvirlarda obektlarni aniqlash algoritmlarini ishlab chiqishda chuqur o'rganish yondashuvi tufayli sezilarli yutuqlarga erishildi. Konvolyusion neyron tarmoqlar paydo bo'lishi turli xalqaro PASCAL VOC, ImageNet va MS COCO kabi ma'lumotlar to'plamlarida obektlarni aniqlash aniqligi va samaradorligini keskin yaxshilagan. Masalan, Dhillon va Verma tadqiqotida konvolyusion neyron tarmoqlarni qo'llash natijasida tasvirlarni tanib olish sifat ko'rsatkichlari sezilarli oshgani ta'kidlanadi. Shunga qaramay, obektlarni cheklanmagan muhitda aniqlash hali ham qiyin vazifa bo'lib qolmoqda [2]. Cheklanmagan muhit deganda, yorug'lik sharoiti o'zgaruvchan, obektlarning fazoviy holati turlicha, o'zaro to'silishlar mavjud, obektlar deformatsiyaga uchrashi yoki har xil masshtabda bo'lishi, shuningdek, fonning notekis va tartibsiz bo'lishi kabi holatlar tushuniladi.

Bu omillar obektlarni aniqlash algoritmlarining ishlashiga jiddiy ta'sir ko'rsatib, yuqori aniqlikka erishishni qiyinlashtiradi. Ayniqsa uchuvchisiz apparatlar yordamida olingan raqamli tasvirlar uzatish jarayonida shovqin tufayli sifatining yomonlashishi kuzatiladi. Bizning fikrimizcha, ana shunday noqulay sharoitlarda barqaror ishlay oladigan aniqlash usullarini yaratish hozirgi tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biridir.

Obektlarni tasvirlarda aniqlash masalasi bo'yicha ilmiy adabiyotlarda bir qator yondashuvlar taklif qilingan. An'anaviy yondashuvlarda tasvirdagi obektni topish uchun avval qo'lda belgilangan xususiyatlar va klassifikatorlar qo'llanilar edi. Masalan, Haar kaskad va SIFT kabi usullar ma'lum andozalar yordamida obektlarni izlashga asoslangan [3]. Keyinchalik, chuqur o'rganishga asoslangan algoritmlar paydo bo'ldi va ular obektlarni aniqlashda yuqori natijalar bera boshladi. Xususan, 2014 yilda Ross Girshick va hamkorlari tomonidan taklif qilingan R-CNN modeli tasvirdan potensial obekt hududlarini ajratib, so'ng ularni neyron tarmoq yordamida tasniflash konsepsiyasini ilgari surdi. R-CNN ikki bosqichli obyekt aniqlash tizimi bo'lib, birinchi bosqichda mintaqaviy takliflar generatsiya qilinadi, ikkinchi bosqichda esa har bir hudud alohida konvolyusion neyron tarmoq orqali tanib chiqiladi [4]. Ushbu yondashuv aniqlikni oshirgan bo'lsa-da, hisoblash xarajatlari yuqori va ishlash tezligi sekin edi.

Keyingi yili takomillashtirilgan Fast R-CNN hamda 2015 yilda Faster R-CNN usullari taklif qilinib, ikkinchi bosqichda region takliflarini tezkor generatsiya qilish uchun alohida tarmoq - Region Proposal Network joriy etildi. Natijada ikki bosqichli detektorlar ichida aniqlik va ishlash tezligi nisbatan muvozanatlashdi.

Biroq ikki bosqichli usullarning murakkabligi va sekinligi tadqiqotchilarni bir bosqichli detektorlar tomon yo'naltirdi. Bunday yondashuvda tasvir to'g'ridan-to'g'ri neyron tarmoqqa berilib,

u bir pasda bir nechta obektlar joylashuvi va sinfini aniqlab beradi. 2015 yilda Joseph Redmon va boshqalar tomonidan taklif qilingan YOLO algoritmi ana shunday yondashuvning yorqin namunasi bo'lib, u butun tasvirni bitta neyron tarmoqda tahlil qilib, obektlarning chegaralovchi ramkalarini va ularning sinf ehtimollarini to'g'ridan-to'g'ri hisoblab chiqdi. YOLO modelining asosiy afzalligi - ishlash tezligining keskin oshgani: bazaviy YOLO modeli Titan X GPU da sekundiga taxminan 45 kadr (FPS) tezlikda ishlashga erishgan, uning soddalashtirilgan Fast YOLO varianti esa 155 FPS gacha yetgan [5].

1-jadval.

COCO ma'lumotlar to'plamida obektni aniqlash usullarini taqqoslash

Usul	O'rtacha aniqlik (AP)	Tezlik (FPS)
R-CNN	53.3	0.5
Fast R-CNN	70.0	5
Faster R-CNN	73.2	7
YOLOv5	75.0	56.5
SSD	72.1	19
RetinaNet	74.8	12

Jadval ma'lumotlari – COCO to'plamidagi sinov natijalariga ko'ra, Faster R-CNN kabi ikki bosqichli detektorlar odatda yuqoriroq AP qiymatiga erishadi, ammo YOLOv5 va SSD kabi bir bosqichli detektorlar sezilarli darajada tez ishlaydi (FPS yuqori) va shu sababli real vaqt ilovalari uchun afzalroqdir.

Bu esa real vaqt rejimida video oqimini sezilarli kechikishsiz tahlil qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, YOLO modeli aniqlik bo'yicha ham o'sha davrdagi real vaqt detektorlaridan ikki baravar yuqori o'rtacha aniqlik ko'rsatkichlarini qayd etgan. One-stage detektorlarga yana SSD va RetinaNet usullarini misol keltirish mumkin. SSD usuli bir nechta o'lchamdagi default ramkalar orqali turli masshtabdagi obektlarni bir passda aniqlashni takomillashtirgan bo'lsa, RetinaNet modeli focal loss funksiyasini joriy etib, kichik obektlarni aniqlashdagi nomutanosiblik muammosini hal etishga xizmat qildi [6].

Jadvalda keltirilgan AP va ko'rsatkichlari amaliyotda obektni aniqlash sifatini kompleks baholash uchun ishlatiladi: ular odatda IoU me'yori bo'yicha to'g'ri topilgan ramkalar ulushiga tayanadi. IoU quyidagicha aniqlanadi:

$$\text{IoU} = S(A \cap B) / S(A \cup B)$$

Precision (aniqlik):

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP)$$

Recall (to'liqlik):

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN)$$

Metrikalari orqali modelning yolg'on pozitiv (FP) va yolg'on negativ (FN) xatolari tahlil qilinadi. Biz ham tadqiqotda natijalarni talqin qilishda ushbu standart ko'rsatkichlarga suyardik.



Tadqiqot usullari

Maqola doirasida tasvirlarda obektlarni aniqlash borasida bir qator amaliy tajribalar o'tkazilib, muallif tomonidan taklif etilgan yechimlar sinovdan o'tkazildi. Tadqiqotimizning asosiy maqsadi - yuqorida qayd etilgan muammolarni bartaraf etishga qaratilgan holda, mavjud algoritmlarni takomillashtirish va ularning barqarorligini oshirishdan iborat bo'ldi. Quyida dastlab tadqiqot modeli arxitekturasi va ishlash bosqichlarini ko'rsatamiz, so'ng tajriba sinovlari natijalarini keltiramiz.

Biz ishlab chiqqan tizim arxitekturasi shartli ravishda bir necha bosqichga bo'linadi. Dastlabki bosqich - ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash, bunda kirish tasviri hajmi va formati model talablariga moslashtiriladi, shuningdek, shovqinni filtrlatsiya qilish va kontrastni normallashtirish kabi amallar bajariladi. Keyingi bosqichda qayta ishlangan tasvir konvolyusion neyron tarmoqqa uzatiladi. Model tasvirni to'liq kiritma sifatida qabul qilib, uning ichida bir yo'la bir nechta obekt bor-yo'qligini, ularning joylashuvi va sinfini aniqlaydi. Neyron tarmoqning chiqish qatlami aniqlangan obektlar uchun chegaralovchi ramkalar koordinatalari va ularning sinfga oid ehtimollarini qaytaradi. So'nggi bosqich - natijalarni post-processing qilish, bunda model topgan ramkalar orasida takrorlar bo'lsa NMS usuli bilan qisqartiriladi, fon elementlari bilan bog'liq yolg'on aniqlanishlar filtrlanadi va yakuniy yorliqlar obyektarga birlashtiriladi.

Taklif etilgan model va usullarni baholash uchun bir nechta sinovlar o'tkazildi. Sinovlar davomida turli sharoitlarda modelning aniqlik ko'rsatkichlari o'lchandi va boshqa usullar bilan solishtirildi. Jumladan, modelning shovqinli tasvirlarda ishlashi alohida tahlil qilindi. Sinov uchun original tasvirlarga sun'iy ravishda "salt-and-pepper" usulida shovqin qo'shib borildi (0% dan 60% gacha ehtimollikda) va har bir holatda modelning aniqlash aniqligi o'lchandi. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Sinov dizayni nazoratli tarzda tashkil etildi: (a) shovqinga barqarorlikni baholash uchun bir xil test-rasmlarga "salt-and-pepper" shovqini bosqichma-bosqich qo'shildi (0% dan 60% gacha); (b) ko'p obektli sahnalarda 2-3 tadan maqsad obektlari mavjud bo'lgan holatlarda to'liq deteksiya ehtimoli hisoblandi; (v) burchak invariantligini tekshirish uchun obektlar 0° , 90° , 180° va 270° burchaklarga aylantirildi. Taklif etilgan yechimning asosiy yangiligi - o'qitish jarayonida shovqinli misollar hissasini oshiruvchi ma'lumotlarni sun'iy boyitish hamda inferens vaqtida oldindan filtrlash/normallashtirish bosqichini kiritish orqali detektorning barqarorligini kuchaytirishdir. Hisoblash samaradorligi FPS orqali, ya'ni bir soniyada qayta ishlanadigan kadrlar soni bo'yicha baholandi.

3. Tajriba natijalari

Jadval izohi: ko'rinib turibdiki, shovqin darajasi oshgani sayin standart YOLOv5 modelining aniqlik ko'rsatkichi pasayib bormoqda (masalan, 50% shovqinda atigi 60% obekt to'g'ri aniqlangan). Taklif etilgan takomillashtirilgan usul esa shovqinga nisbatan nisbatan bardoshlidir: xususan, 50% shovqinda uning aniqligi 75% ni tashkil etib, oddiy modelga nisbatan taxminan 15% yuqori natija ko'rsatdi. Ushbu usulning muvaffaqiyati biz foydalangan bir nechta strategiyalar bilan bog'liq: birinchidan, modelni o'qitishda ma'lumotlarga sun'iy shovqinlar qo'shib augmented tarzda o'qitildi, bu esa neyron tarmoqni shovqinli tasvirlarga chidamli qildi; ikkinchidan, tasvirga oldindan filtrlash bosqichi qo'shib, unda tasvirdagi shovqinning bir qismi bartaraf etildi.

Yana bir tajribada bir tasvirda bir nechta obektlar bo'lgan holatlardagi aniqlash natijalari tahlil qilindi. Buning uchun sinov tasvirlarga 2 va 3 tadan maqsad obektlar joylashtirilib, modelning ularni

to'liq aniqlash-aniqlamasligi o'lchandi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan yondashuv bir nechta obekt mavjudida ularning barchasini to'g'ri topish ehtimoli 95–97% atrofida bo'ldi (masalan, 2 obekt bo'lganda 97% aniqlik, 3 obekt bo'lganda taxminan 95%). Solishtirish uchun, klassik SIFT + SVM usuli xuddi shu tasvirlarda atigi 80% gacha aniqlik ko'rsatdi - ba'zi holatlarda u bir nechta obektlardan faqat bittasini topa oldi xolos. Demak, taklif etilayotgan yechim ko'p obektli sahnalarda ham ishonchli deteksiya qila oladi.

2-jadval.

Turli shovqin darajalarida obektni aniqlash aniqligi (YOLOv5 va taklif etilgan usul)

Shovqin ehtimoli	YOLOv5 aniqligi (%)	Taklif etilgan usul aniqligi (%)
0%	100	100
5%	100	100
10%	98	100
20%	90	95
40%	78	90
50%	60	75
60%	40	58

Olib borilgan eksperimentlar davomida modelning boshqa qator xususiyatlari ham sinovdan o'tkazildi. Jumladan, obektlar turli burchaklarda aylantirilganda aniqlash sifati baholandi. Bizning model oldindan ma'lumotlarni ko'paytirish jarayonida turli burchakka aylantirilgan obektlar bilan o'qitilgani bois, test vaqtida obektning qaysi burchakda turganini deyarli ahamiyatsiz qoldirdi - aniqlik dastlabki holat bilan deyarli bir xil (98–100%) darajada saqlanib qoldi. Masalan, 0°, 90°, 180° va 270° burchakka aylantirilgan bir xil obekt tasvirlari uchun model birdek taxminan 99% ishonchlilik bilan to'g'ri aniqladi.

Ta'kidlash joizki, odatiy CNN modellari o'qitish ma'lumotlarida mavjud bo'lmagan burchakka duch kelsa, aniqlik ancha pasayishi mumkin edi; bizning yondashuvda esa maxsus ma'lumotlar tayyorlash orqali bu muammo bartaraf etildi. Bizningcha, kelgusida obekt holati va ko'rinishi keskin farq qiladigan holatlar uchun ham maxsus augmentatsiya strategiyalarini qo'llash ushbu yondashuvning ajralmas qismi bo'ladi.

3-jadval.

Obektni tanib olishdagi asosiy muammolar va tavsiya etiladigan yechimlar (umumlashtirish)

Muammo	Algoritmgaga ta'sir mexanizmi	Zamonaviy yechimlar (amaliy tavsiya)
Yoritish o'zgarishi	Kontrast/gradientlar o'zgaradi, FP/FN ko'payadi	Avto-normallashtirish, HDR/CLAHE, brightness/contrast augmentation
Shovqin (uzatish, sensor)	Xususiyatlar buziladi, mayda obektlar yo'qoladi	Denoising filtrlari, shovqinli augmentation, robust loss
Okklyuziya (to'silish)	Obektning qismi ko'rinmaydi, ramka noaniqlashadi	FPN/multi-masshtab featurelar, instance segmentation, tracking
Masshtab va burchak	Obektning ko'rinishi keskin o'zgaradi	Multi-scale training, rotation augmentation, anchor tuning



Fon murakkabligi	Fon teksturasi obektga o'xshab ketadi	Hard negative mining, focal loss, context modules
Domen almashinuvi	Yangi kamera/shaharda statistika o'zgaradi	Transfer learning, domain adaptation, qayta fine-tuning

Yuqoridagi natijalar asosida taklif qilingan usulning samaradorligi bir qator mezonlar bo'yicha tasdiqlandi. Avvalo, u murakkab sharoitlarda an'anaviy modellarga nisbatan yuqori aniqlikni saqladi. Ikkinchidan, real vaqt rejimidagi ishlash tezligi ham deyarli pasaymadi – kiritma tasvir o'lchami kichikroq qilib normallashtirilganligi va model arxitekturasi optimallashtirilganligi sabab, tizim o'rtacha 55 FPS tezlikda ishlashga erishdi. Bu ko'rsatkich oddiy YOLOv5 modelining tezligiga deyarli teng bo'lib, takomillashtirishlar hisobiga kechikishlar kiritilmaganini bildiradi. Demak, bizning yondashuv aniqlikni oshirar ekan, tezlik bo'yicha ham zamonaviy talablarni qondira oladi.

4. Xulosa

Tasvirlarda obektlarni tanib olish sohasida olib borilgan ushbu tadqiqot natijasida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi.

Birinchidan, muammolar tahlili shuni ko'rsatdiki, obektlarni avtomatik aniqlash jarayonida asosiy qiyinchiliklar - tasvir sifatining turlicha bo'lishi, yorug'likning noqulayligi, obektlarning qiyin sharoitlarda joylashuvi, shuningdek, ma'lumotlar to'plamining cheklanganligi va neyron modelning umumlashmasligi kabi omillardan iborat.

Ikkinchidan, zamonaviy yechimlar ahamiyati shundaki, chuqur o'rganish va konvolyusion neyron tarmoqlar obektlarni tanib olish masalasini sifat jihatdan yangi bosqichga olib chiqdi. CNN asosidagi ikki bosqichli detektorlar an'anaviy usullar bilan solishtirganda aniqlikni ancha oshirdi. Bir bosqichli detektorlar esa aniqlik bilan bir qatorda yuqori tezlikka erishib, real vaqt rejimini ta'minlashga muvaffaq bo'ldi.

Uchinchidan, taklif etilgan usulning samaradorligi shovqinli, murakkab va ko'p obektli sahnalarda yuqori aniqlikni saqlashi hamda real vaqt tezligida ishlashi bilan tasdiqlandi. Modelni o'qitishda ma'lumotlarni sun'iy boyitish va oldindan qayta ishlash strategiyalaridan foydalanish uni turli salbiy omillarga nisbatan chidamli qildi.

To'rtinchidan, tadqiqot natijalari sanoat, xavfsizlik tizimlari, transport, tibbiyot va boshqa ko'plab yo'nalishlarda kompyuter ko'ruvi texnologiyalarini joriy etish uchun amaliy va uslubiy tavsiyalar berishi mumkin. Kelgusida adversarial himoya, domenlararo moslashuv va integratsiyalashgan ko'ruv-mantiq tizimlari kabi masalalarni yanada chuqur o'rganish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. Sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish yangi bosqichga olib chiqiladi // O'zbekiston Respublikasi Prezidentining rasmiy veb-sayti, 21.10.2025 y. (president.uz)president.uz.
2. Dhillon A., Verma G.K. Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection // Progress in Artificial Intelligence. – 2020. – Vol. 9, No. 2. – P. 85–112.
3. Modullaev J. Obyektlarni tanib olish uchun chuqur o'rganish algoritmlari // Noviy Uzbekistan: nauka, obrazovanie i innovatsii. – 2024. – № 1(1). – B. 198–201 inlibrary.uz.
4. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object



detection and semantic segmentation // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2014. – P. 580–587.

5. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 779–788 cv-foundation.org.



MURAKKAB REV LARINI MODELLASHTIRISH MASALALARIDA INTELLEKTUAL USLUBLAR

Aripova M.X.¹, Ibragimova B.B.², Baymatova N.T.³

¹ Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası; maxpuza1963@gmail.com

² Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası; barno7710@gmail.com

³ Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası;

yarashbekyusupov@mail.ru

Annotatsiya: Murakkab radioelektron vositalarini konstruksiyalarini yaratish jarayonlarida qo'llaniladigan modellarni yaratish uchu o'lchashlar natijalariga intellektual ishlov berish uslublarini qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: radioelektron vosita, modellashtirish, evristik uslub, intellektual taxlil, mashinali o'qitish, neyron tarmoq, klasterlash.

Kirish

Radioelektron qurilmalarni ishlab chiqarish hozirgi davrda juda yuqori sur'atlarda rivojlanmoqda. RE vositalarining zamonaviy rivojlanish bosqichlari ularning funksional murakkabligi, integratsiya darajasi, tezkorligi va elementlar bazasining issiqlik ajratishining oshib borishi bilan xarakterlanadi. Bularning hammasi qurilma konstruksiyasining murakkablashib ketishiga, ishlab chiqarishga va ishlash samaradorligiga bo'lgan talablarni oshib ketishiga olib keladi. Konstruktorlik-loyihalash ishlarini tezlashtirish va loyihalaniyotgan mahsulot narhini arzonlashtirish, asosan tipli bazaviy konstruksiyalardan foydalanish va loyihalashga intellektual uslublarni qo'llash hisobiga amalga oshiriladi.

Asosiy qism

Intellektual usullardan foydalangan holda murakkab radioelektron vositalarini modellashtirish — bu ularni loyihalash yoki modernizatsiya qilish maqsadida o'rganilayotgan tizimlarga xususiyatlar va qonuniyatlarni aniqlashga qaratilgan jarayondir. Ko'p hollarda intellektual uslublar evristik holatlar hisoblanadi va to'liq matematik asoslangan hisoblanmaydi, ko'pgina holatlarda aniq natijalarni olish imkoniyatini bermaydi.

REVlarini modellashtirish uchun quyidagi modellardan foydalaniladi:

Mashina orqali o'qitishga asoslangan modellar, ularga neyron tarmoqlari, daraxt yechimlari, o'z-o'zini tashkil etuvchi belgilar kartasi, assotsiativ modellar kiradi. Bunday modellar sonli masalalarni, sinflanish, klasterlash va assitsiatsiya masalalarini yechish imkoniyatlarini beradi.

Tuzilgan ma'lumotlar bazalarini tahlil qilish - modellashtirishda ko'rib chiqilgan ob'ektlar doirasini cheklash va yechim tanlashda ortiqcha miqdorni kamaytirishga imkon beradi.

O'lchashlar natijasi bo'yicha olingan ma'lumotlarga ishlov berish - intellektual usullar, ayniqsa, to'liq bo'lmagan va noto'g'ri ma'lumotlar sharoitida, to'sqinlik qiluvchi omillar ta'sirida, modellar asosida nazorat o'lchovlari natijalarini tahlil qilishga yordam beradi.



yoziq va birlashtirishni o'z ichiga olgan bir qator asosiy tamoyillarni o'z ichiga oladi. Bu esa, murakkab REVlarini modellashtirishda, modellashtirishda ko'rib chiqiladigan ob'ektlar doirasini cheklash va shu bilan yechim tanlashda haddan oshib ketishni kamaytirish uchun tuzilgan ma'lumotlar bazalarini (ma'lumotlar bazalarini) tahlil qilishga asoslangan intellektual sistemalardan foydalanish maqsadga muvofiq ekanligini anglatadi. Eng istiqbolli-bu REVsining strukturali sintez bosqichlarda, ayniqsa lo'yihaning dastlabki bosqichlarida intellektual modellashtirish usullarini qo'llash, shuningdek, tarkibiy parametrlarning tarqalishini va beqarorlashtiruvchi omillarning mavjudligini hisobga olgan holda turli xil rejimlarda loyihalash ob'ekti parametrlarini hisoblash va tahlil qilish hisoblanadi.

Murakkab REVlarini modellashtirish masalalarida intellektual uslublar.

Murakkab REVni ishlab chiqarishning har bir bosqichida, gibrid va monolit integral mikrosxemalardan tortib to kompleksgacha, asosiy boshqariladigan parametrlar ajratiladi, bu esa optimal o'lchov hajmida texnik shartlar talablariga to'liq mos keladigan tayyor mahsulotni ishlab chiqish, sozlashning to'liq siklini ta'minlashga imkon beradi. Bunda xar bir bosqichda, nostabillovchi faktorlar (harorat, namlik, radiatsiya, tebranishlar, zarb yuki va b.) uchun sinashlar o'tkazishda avtomatlashtirilgan o'lchash komplekslari va apparaturalaridan foydalaniladi. REVsini ishlab chiqarishda o'lchashlar soni 10-15 millindan oshib ketishi mumkin. Shuning uchun submodullardan boshlab REVlarigacha bo'lgan ish joylari avtomatlashtirilgan o'lchashlarni amalga oshiruvchi va ma'lumotlar bazalarini shakllantiruvchi ma'lumotlarni ro'yhatga oluvchi apparaturalar bilan ta'minlangan bo'lishi kerak.

Murakkab REVlarni modellarini, elektrodinamik va zanjirlar nazariyasidan foydalanib yaratishda, ayniqsa nostabillovchi faktorlarni hisobga olganda, modellashtirish, matematik jihatdan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi, bu esa vaqt va inson omillari mehnatini sezilarli miqdorda talab etadi. Shu sababli, radioelektron qurilmalarni modellashtirishdagi dolzarb vazifa, to'liq bo'lmagan yoki noto'g'ri ma'lumotlarni, har xil turdagi shovqinlarning ta'sirini va hisobga olish qiyin bo'lgan omillar ta'sirlari nazorat o'lchovlari natijalarini tahlil qilish usullarini topishdir.

Ushbu muammoni hal qilishdagi yo'nalishlardan biri bo'lib, modellashtirishning mashinali o'rganish algoritmlari va uslublariga asoslangan intellektual modellashtirish uslublaridan foydalanish hisoblanadi. Ma'lumki ko'p hollarda modellashtirishning intellektual usublari evristik hisoblanadi, ya'ni to'liq matematik asoslanmagan va aniq hisoblashlar o'tkazish imkoniyati bo'lmasa ham, amaliy ahamiyatga ega bo'lgan, aksariyat hollarda maqbul natijaga erishishga imkon beradi. Shu bilan birga, ular sezilarli darajada kamroq mehnat talab qiladi, tadqiqotchi uchun juda shaffof va tadqiqotni avtomatlashtirish uchun ajoyib imkoniyatlarni taqdim etadi. Evristik modellarning kamchiliklari orasida qarorlarning nisbatan past aniqlikka egaligi va noaniqligi, shuningdek, dastlabki ma'lumotlarga kuchli bog'liqligi kiradi.

REVlarni modellashtirishda qo'llaniladigan intellektual usullar. Katta strukturali ma'lumotlar to'plamlarini tahlil qilishda qo'llaniladigan evristik modellarning eng ko'p qo'llaniladigan turlari neyron tarmoqlar (NT), qarorlar daraxtlari, o'z-o'zini tashkil etuvchi xususiyatlar xaritalari, assotsiativ modellar va boshqalar kabi mashinalarni o'rganishga asoslangan modellardir.

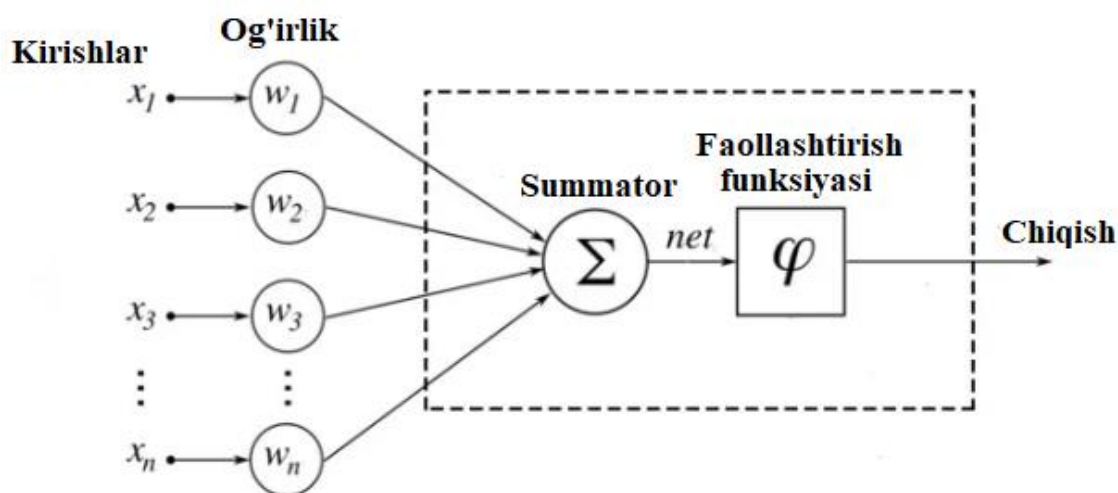
Ushbu modellar intellektual deb ham ataladi, chunki ular sof matematik jihatdan tashqari, tadqiqotchiga yechimni o'z tajribasi va bilimlari bilan to'ldirishga imkon beradi, bu hatto juda yomon rasmiylashtirilgan holatlarda ham yechimlarni olish imkonini beradi. Intellektual modellar raqamli bashorat, tasniflash, klasterlash va assotsiatsiya masalalarini hal qilishga imkon beradi.

Raqamli bashorat murakkab radioelektron tizimlar parametrlari o'rtasidagi uzluksiz bog'liqlikni modellashtirish imkonini beradi, masalan, chiqish quvvati va tizim qurilmalari o'rtasidagi moslik darajasi, gibrid va monolit sxemalarning boshqariladigan parametrlari (faza o'zgartirgichlar, attenuatorlar, kalitlar, kuchaytirgichlar va boshqalar), ish sharoitlari va boshqalar. Bu muammo odatda neyron tarmoq yordamida hal qilinadi.

Neyron tarmoqlari. Ma'lumki, neyron tarmoq - bu sun'iy neyronlar deb ataladigan oddiy hisoblash elementlari to'plami bo'lib, ularning har biri o'z kiritishlarining og'irliklari yig'indisini va natijada olingan yig'indining chiziqli bo'lmagan o'zgarishini amalga oshiradi. Neyron tarmoq modelini qurish ikki bosqichdan iborat bo'ladi:

- model parametrlarini o'rnatish - neyronlar va neyronlararo ulanishlar sonini, chiziqli bo'lmagan konvertor turini aniqlash (faollashtirish funksiyasi) (1-rasm);

- modelni o'rgatish - bu o'rganish algoritmi asosida neyronlararo ulanishlar og'irligini iterativ sozlash, bunda modelning har bir iteratsiyasida o'quv misoli taqdim etiladi.



1-rasm. Neyron tarmoq

Har bir o'quv misoli ma'lumotlar bazasidagi satr bo'lib, u bir o'lchov davomida qayd etilgan REVning kirish va chiqish parametrlarining qiymatlari to'plamini saqlaydi. Neyron tarmog'ini o'qitish algoritmlari odatda gradiyentga asoslangan optimallashtirish usullariga (masalan, eng tik tushish) asoslanadi. O'qitish parametr qiymatlarining berilgan kirish vektoriga modelning javobi haqiqiy kuzatilgan chiqish qiymatiga yetarlicha yaqin bo'lgunga qadar davom etadi (masalan, o'rtacha kvadrat ma'noda). Shuning uchun bu usul "nazorat ostida o'rganish" deb nomlanadi.

Neyron tarmoq modellarining afzalligi shundaki, tadqiqotchi model parametrlarini tanlash va o'quv jarayonini kuzatish orqali kerakli darajadagi aniqlik va umumlashtirish qobiliyatiga erishadi (buzilgan va to'liq bo'lmagan ma'lumotlar bilan ishlash qobiliyati). Bu shuningdek, shunga o'xshash muammolarni hal qilishda ilgari to'plangan tajribadan foydalanishi mumkin. Neyron tarmoq modellarining amaliy qo'llanilishi shundan iboratki, ularga yangi o'lchamda yoki yangi qurilma uchun o'rnatilgan parametr vektorlarini yetkazib berish orqali tarmoq avtomatik ravishda mos keladigan chiqish qiymatini hisoblab chiqadi.

Qaror daraxtlari. REVlarini yoki murakkab texnik sistemalarini modellashtirish uchun, to'liq yoki aniq bo'lmagan ma'lumotlar va yomon rasmiylashtirilgan maqsadlar kontekstida yuqori



o'lchamli ma'lumotlarni tahlil qilish masalalarini yechishda, modelning umumiy xususiyatlarni va tushinarlilikini mutaxassis tomonidan maqsadli o'zgaruvchilarni kategoriyalash hisobiga yaxshilashda ya'ni mantiqiy ravishda muammoni aks ettiruvchi sinflarni shakllantirish, masalan, qurilmalar sinfini aniqlik va ishonchlilik bo'yicha shakllantirish va boshqalarda qo'llaniladi. Siniflash tizimi mutaxassislar tomonidan ishlab chiqiladi va modellashtirish boshlanishidan oldin shakllantirilishi kerak. Qaror daraxtlari - ma'lum bir bargga tayinlangan ob'ekt sinfi shakllanadigan qoidalar va barglarni o'z ichiga olgan tugunlardan tashkil topgan bo'lib, "agar-u holda" induktiv qaror qoidalarining tuzilmalari hisoblanib, ko'pincha intellektual modellardan tasniflash muammolarini hal qilish uchun ishlatiladi. Bunday holda, qoidalar tabiiy tilda shakllantiriladi, bu tadqiqotchiga modeldan nafaqat tasniflagich sifatida foydalanishga, balki model tuzilmasidan foydali bilimlarni olish imkonini beradi ya'ni ob'ekt ma'lum bir sinf bilan bog'langan bargga biriktirilishidan oldin daraxtning ma'lum bir novdasi bo'ylab "o'tgan" qoidalarni kuzatish imkoniyatini yaratadi. Bu qaror daraxtlarini neyron tarmoqlardan ajratib turadi, bu yerda model tuzilmasidan (neyronlararo ulanishlar og'irligi, faollashtirish funksiyasi turi va boshqalar) foydali ma'lumotlarni (verbalizatsiya) olish mumkin emas. Shuning uchun qaror daraxtlari yuqori tushuntirish kuchiga ega, bu esa yuqori o'lchamli ma'lumotlarga asoslangan murakkab tizimlarni modellashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

O'z-o'zini tartibga soluvchi xususiyatli xaritalar. Haqiqiy sharoitlarda (ayniqsa, xalaqit beruvchi omillar ta'sirida) olingan sinov o'lchovlari ma'lumotlariga asoslangan texnik tizimlarni modellashtirish muammolarida ko'pincha maqsadli o'zgaruvchining qiymatlari qisman yetishmayotganligi yoki yetarli darajada aniqlik bilan o'lchanmasligi aniq bo'ladi. Maqsadli o'zgaruvchini umuman aniqlab bo'lmaydigan muammolar bo'lishi mumkin (ya'ni, muammoning mantig'iga ko'ra, chiqish deb hisoblanishi mumkin bo'lgan tizim parametrini tanlash mumkin emas). Bu neyron tarmoqlar va qarorlar daraxtlarini o'z ichiga olgan nazorat ostida o'rganishdan foydalangan holda modellar uchun sinflar yoki maqsadli o'zgaruvchilarni shakllantirishning mumkin bo'lmasligiga olib keladi.

Bunday holda, REVni intellektual modellashtirish uchun klasterlashdan foydalanish qulay hisoblanadi, ya'ni kuzatuvlarning barcha to'plamlarini, ularning har biri qurilmalar yoki umuman tizim parametrlarini bir qator o'lchovlarni ifodalaydigan, klasterlar deb ataladigan bir hil guruhlariga bo'linadi. Klasterlash ko'p o'lchovli fazoda, kuzatish vektorlari orasidagi masofani o'lchash asosida, klaster ichidagi ikkita kuzatish o'rtasidagi farq har doim turli klasterlardan olingan ikkita kuzatish orasidagi farqdan kichikroq bo'lishi tamoyiliga muvofiq amalga oshiriladi. Klasterlash jarayonida maqsadli o'zgaruvchi ishlatilmagani uchun u nazoratsiz o'rganish deb ataladi. Klasterlash natijasi test sinovlarining bir hil guruhlarini yoki bir hil xususiyatlarga va tipik xususiyatlarga ega bo'lgan texnik ob'ektlarni shakllantirishdir (masalan, signalning o'xshash buzilishlari, bir xil sinov sharoitlari, shovqin ta'sirida signal-shovqin nisbatining yomonlashishi va boshqalar). Klasterning xususiyatlarini o'rganib, uning mazmunli talqinini amalga oshirgandan so'ng, tadqiqotchi tizimning ba'zi parametrlarining boshqalarga sifat va miqdoriy ta'siri, ular yuzaga kelgan sharoitlari haqida xulosa chiqarishi va salbiy omillarni bartaraf etish choralarini ishlab chiqishi mumkin. Klaster modelidan amaliy foydalanish uni yangi ob'ektlar yoki kuzatuvlar vektorlari bilan taqdim etishdan iborat bo'lib, u klasterlardan biriga taqsimlanadi, ularning xususiyatlarini ushbu ob'ektga umumlashtirish mumkin.

Ko'p o'lchovli ma'lumotlarni klasterlashning eng kuchli va samarali usullaridan biri bu o'z-o'zini tartibga soluvchi xususiyat xaritalari (Kohonen xaritalari) hisoblanadi. Ular raqobatbardosh o'rganish

(Kohonen algoritmi) yordamida o'qitilgan neyron tarmoqning maxsus turini (Kohonen tarmoqlari) tasvirlaydi. Klaster strukturasi xaritalar to'plami sifatida ifodalanadi, ularning har biri parametrlardan birining taqsimlanishini aks ettiradi, butun to'plam esa klaster tuzilmasi bo'yicha barcha parametrlarning taqsimlanishini aks ettiradi. Kohonen xaritasining asosiy maqsadi ko'p o'lchovli ma'lumotlarni klasterlash natijalarini taqdim etish, klaster xususiyatlarini samarali o'rganish va ularni mazmunli talqin qilish imkonini beradi.

Radioelektron tizimlar uchun intellektual modellashtirish vositalari. Radioelektron tizimlarni modellashtirishning intellektual usullarining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, ular qimmatbaho ixtisoslashtirilgan tizimlardan foydalanishni talab qilmaydi, lekin mashinalarni o'rganish texnologiyalarini amalga oshiradigan dasturiy vositalarning ancha keng tarqalgan sinfi va ular asosida modellarni qurish asosida amalga oshirilishi mumkin. Ushbu dasturiy ta'minot klassi analitik platformalar sifatida tanilgan va ma'lumotlarni intellektual taxlil qilish loyihalarini amalga oshirish uchun mo'ljallangan

Intellektual platformalarning eng tipik ilovalari biznes-tahlil, ishlab chiqarishni boshqarish, iqtisodiyot va moliya, shuningdek, tibbiyot, biologiya, fan va texnologiyada prognozlashdir.

Hozirgi vaqtda intellektual platformalar [1] juda keng tarqalgan bo'lib, ulardan turli ishlab chiqarish sohalarida (Veka, Rapid Miner va boshqalar) va tijoratda (SAS Enterprise Miner, SPSS Data Modeler) foydalaniladi. Bundan tashqari, intellektual modellashtirish modullari MatLab va Statistica kabi ko'pgina zamonaviy kompyuter matematika paketlarida amalga oshiriladi.

Xulosa.

Maqolada murakkab REVlarini ishlab chiqarishda intellektual modellashtirish uslublarini qo'llash imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi murakkab REVlari tarkibidagi qurilmalar parametrlarini nazorat qilib, ularni yaratishga ketadigan sarflarni kamaytirish, parametrlar orasidagi bog'liqlikni intellektual uslublar asosida taxlil qilishdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Арустамов А.И., Васильев Е.П., Орешков В.И. Интеллектуальные платформы – современный инструмент анализа данных в экономике и бизнесе // Дни науки: сб. трудов Международной научно-практической конференции. – Прага, 2012.
2. Котлинский С.В., Храмичев А.А. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: учебное пособие. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2020. 132 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ВОДОЗАБОРОВ В ДОЛИНАХ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ШИРИНЫ

А.Х.Усмонов¹, У.И.Бегимов²

¹ Заведующий кафедрой «Инженерия и цифровые технологии» Университета Сарбон, PhD., alishertuit@gmail.com

² Заведующий кафедрой «Цифровые технологии» Университета Альфраганус, PhD, доцент.
uktam1985begimov@gmail.com

Аннотация: В данной статье представлены методы моделирования работы инженерных коммуникаций и береговых водозаборов, расположенных в долинах значительной ширины. Рассматриваются особенности фильтрационных процессов в условиях полуграничного водоносного пласта, влияние многофазности фильтрующейся жидкости, а также закономерности формирования депрессионных воронок при эксплуатации одиночных и групповых скважин. Особое внимание уделено взаимодействию ряда скважин с речным стоком, замене реальной группы скважин линейной галереей и использованию принципа суперпозиции фильтрационных течений. Приведены аналитические зависимости, позволяющие оценить понижение уровня подземных вод, определить нейтральную линию тока и долю речных вод в суммарном дебите скважины. Полученные результаты имеют практическую ценность при проектировании крупных водозаборов, прогнозировании их влияния на водный баланс реки и оптимизации схем размещения скважин.

Ключевые слова: Береговые водозаборы, подземные воды, полуграничный водоносный пласт, фильтрационные потоки, группа взаимодействующих скважин, галерея скважин, нейтральная линия тока, депрессионная кривая, многофазная жидкость, водопроницаемость, водный баланс реки, радиус влияния скважины.

1. Введение

Эксплуатация подземных вод в долинах рек представляет собой сложный гидрогеологический процесс, в котором существенную роль играют как природные условия, так и особенности инженерных сооружений. В районах значительной ширины взаимодействие грунтовых вод с русловым стоком, неоднородность водоносных толщ, многофазность фильтрующейся жидкости и сложная конфигурация береговой линии создают необходимость применения математического моделирования для точного описания происходящих процессов.

Одним из ключевых вопросов является определение понижения уровня подземных вод при работе одиночных и групповых скважин, а также оценка доли речной воды, поступающей в водозабор. Для решения этих задач используются классические гидродинамические модели, методы зеркального отображения и принцип суперпозиции фильтрационных течений. Кроме того, для упрощения расчетов многорядных систем скважин нередко применяется их замена непрерывной галереей с известным удельным расходом.

Введение математического аппарата позволяет исследовать формирование стационарного режима фильтрации, определить положение раздельной (нейтральной) линии тока, оценить влияние речного стока на водный баланс, а также оптимизировать размещение

скважин в береговых водозаборах. Представленные в статье подходы дают возможность более точно прогнозировать эксплуатационные параметры водозаборов и минимизировать возможное воздействие на гидрогеологическую среду..

2. Основная часть

При рассмотрении вопросов строительства водозаборов учитывается степени фильтрации и состав фильтруемой жидкости как многофазная смесь. В некоторых случаях многофазная смесь может быть описана в рамках одной из известных классических моделей, в которых неоднородность отражается в значениях модулей, коэффициентов сжимаемости, теплоемкостей и т. д. (заранее определяемых через физические свойства фаз), т. е. только в уравнениях состояния смеси. Жидкость с пузырьками может иногда описываться в рамках идеальной сжимаемой жидкости, а грунт - в рамках упругой или упругопластической модели.

При моделировании водозаборов в долинах значительной ширины или «полуограниченном пласте», расчеты водозаборов производятся по формулам, которые легко составляются для одной или первой фазы фильтруемой многофазной жидкости, пользуясь методом многофазных жидкости и сложения фильтрационных течений. Эти формулы получены как предельные, при рассмотрении методики расчета водозаборов в полуограниченных водоносных пластах с учетом частичного их осушения в области выхода на поверхность.[1]. Представляются эти водозаборы в следующем виде [5,6] (рис.1,а).

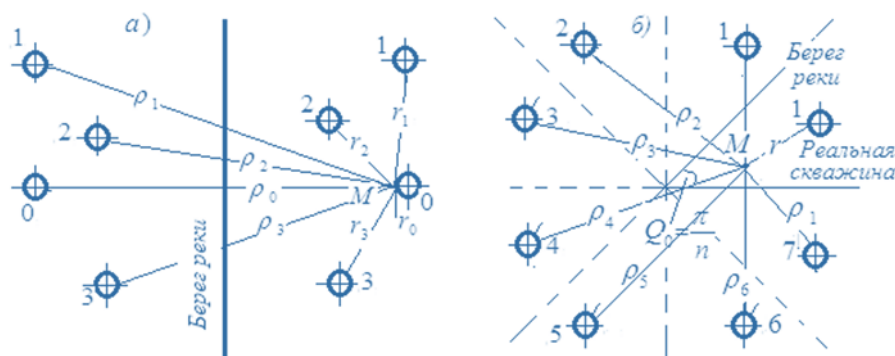


Рис. 1. Схемы к расчёту скважин вблизи реки в долинах весьма значительных (бесконечных) поперечных размеров. а) берег русла реки прямолинейный (полуограниченный пласт); б) берег русла схематически представляется в виде угла (пласт-угол)

Для одиночной скважины:

$$S = -\frac{Q}{4\pi km} [Ei(-\alpha_0) - E(-\alpha')] \quad (1)$$

Или любым образом расположенных взаимодействующих групп скважин при расчетах соответственно имеем: для одиночной скважины: для группы любым образом расположенных взаимодействующих скважин:

$$S = -\frac{Q_0}{4\pi km} [Ei(-\alpha_0) - E(-\alpha')] - \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \sum_{i=1}^n \beta_i [Ei(-\alpha_i) - Ei(\alpha'_i)] \quad (2)$$

В этих формулах

$$\alpha_i = \frac{r_i^2}{4at} \quad \alpha'_i = \frac{\rho_i^2}{4at}$$



r — расстояние точки, в которой определяется понижение уровня S , до реальной скважины,

ρ — то же до зеркального отображения скважины.

При определении понижения уровня в одной из скважин принимаются следующие обозначения:

r_0 - радиус скважины, в которой определяется понижение уровня;

ρ_0 - расстояние от этой скважины до ее зеркального отображения;

r_i и ρ_i - расстояния от той же скважины соответственно до всех взаимодействующих с ней реальных скважин и их зеркальных отображений;

$Q_0, Q_i (i = 1, 2, \dots, n)$ — расход каждой скважины, $Q_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n Q_i$ — суммарный расход всех скважин;

$\beta_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{сум}}}$ ($i = 1, 2, \dots, n$), где n — число взаимодействующих скважин. Значок показывает, что из суммы исключается скважина, в которой определяется понижение уровня.

При длительных откачках, когда $\frac{\rho_{i\text{max}}^2}{4at} < 0,05 - 0,1$, из зависимости (2) получаем хорошо известную формулу Форхгеймера для стационарных условий:

$$S = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\rho_0}{r_0} + \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \sum_{i=1}^n \beta_i \ln \frac{\rho_i}{r_i} \quad (3)$$

При откачке из одной скважины второй член в правой части уравнений (2) и (3) исключается, а при определении уровня в точке, удаленной от всех скважин, первый член выпадает. В связи с извилистостью береговой линии реки и наличием меандр нередко бывает целесообразно принимать в схеме контур пласта в виде некоторого угла. В этом случае, если считать угол равным

$$\theta = \frac{\pi}{n},$$

где n — целое положительное число ($n = 1, 2, 3, \dots$), формула для расчета скважин может быть выражена следующим образом:

$$S = -\frac{Q_0}{4\pi km} Ei(-\alpha) + \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \sum_{i=1}^{2n-1} (-1)^i Ei(-\alpha'_i) \quad (4)$$

При $n=1$ она становится идентичной формуле (1) (для одиночной скважины, т. е. без суммы в правой части), а при $n=2, \theta_0 = \frac{\pi}{2}$, кроме реальной скважины следует учитывать три зеркальных отображения, что соответствует схеме «пласта-квадранта» [2]. При длительных откачках вместо формулы (4) имеем:

$$S = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\rho_1 \cdot \rho_3 \cdots \rho_{2n-1}}{r_0 \cdot \rho_2 \cdots \rho_{2n-2}} \quad (5)$$

При большом числе скважин, расположенных параллельно реке в удалении от нее на расстоянии L , для расчета можно использовать зависимость, получающуюся при замене реального ряда скважин галереей с погонным расходом

$$q_0 = \frac{Q_{\text{сум}}}{2l}$$

где $Q_{\text{сум}}$ - суммарный расход скважин; l — полудлина галереи. При этом, используя известное решение из теории теплопроводности для бесконечной линейной системы постоянно действующих источников и применяя зеркальное отображение [1], получим:

$$S = \frac{Ql}{2km\sigma} \sqrt{F_0} \left(\operatorname{ierfc} \frac{|1-\bar{x}|}{2\sqrt{F_0}} - \operatorname{ier} \frac{1+\bar{x}}{2\sqrt{F_0}} \right) \quad (6)$$

Здесь ierfcz — функция, определяемая по таблице и графику. [1], $\bar{x} = \frac{x}{L}$, $F_0 = \frac{at}{L^2}$.

При длительных откачках формула (6) принимает следующий вид:

$$S = \frac{Qx}{2km\sigma}$$

(7)

При определении понижения уровня непосредственно в скважинах ряда, а также в точках, отстоящих от ряда в глубь берега, при $x \geq L$

$$S = \frac{QL}{2km\sigma} \quad (8)$$

Для определения понижения уровня в скважинах ряда к выражению (8) следует добавить величину дополнительного сопротивления, определяемого в зависимости от размеров скважин, степени их несовершенства и расстановки в пределах ряда. При этом получим:

$$S = \frac{Q}{2km\sigma} \left(\frac{\pi}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi r_0} + \zeta \right) \quad (9)$$

где ζ — поправка на несовершенство скважины, r_0 — радиус скважины.

Во всех приведенных здесь формулах: σ — половина расстояния между скважинами

($\sigma = \frac{l}{n-1}$, l — половина длины ряда, n — общее число скважин).

При действии береговых водозаборов фильтрация со временем приобретает установившийся характер, кривая изменения уровня подземных вод в этих условиях довольно быстро выполаживается и становится параллельной оси абсцисс (рис. 1). В соответствии с этим прогнозы на длительные эксплуатационные периоды практически следует производить по формулам (3), (5) и (7) - (9) для стационарного потока.

При устройстве крупных водозаборов подземных вод в долинах с постоянно действующим речным стоком часто возникает вопрос о том, в какой мере эксплуатация таких водозаборов может отразиться на общем водном балансе реки.



При оценке суммарных ресурсов подземных вод в пределах крупных речных бассейнов необходимо учитывать, что изъятие подземных вод в размерах, обеспечиваемых инфильтрацией атмосферных осадков и поступлением воды из поверхностных источников, приведет к соответствующему уменьшению открытого водного стока. Однако при устройстве водозаборов на локальных участках влияние эксплуатации подземных вод на открытый водный сток должно оцениваться в зависимости от конкретных гидрогеологических и гидрологических условий, схемы размещения водозаборных сооружений, длительности их эксплуатации и т. д. [4].

Для выявления некоторых общих закономерностей рассмотрим простейшую схему фильтрации при откачке из скважины вблизи реки с учетом естественного берегового потока подземных вод [1,6]. Составим следующее уравнение:

$$S = S_{скв} + S_e = -\frac{Q}{4\pi km} Ei\left(-\frac{r^2}{4at}\right) + Ei\left(-\frac{\rho^2}{4at}\right) + \frac{q_\sigma}{km}$$

где q_σ — бытовой расход подземного потока,

$$r^2 = y^2 + (x_0 - x)^2$$

$$\rho^2 = y^2 + (x_0 + x)^2$$

Составляющая скорости фильтрации по координате x

$$g_x = -k \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{Q}{2\pi m} \left(\frac{x_0 - x}{r^2} e^{-\frac{r^2}{4at}} + \frac{x_0 + x}{\rho^2} e^{-\frac{\rho^2}{4at}} \right) - \frac{q_\sigma}{m} \quad (10)$$

Здесь m — мощность пласта

При более или менее длительных откачках (когда $\frac{\rho^2}{4at} < 0,05 - 0,1$) формируется квазистационарный режим фильтрации и можно принимать

$$g_x \approx \frac{Q}{2\pi m} \left(\frac{x_0 - x}{r^2} + \frac{x_0 + x}{\rho^2} \right) - \frac{q_\sigma}{m} \quad (11)$$

Приравнивая нулю это выражение, нетрудно получить координату точки разветвления потока, через которую проходит линия, ограничивающая область питания скважины. При этом можно представить себе такие случаи [2,3].

1. Расход скважины целиком обеспечивается фильтрацией из реки (рис.5,а).

2. Расход скважины обеспечивается притоком подземных вод только со стороны берега (рис. 5, б). Раздельная точка (максимум кривой депрессии) находится между скважиной и рекой. Координаты раздельной точки:

$$x_m = \sqrt{x_0 \left(x_0 - \frac{Q}{\pi q_\sigma} \right)} \quad y_m = 0, \quad Q < \pi x_0 q_\sigma \quad (12)$$

3. Расход скважины обеспечивается береговым потоком, но раздельная точка смещается к реке (касается ее, рис.1).

$$y_m = x_m = 0, \quad Q = \pi x_0 q_\sigma \quad (13)$$

4. Расход скважины обеспечивается береговым потоком подземных вод и фильтрацией из реки. В данном случае образуются две отдельные точки, координаты которых:

$$x_m = 0, y_m = \sqrt{x_0 \left(\frac{Q}{\pi q_\sigma} - x_0 \right)} \quad Q > \pi x_0 q_\sigma \quad (14)$$

Через отдельную точку проходит так называемая отдельная или «нейтральная» линия тока, ограничивающая область питания скважины. Уравнение функции тока ψ легко получить из (11), используя известное соотношение Даламбера — Эйлера:

$$\psi = -\int \mathcal{G}_x dy = \frac{Q}{2\pi} \left(\arctg \frac{y}{x_0 - x} + \arctg \frac{y}{x_0 + x} \right) - q_\sigma y + C \quad (15)$$

Полагая $\psi = 0$ при $x = 0$, получаем $C = 0$. Тогда, задаваясь любым значением y и $\psi = \frac{Q}{2}$, можно из (15) найти координаты x отдельной линии тока.

Величина расхода из реки Q_p определяется по тому же выражению (15):

$$Q_p = 2m \int_0^{y_m} \mathcal{G}_x|_{x=0} dy$$

Подставляя сюда значение \mathcal{G}_x по (2.10), получим интеграл:

$$Q_p = \frac{2Q}{\pi} \int_0^{y_m} \frac{e^{\frac{1+z^2}{4at}}}{1+z^2} dz - 2q_\sigma y_m \quad (15a)$$

В первой схеме, при $q_\sigma = 0$ (рис.1,а), теоретически фильтрация из реки происходит на фронте бесконечно большой протяженности ($y_m = \infty$).

В этом случае следует учитывать, что в реальных условиях фильтрация из реки может осуществляться лишь на ограниченных участках. Это связано с извилистостью русел, их заиленностью и частой сменой водопроницаемых русловых отложений водоупорными породами.

При длительных откачках, пользуясь в качестве исходной формулой (11), можно получить следующее выражение для расхода из реки [2,8]:

$$Q_p = \frac{2Q}{\pi} \arctg \frac{y_m}{x_0} - 2q_\sigma y_m \quad (16)$$

Здесь y_m определяется по формуле (14). Ширина «зоны захвата» берегового потока $B = 2y_m$ находится из следующего балансового соотношения;

$$Q_p = \frac{2Q}{\pi} \arctg \frac{y_m}{x_0} + 2(B - y_m)q_\sigma$$

Решая это последнее уравнение относительно B , получаем:

$$B = \frac{Q}{\pi q_\sigma} \arctg \frac{x_0}{y_m} + y_m \quad (17)$$



Для иллюстрации в табл. 1. приведены результаты расчета Q_p , y_m и B при некоторых значениях x_0, Q, q_σ .

Таблица 1.

	$x_0, м$	$Q, м^3/сутки$	$q_\sigma, м^2/сутки$	$y_m, м$	$B, м$	$Q_p, м^3/сутки$	$(Q_p/Q) \cdot 100\%$
1.	50	1000	0,2	279	981	786	78
2.	50	1000	0,6	156	645	625	62
3.	50	1000	1,0	117	494	518	51
4.	200	826	0,2	472	1997	427	52
5.	200	826	0,6	218	1071	184	22
6.	200	826	1,0	112	722	8	10

$$Q_p = Q \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{2\sqrt{F_0}} \right). \quad (18)$$

Пример расчета по формулам (14), (17) и (18). Мы видим, что доля речных вод в общем расходе скважины может быть весьма существенной.

3. Результаты

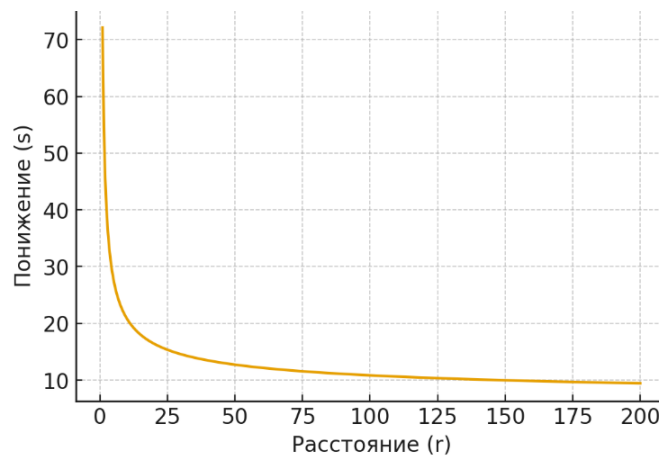


Рис. 2. График понижения уровня для одиночной скважины

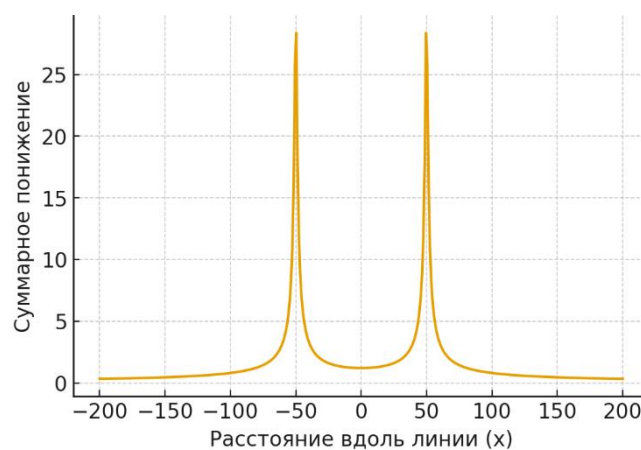


Рис. 3. График суперпозиции взаимного влияния двух скважин

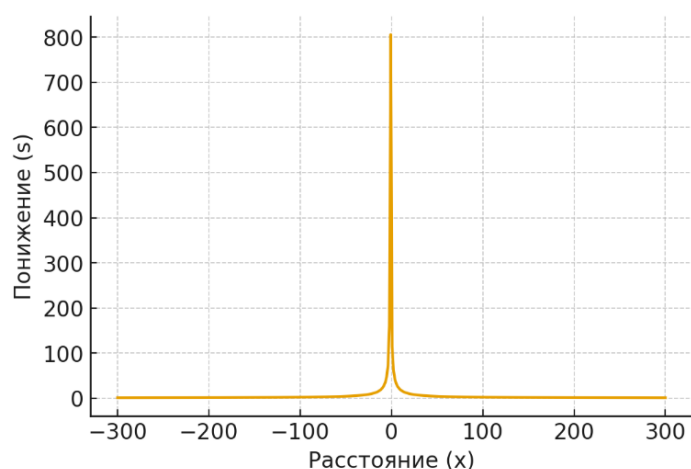


Рис. 4. График модели галереи скважин

4. Выводы

При откачке из группы взаимодействующих скважин, любым образом расположенных вблизи реки, оценку баланса с выявлением отдельных составляющих источников, которыми обеспечивается расход скважин, наиболее надежно можно производить путем построения фильтрационных сеток (графически или на основе моделирования) с использованием метода сложения течений.

При расчетах береговых водозаборов во всех рассмотренных схемах, в том числе в тех, где расход водозабора обеспечивается целиком притоком подземных вод со стороны берега, влияние реки должно учитываться. Понижение уровня под действием откачки из скважин в таких условиях теоретически должно происходить во всех точках пласта, не только в «зоне захвата», ограничивающейся нейтральной линией тока, но и за ее пределами вплоть до реки (хотя фильтрации из последней и не возникает).

Использованная литература

1. Бочевер Ф. М. Гидрогеологические расчеты крупных водозаборов подземных вод и водопонижительных установок. Стройиздат, 1963.
2. Веригин Н. Н., Саркисян В. С. Метод расчета подземных водозаборов и вертикального дренажа в полуограниченном водоносном пласте. Тр. ВОДГЕО, вып. 13, Гидрогеология. Госстройиздат, 1966.
3. Влюшин В. Е. Метод непрерывного распределения стоков по площади для подсчета пластового давления при разработке крупных нефтяных залежей. Тр. МИНХ и ГП, вып. 55. Изд. «Недра», 1965.
4. Павловская Л.Н. Фильтрационные расчеты водопонижительных установок в строительных котлованах гидротехнических сооружений. Изв. ВНИИ Г им. Веденеева, т. 64, 1960.
5. Хамидов А.А., Худайкулов С.И «Теория струй многофазной вязкой жидкости «ФАН» 2003.140 с.
6. Хамидов А.А., Худайкулов С.И., Махмудов И.Э. «Гидромеханика» «ФАН» 2009.360 с.



TASVIRLARDAN SHOVQINLARNI OLIB TASHLASHNING KLASSIK USULLARI ORQALI TASVIR SIFATINI OSHIRISH

Odiljonova Rano¹, Bozorov Jasurbek²

¹ *University of management and future technologies, magistrant; tel; Email; +998946163366; Email: norpulotovarano@gmail.com*

² *University of management and future technologies, magistrant; jasurbek2155@gmail.com*

Annatsiya: Ushbu maqolada raqamli tasvirlarni qayta ishlash jarayonida shovqinlarni kamaytirish orqali tasvir sifatini oshirishning klassik usullari tahlil qilinadi. Tadqiqotda oʻrtacha filtr, median filtr, Gauss silliqlash, bilateral filtr va Wiener filtr kabi anʼanaviy denoising metodlarining ishlash tamoyillari, afzallik va cheklovlari oʻrganiladi. Tasvirdagi shovqin turlari — Gauss, tuzmurch va spekl shovqinlari hamda ularga mos filtrlar tanlovi ilmiy asosda koʻrib chiqiladi. Shuningdek, klassik filtrlar yordamida shovqinni kamaytirish natijasida tasvirning aniqligi, kontrasti va vizual xususiyatlarining yaxshilanishi isbotlanadi. Maqola natijalari tasvirni qayta ishlash, kompyuter koʻrish, tibbiy diagnostika, masofaviy zondlash va videokuzatuv tizimlarida amaliy ahamiyatga ega boʻlib, klassik metodlarning samaradorligini koʻrsatadi.

Kalit soʻzlar: tasvir sifati, denoising, shovqin, median filtr, Gauss filtri, bilateral filtr, Wiener filtri, raqamli tasvirlar.

Kirish. Raqamli tasvirlarni qayta ishlash bugungi kunda kompyuter koʻrish, sunʼiy intellekt, tibbiy diagnostika, kosmik tadqiqotlar va videokuzatuv tizimlarida eng muhim jarayonlardan biri hisoblanadi. Tasvirlar sifati maʼlumot yetkazishda asosiy omil boʻlib, ularning aniqligi va tabiiyligi raqamli qurilmalarning funksional imkoniyatlarini belgilaydi. Biroq tasvirlarning uzatilishi, sensorga qabul qilinishi, atrof-muhit omillari hamda qurilma xatoliklari natijasida turli shakldagi shovqinlar yuzaga keladi. Ushbu shovqinlar tasvir sifatini pasaytiradi, detallarni buzadi hamda kompyuter orqali qayta ishlash jarayoniga salbiy taʼsir koʻrsatadi. Shu bois tasvirdan shovqinni samarali olib tashlash raqamli tasvirlarni qayta ishlashning asosiy muammolaridan biri sanaladi.

Tasvirdagi shovqinni kamaytirishning klassik yondashuvlari, yaʼni filtratsiya asosidagi denoising usullari ushbu yoʻnalishning poydevorini tashkil etadi. Oʻrtacha filtr, median filtr, Gauss silliqlash, bilateral filtr va Wiener filtr kabi algoritmlar oddiy tuzilishga ega boʻlishiga qaramay, tasvir sifatini tiklashda yuqori samaradorlik koʻrsatadi. Ushbu metodlar yordamida tasvirni silliqlash, tuzmurch shovqinini bartaraf etish, konturlar va strukturalarni saqlagan holda shovqinni kamaytirish imkoniyatlari mavjud.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, zamonaviy chuqur oʻqitishga asoslangan modellar mavjud boʻlishiga qaramay, klassik denoising filtrlar hali ham tezkor ishlashi, matematik asoslanganligi va turli sharoitlarda amaliy natija berishi sababli qoʻllanilib kelinmoqda. Shuningdek, ilmiy tadqiqotlarda klassik filtrlarning ishlash tamoyillarini oʻrganish orqali zamonaviy algoritmlar uchun ham samarali gʻoyalar shakllanmoqda. Shu maʼnoda, ushbu tadqiqot tasvirlardan shovqinlarni olib tashlashning klassik usullarini tahlil qilish, ularning samaradorligini baholash va amaliy natijalarini yoritishga qaratilgan.[1].

Raqamli tasvirlardan shovqinlarni olib tashlash sohasida ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, ushbu yo'nalish kompyuter ko'rish va signalni qayta ishlash fanlarining eng faol rivojlanayotgan tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Ilk tadqiqotlarda shovqinlarni kamaytirish uchun oddiy silliqlash usullari qo'llanilgan. Xususan, o'rtacha filtr va past chastotali filtratsiya tamoyillari asosida tasvirni silliqlash orqali shovqin kamaytirish natijalari olingan (Gonzalez & Woods, 2002). Ushbu usullar tasvirdagi nozik detallarning saqlanmasligi sababli keyinchalik takomillashtirildi.

Median filtrning ishlab chiqilishi (Tukey, 1971) shovqinlarni, ayniqsa tuz-murch shovqinini samarali bartaraf qilish imkonini yaratdi. Median filtrlash piksel atrofidagi qiymatlarni o'rtacha emas, balki median qiymat bilan almashtirish orqali kontur va strukturalarni saqlab qolishga xizmat qildi. Keyingi tadqiqotlar median filtrning o'zgartirilgan versiyalarini yaratishga qaratilgan: moslashuvchan median filtr (Huang, 1979), zamon bo'yicha median, takomillashtirilgan og'irlikli median filtrlari shular jumlasiga kiradi.

Gauss filtr va Wiener filtr kabi statistik asoslangan yondashuvlar ham ilmiy adabiyotlarda keng o'rganilgan. Wiener filtr (Norbert Wiener, 1949) shovqinni kamaytirishda eng yaxshi chiziqli prognozlash modeliga asoslanib, shovqin va signalning dispersiyasini matematik baholash orqali optimal natijaga erishishni maqsad qiladi. Gauss silliqlash esa tasvirni yumshoq tarzda filtratsiya qilishga imkon berib, tasodifiy sensor shovqinlarini samarali yo'qotishga xizmat qilgan.

1990-yillardan boshlab tasvirdagi chegaralarni saqlash muammosi dolzarb bo'lib qoldi. Shu davrda bilateral filtr (Tomasi & Manduchi, 1998) taklif qilinib, u masofa hamda piksel intensivligi o'rtasidagi farqlarni hisobga olgan holda shovqinni kamaytirishga muvaffaq bo'ldi. Bilateral filtr tasvir konturlarini buzmasdan silliqlash xususiyati bilan avvalgi filtrlar ustidan ustunlikka ega bo'ldi.

Shuningdek, anizotropik diffuziya usuli (Perona & Malik, 1990) ham tadqiqotlarda katta e'tibor qozongan. Ushbu metod shovqinlarni bartaraf etish jarayonini issiqlik diffuziyasiga o'xshash matematik modellashtirish orqali amalga oshirib, strukturali hududlarni buzmay shovqinni kamaytirishga imkon berdi.

So'nggi yillarda sodda klassik usullar asosida murakkab gibrid yondashuvlar ham taklif etilgan. Masalan, median va Gauss filtrlarining kombinatsiyasi, moslashuvchan variatsion modellar, statistik tahlil asosidagi filtrlash kabi texnikalar tasvirni qayta tiklashning samaradorligini oshirgan.

Umuman olganda, mavjud ilmiy manbalar tasvirlardan shovqinni olib tashlashning klassik usullari oddiy, izchil, hisoblashga tejamkor va samarali ekanligini ko'rsatadi. Bugungi kunda chuqur o'qitish texnologiyalari paydo bo'lishiga qaramay, klassik filtratsiya metodlari amaliyotda keng ishlatilmoqda hamda yangi algoritmlarning poydevori bo'lib xizmat qilmoqda.

Rasm kompyuterga yuklanadi va kerak bo'lsa rangli formatga o'tkaziladi, float turiga konvertatsiya qilinadi, bu filtrlarni hisoblash va natijalarni vizualizatsiya qilishda aniqlikni oshiradi. Avval median filtr ishlatiladi, u nuqta shaklidagi salt-pepper shovqinini kamaytiradi va tasvirning kontur hamda strukturasi saqlanadi. Keyin Gaussian filtr qo'llanib, tasodifiy normal shovqinlar yumshatiladi, tasvir silliqlash orqali yanada tozalanadi va vizual sifat oshadi. Shundan so'ng bilateral filtr yordamida rasmning detallarini saqlagan holda silliqlash davom ettiriladi, chekkalar buzilmaydi va strukturaviy elementlar himoyalanaadi. Yakuniy bosqichda Wiener filtr tatbiq qilinadi, u statistika asosida tasvir va shovqin dispersiyasini hisoblab optimal silliqlashni amalga oshiradi, natijada rasm yanada toza va aniqligi yuqori bo'ladi.

Har bir filtr bosqichi natijasi vizual tarzda tekshiriladi, original rasm bilan taqqoslanadi, bu orqali filtrlar samaradorligi baholanadi. Ketma-ket filtrlar birlashmasi turli xil shovqin turlarini bir



vaqtning o'zida kamaytirishga imkon beradi. Natijada tasvirning vizual sifati sezilarli darajada oshadi, konturlar va detallar saqlanadi, shuningdek, tasvirni tahlil qilish yoki kompyuter ko'rish algoritmlari uchun qulay ma'lumot hosil bo'ladi. Ushbu jarayon oddiy klassik filtrlar yordamida amalga oshiriladi, ammo ular birgalikda ishlatilganda murakkab shovqinlarni ham samarali kamaytiradi va zamonaviy denoising algoritmlari uchun poydevor yaratadi.



1-rasm. Shovqinlarni olib tashlash jarayoni.

Raqamli tasvirlardan shovqinlarni samarali olib tashlash va tasvir sifatini oshirish maqsadida klassik denoising filtrlarining ketma-ket birlashtirilgan pipeline'i amalga oshirildi. Tadqiqot jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat.

Median filtr qo'llash: Avval salt-and-pepper shovqinini bartaraf etish uchun median filtr ishlatildi. Har bir piksel atrofidagi median qiymat bilan almashtirildi, natijada tasvirning kontur va strukturalari saqlangan holda tasodifiy nuqta shaklidagi shovqinlar kamaytirildi.

Gaussian filtr qo'llash: Median filtr natijasiga Gaussian silliqlash tatbiq qilindi. Bu bosqichda tasodifiy normal taqsimotdagi shovqinlar yumshatildi va tasvir silliqlash orqali yanada tozalanib, vizual sifat oshirildi.

Bilateral filtr qo'llash: Gaussian filtrdan so'ng bilateral filtr ishlatildi. Ushbu filtr rasmning strukturalarini va chekkalarini saqlagan holda silliqlashni davom ettirdi. Natijada tasvirning detallarini yo'qotmasdan shovqin kamaytirildi.

Yuqoridagi ketma-ket filtrlar birlashmasi tasvirdan turli xil shovqinlarni samarali olib tashlash, vizual sifatni sezilarli darajada oshiradi. 2-rasmdagi kabi yondashuv odatiy klassik filtrlarning birgalikdagi samaradorligini namoyon qiladi va ilmiy-tadqiqot hamda amaliy ishlarda foydalanish uchun xizmat qiladi.

Ushbu tadqiqotda raqamli tasvirlardan shovqinlarni olib tashlash va tasvir sifatini oshirish maqsadida klassik denoising filtrlarining ketma-ket birlashmasi ishlab chiqildi. Pipeline Median, Gaussian, Bilateral va Wiener filtrlarini o'z ichiga oladi, bu filtrlar turli xil shovqin turlarini kamaytirishda samarali bo'lib, tasvirning kontur va detallarini saqlashga imkon beradi. Median filtr salt-and-pepper shovqinini kamaytirsa, Gaussian filtr tasodifiy normal shovqinlarni yumshatadi. Bilateral filtr tasvirning chekkalari va strukturaviy elementlarini himoyalaydi, Wiener filtr esa statistik yondashuv orqali optimal silliqlashni ta'minlaydi.

```

plt.figure(figsize=(15,6))

plt.subplot(1,5,1)
plt.title("Original")
plt.imshow(image)
plt.axis('off')

plt.subplot(1,5,2)
plt.title("Median")
plt.imshow(median_step)
plt.axis('off')

plt.subplot(1,5,3)
plt.title("Gaussian")
plt.imshow(gaussian_step)
plt.axis('off')

plt.subplot(1,5,4)
plt.title("Bilateral")
plt.imshow(bilateral_step)
plt.axis('off')

plt.subplot(1,5,5)
plt.title("Final Output")
plt.imshow(final)
plt.axis('off')

... (np.float64(-0.5), np.float64(1077.5), np.float64(965.5), np.float64(-0.5))

```



2-rasm. Bir nechta klassik usullar yordamida shovqinlarni pasaytirish.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, ketma-ket filtrlar birlashmasi oddiy klassik usullardan foydalangan holda tasvirni sezilarli darajada tozalash va sifatini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, filtr parametrlarini optimallashtirish orqali tasvirning haddan tashqari xiralashishi oldi olindi. Ushbu yondashuv ilmiy-tadqiqot va amaliyotda, jumladan kompyuter ko'rish, tibbiy diagnostika va videokuzatuv tizimlarida samarali qo'llanilishi mumkin.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Khatamov, O. (2025). *Image denoising and reconstruction in medical imaging* // Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan, 3(6), 125–130.
2. Ravshanov, A. A. (2024). *Using a neural network to remove noise from images*. IJCTCM Research Commons, 2024(3), 72–77.
3. Rakhimov, B., Otamuratov, K., & O'razmatov, T. (2025). *Digital image processing models and algorithms for medical images*. Techscience Uz – Topical Issues of Technical Sciences, 3(5), 17–24.



MASOFAVIY TA'LIM AXBOROT TIZIMIDA FAN KONTENTLARINI SHAKLLANTIRISHNING FUNKSIONAL IMKONIYATLARI

Zarmasov Elbek; Elov Jamshid; Kimsanboyev Nurillo

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti masofaviy ta'lim markazi Zarafshon fakulteti
dekan o'rin bosari

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti masofaviy ta'lim markaz boshlig'i

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti masofaviy ta'lim markazi bosh mutaxassisi
kimsanboyevnurillo@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada masofaviy ta'lim axborot tizimlarida fan kontentlarini shakllantirishning texnik va pedagogik jihatlari, ularning funksional imkoniyatlari, o'quv jarayonini optimallashtirishdagi roli hamda zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiyasi tahlil qilinadi. Shuningdek, fan kontentini yaratishda multimedia elementlari, interfaol vositalar va sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanishning samaradorligi yoritilgan.

Tayanch iboralar: masofaviy ta'lim, axborot tizimi, fan kontenti, LMS, multimedia, interfaol ta'lim, raqamli texnologiya, sun'iy intellekt.

Kirish

Bugungi kunda ta'lim tizimining raqamlashtirilishi ta'lim jarayonini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Masofaviy ta'lim axborot tizimlari (Learning Management Systems - LMS) o'qituvchi va talaba o'rtasidagi o'zaro aloqani virtual muhitda tashkil etish, ta'lim kontentini yaratish va tarqatish, hamda o'qitish jarayonini nazorat qilish uchun asosiy platformaga aylanmoqda.

Fan kontentini to'g'ri shakllantirish masofaviy o'qitishning samaradorligini belgilovchi eng muhim omillardandir. Chunki o'quv materialining tuzilmasi, taqdim etilish shakli va texnik imkoniyatlari o'quvchilarning bilimni egallash tezligi va sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Fan kontenti tushunchasi va uning tarkibiy qismlari

Masofaviy ta'limdagi fan kontenti - bu o'quv fanining barcha axborot resurslarini o'z ichiga oluvchi raqamli majmua bo'lib, u quyidagi tarkibiy qismlardan iborat:

- Matnli ma'lumotlar (ma'ruza, amaliy mashg'ulotlar, yo'riqnomalar);
- Multimedia elementlari (rasmlar, audio, video, animatsiyalar);
- Interfaol mashqlar (test, viktorina, simulyatsiya);
- Nazorat modullari (oraliq va yakuniy baholash);
- Forum va muhokama bo'limlari (muloqot va tajriba almashish uchun).

Fan kontentini yaratishda bu elementlar o'zaro uyg'unlikda ishlashi, talaba faoliyatini rag'batlantiruvchi mexanizmlar bilan boyitilishi zarur, [1].

Fan kontentlarini shakllantirish jarayonining bosqichlari

Masofaviy ta'lim tizimida fan kontentini yaratish jarayoni bir necha bosqichlardan iborat:

1. Tahlil bosqichi - o'quv maqsadlarini aniqlash, talabalar ehtiyojini o'rganish.
2. Loyiha bosqichi - kontent tuzilmasi, modul tizimi, o'quv yo'nalishlari ishlab chiqiladi.
3. Yaratish bosqichi - matn, media va interfaol elementlar ishlab chiqiladi.

4. Integratsiya bosqichi - kontent LMS tizimiga joylanadi.
5. Sinov va tahlil bosqichi - foydalanuvchi tajribasi (UX) asosida samaradorlik baholanadi.

Bu bosqichlar o‘zaro uzviy bog‘liq bo‘lib, o‘qituvchidan texnik, dizayn va pedagogik kompetensiyani talab etadi.

Xalqaro tajribalarda masofaviy ta‘lim axborot tizimining fan kontentlarini shakllantirishning funksional imkoniyatlari, ko‘plab mamlakatlarda muvaffaqiyatli joriy etilgan va har bir mamlakatning o‘ziga xos tajribasi mavjud, bunga misol qilib quyidagi davlatlarni olsak bo‘ladi.

AQSh tajribasi – LMS ekotizimining rivojlangan modeli

AQShda masofaviy ta‘lim tizimlari eng rivojlangan sohalardan biridir. U yerda **Canvas, Blackboard, Coursera, EdX** kabi platformalar keng qo‘llaniladi. Bu tizimlarda fan kontentlari quyidagi funksional imkoniyatlarga ega:

- Adaptiv ta‘lim modullari: tizim foydalanuvchining o‘qish tezligi va bilim darajasini tahlil qilib, shunga mos kontentni taklif etadi.
- AI (sun‘iy intellekt) asosida avtomatik baholash: testlar va loyiha topshiriqlarini avtomatik tahlil qilinadi.
- Gamifikatsiya elementlari yordamida motivatsiya oshiriladi. Masalan, “Canvas Badges” tizimi orqali talaba har bir bosqichda raqamli sertifikat oladi.
- Multimedia integratsiyasi - video darslar, virtual laboratoriyalar, podkastlar yordamida o‘qitish [2,3].

Janubiy Koreya tajribasi - Raqamli ta‘lim platformalarini milliy darajada boshqarish

Janubiy Koreyada KERIS (Korea Education and Research Information Service) tashkiloti ta‘limni to‘liq raqamlashtirish uchun yagona tizim yaratgan. Uning tarkibida EDUNET nomli milliy o‘quv portali mavjud bo‘lib, u quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- Yagona bulutli ma‘lumot bazasi: barcha fan kontentlari yagona serverda saqlanadi va barcha o‘qituvchilar foydalanishi mumkin.
- Moslashtirilgan ta‘lim yo‘nalishlari: o‘quvchilarning yoshi, fani va o‘qish tezligiga qarab o‘qitish ssenariysi avtomatik yaratiladi.
- Virtual laboratoriyalar: fizika, kimyo va biologiya fanlari uchun tajriba simulyatorlari ishlab chiqilgan.
- AI yordamida monitoring: tizim har bir talabani faoliyatini tahlil qilib, o‘qituvchiga tavsiya beradi.

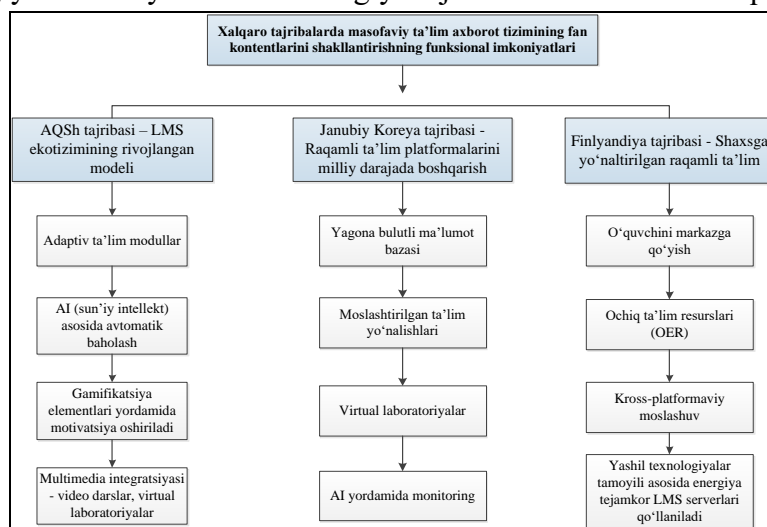
Finlyandiya tajribasi - Shaxsga yo‘naltirilgan raqamli ta‘lim

Finlyandiya ta‘lim tizimi shaxsga yo‘naltirilgan yondashuv va mustaqil o‘rganishni rivojlantirishda yetakchidir. Ularning MOOC (Massive Open Online Courses) va Funet LMS platformalari quyidagi jihatlar bilan ajralib turadi:

- O‘quvchini markazga qo‘yish: fan kontenti individual qiziqish va maqsadlarga mos ravishda tanlanadi [4,5].
- Ochiq ta‘lim resurslari (OER): barcha o‘qituvchilar va talabalar kontentni erkin yuklab olishi yoki o‘zgartirishi mumkin.



- Kross-platformativiy moslashuv: fan kontenti kompyuter, planshet va smartfonlarda bir xil interfeysda ishlaydi.
- Yashil texnologiyalar tamoyili asosida energiya tejamkor LMS serverlari qo'llaniladi.



1-rasm. Xalqaro tajribalarda masofaviy ta'lim axborot tizimining fan kontentlarini shakllantirishning funksional imkoniyatlari.

Zamonaviy LMS tizimlari (Moodle, Canvas, Google Classroom, Everest LMS va boshqalar) fan kontentlarini shakllantirishda keng funksional imkoniyatlarni taqdim etadi:

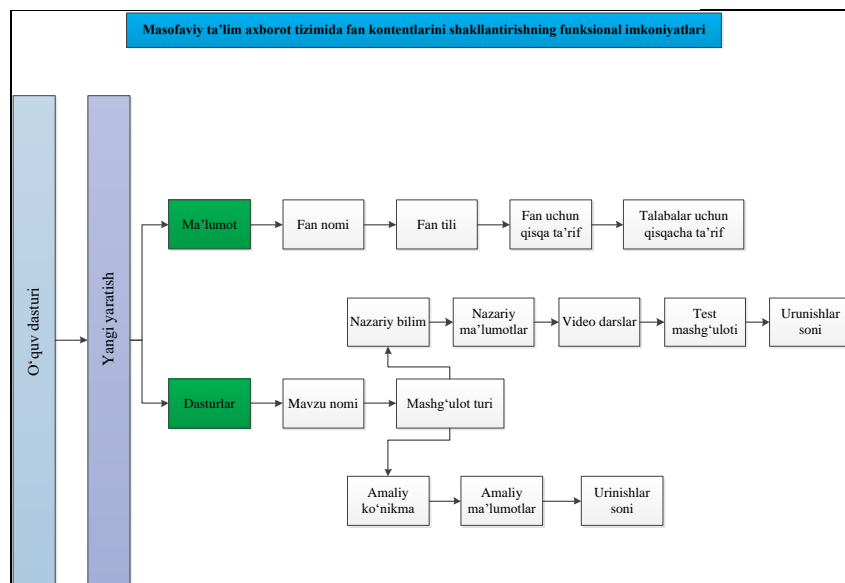
- Multimedia integratsiyasi: video darslar, audio sharhlar, 3D modellarni joylashtirish.
- Interfaol test tizimlari: avtomatik baholash, vaqtli testlar, o'zini baholash imkoniyati.
- Modulli tuzilma: o'quv materiallarini mavzu va bosqichlarga ajratish.
- Moslashuvchan interfeys: foydalanuvchining qurilmasiga mos ko'rinishda chiqish (responsive dizayn).
- Tahliliy monitoring: talabaning faoliyatini kuzatish, statistik hisobotlar tuzish.
- Bulutli saqlash imkoniyati: kontentni istalgan joydan foydalanish.

Fan kontentlarini shakllantirishda texnologik yondashuvlar

Masofaviy ta'lim kontentini yaratishda quyidagi texnologiyalar keng qo'llaniladi:

- HTML5 va SCORM standartlari asosida kontentni modullashtirish;
- AI (sun'iy intellekt) yordamida adaptiv o'qitish (foydalanuvchiga mos material taklif etish);
- Gamifikatsiya elementlari - o'yin uslublarini qo'llab, motivatsiyani oshirish;
- VR/AR texnologiyalari - laboratoriya ishlarini virtual muhitda bajarish;
- Interfaol chatbotlar - talabaga 24/7 yordam beruvchi virtual yordamchi sifatida.

O'quv materiallarini zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida rejalashtirish, ishlab chiqish va taqdim etish jarayonidir. Ushbu yondashuvda ta'lim maqsadlari va kutilayotgan kompetensiyalar aniqlanadi, o'quvchilar ehtiyojlari tahlil qilinadi hamda mos pedagogik modellar (masalan, Blended Learning, Flipped Classroom) tanlanadi. Fan kontenti LMS platformalari orqali multimedia (video, test, simulyatsiya) ko'rinishida taqdim etilib, avtomatik baholash va monitoring vositalari yordamida o'quv jarayoni nazorat qilinadi. Natijada ta'lim jarayoni yanada moslashuvchan, interaktiv va samarali bo'lib, o'quvchilarning mustaqil o'rganish imkoniyatlari kengayadi [6,7].



2-rasm. Masofaviy ta'lim axborot tizimida fan kontentlarini shakllantirishning funksional imkoniyatlari

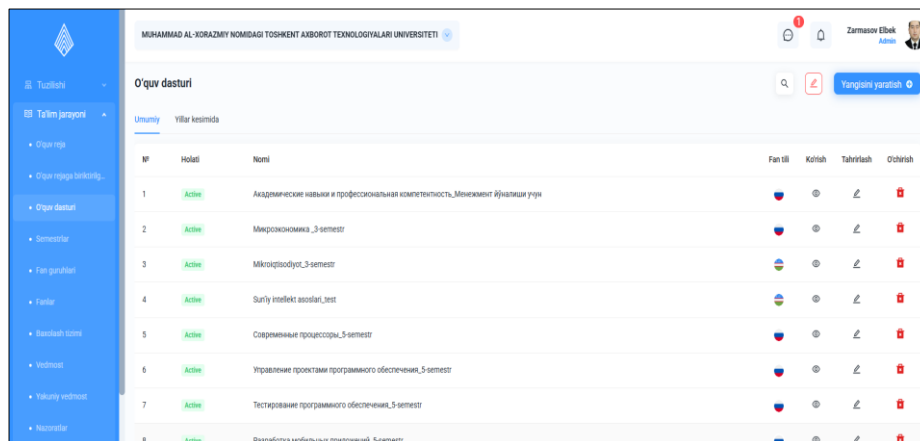
Fan kontentini samarali tashkil etish tamoyillari

Fan kontentlarini ishlab chiqishda quyidagi tamoyillarga rioya etish zarur:

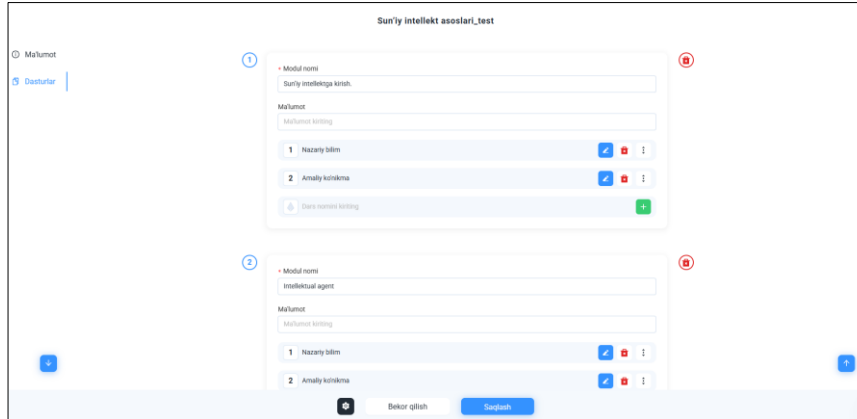
1. Pedagogik maqsadga yo'naltirilganlik;
2. Axborotning tizimliliigi va bosqichma-bosqichligi;
3. Vizual va audio muvozanat;
4. Talaba faol ishtirokini ta'minlash;
5. Texnik soddalik va qulay interfeys.

Masofaviy fan kontentlarini shakllantirishning afzalliklari

- Masofaviy fan kontentlari quyidagi ustunliklarga ega:
- Talabalarga moslashuvchan o'qish muhiti yaratadi;
- O'qituvchiga vaqt va resurslarni tejash imkonini beradi;
- Axborotni tez yangilash va doimiy ravishda takomillashtirish imkonini beradi;
- Global o'quv resurslariga kirish imkonini ochadi;
- Ta'lim sifatini oshirish va baholashning shaffoqligini ta'minlaydi [8,9].

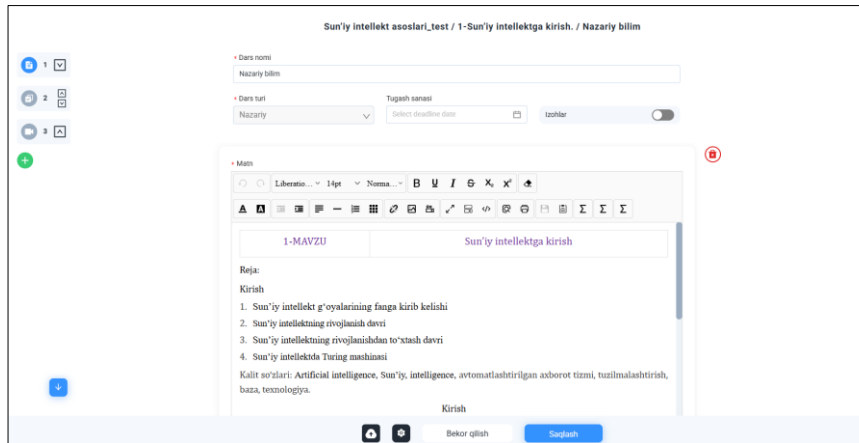


3-rasm. Masofaviy axborot tizimida fan kontent yaratish uchun o'quv dasturi bo'limi.



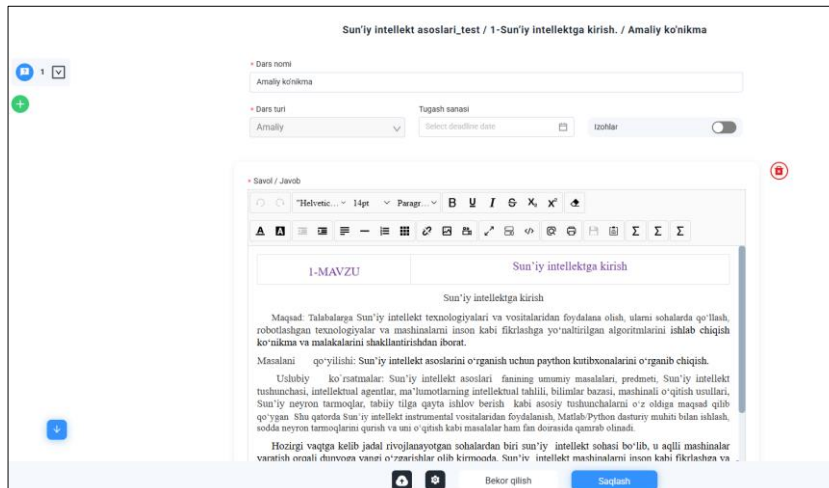
4-rasm. Mavzularning yaratilgan holati.

4-rasmdagi sahifada fanning mavzular soni keltirilgan bo'lib har bir mavzular ikki qismga ajratiladi nazariy bilim va amaliy ko'nikma va ushbu bo'limlarga ma'lumotlar joylashtiriladi (5-6-rasmlarda vazifalari ko'rsatilgan).



5-rasm. Nazariy bilimning umumiy ko'rinishi.

5-rasmdagi sahifada nazariy bilim bo'limida fanga doir nazariy materiallar, taqdimotlar, video darsliklar va test materiallari joylashtiriladi, testni ishlash uchun talabaga ikkimarta urinish beriladi, birinchi urinishda talaba ishlagan natijasiga qoniqmasa ikkinchi urinishdan foydalanishi mumkin bo'ladi, agar talaba tizmda test ishlash uchun ikkinchi urinishdan foydalansa ikkinchi urinish natijasini inobatga oladi.



6-rasm. Amaliy ko'nikmaning umumiy ko'rinishi.

Amaliy ko‘nikam bo‘limida talabalar amaliy topshiriqni bajarish uchun amaliy uslubiy ko‘rsatma va amaliy topshirlarni joylashtiriladi, amaliy topshiriqni yuklash uchun ham ikkimarta urinish beriladi, talabalar tamonidan texnik xatolik bo‘lib yokida anglashilmovchilik bo‘lganda to‘g‘ri vazifani qayta yuklash imkoniyati mavjud [10,11].

Xulosa

Xulosa qilib aytganda masofaviy ta‘lim axborot tizimlarida fan kontentlarini shakllantirishning funksional imkoniyatlari, texnologik va pedagogik yondashuvlari hamda ularning o‘quv jarayonidagi ahamiyati keng tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy LMS platformalari asosida ishlab chiqilgan fan kontentlari ta‘lim jarayonining samaradorligini oshirish, o‘quvchilarning mustaqil bilim olish ko‘nikmalarini rivojlantirish va o‘qitish jarayonini moslashuvchan tashkil etishda muhim rol o‘ynaydi.

Fan kontentlarini shakllantirishda multimedia, interfaol vositalar, adaptiv o‘qitish mexanizmlari hamda sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ta‘lim sifatini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Shuningdek, fan kontentlarini ishlab chiqishda pedagogik maqsadga yo‘naltirilganlik, tizimlilik, vizual va texnik muvozanat tamoyillariga amal qilish zarurligi asoslab berildi. Texnologik yondashuvlar asosida shakllantirilgan kontent nafaqat talabalarning bilim darajasini oshiradi, balki o‘qituvchilar faoliyatini optimallashtirish, baholash jarayonining shaffofligini ta‘minlash va ta‘lim resurslaridan samarali foydalanish imkonini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasi.
2. UNESCO. *Distance Learning Strategies in Education Systems*, 2021.
3. Moodle Documentation, 2024.
4. Karimov, B. “Axborot tizimlarida ta‘lim kontentini ishlab chiqish metodologiyasi”, TATU jurnali, 2023.
5. World Bank Report, *Digital Education Transformation*, 2023.
6. Siemens, G. *Connectivism: A learning theory for the digital age*. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2005.
7. Bates, A. W. *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*. Tony Bates Associates Ltd, 2019.
8. Means, B., Bakia, M., & Murphy, R. *Learning Online: What Research Tells Us About Whether, When and How*. Routledge, 2014.
9. Khalil, M., & Ebner, M. *MOOCs completion rates and possible methods to improve retention*. *World Conference on Educational Multimedia*, 2014.
10. OECD. *Education at a Glance: Digital Education*. Paris, 2022.
11. Jamshid Elov, Utkir Khamdamov, Utkir Khamdamov. *Development of a database of higher education process management information system based on the relational model*, *International Conference of Information science and communications technologies applications, trends and opportunities ICISCT 2021*. 3-5 November, 2021. Tashkent, Uzbekistan



SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA IMO-ISHORA ANIQLASHNING NAZARIY ASOSLARI

Aminov shavkatjon

Toshkent amaliy fanlar universiteti Raqamli va fundamental fanlar kafedra assistenti;
aminovshavkatjon93@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada sun'iy intellekt texnologiyalari asosida imo-ishora tilini aniqlashning nazariy asoslari va so'nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida konvolyutsion neyron tarmoqlar, LSTM, GRU hamda transformer arxitekturalariga asoslangan modellarni qo'llash imkoniyatlari solishtirma tahlil asosida yoritilgan. Shuningdek, hybrid va multimodal yondashuvlarning aniqlik darajasi hamda real vaqt rejimida ishlash samaradorligi baholangan. Xalqaro imo-ishora datasetlari asosida olingan natijalar O'zbek imo-ishora tilini raqamlashtirish va avtomatik aniqlash tizimlarini ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qilishi ko'rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari inklyuziv texnologiyalarni rivojlantirish hamda sun'iy intellekt asosidagi muloqot tizimlarini takomillashtirishda qo'llash imkoniyatiga ega.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, imo-ishora tilini aniqlash, deep learning, konvolyutsion neyron tarmoqlar, transformer arxitekturalari, hybrid modellar, multimodal yondashuv, explainable AI, real vaqt tizimlari.

Kirish

Sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari o'nggi yillarda inson-kompyuter interfeysi va kommunikatsiya sohalarida inqilobiy o'zgarishlarni amalga oshirdi. Ayniqsa, eshitish va nutq qobiliyati cheklangan shaxslar bilan samarali muloqot qilish imkoniyatlarini oshirish yo'nalishida, imo-ishora tilini aniqlash va tarjima qilish tizimlari muhim ahamiyat kasb etadi. Imo-ishora tilini aniqlash – bu qo'l harakatlari, imo va mimikalarni tasvir yoki sensor signallar orqali qayta ishlash va ularni matn yoki nutqqa aylantirish jarayonidir. So'nggi uch yil ichida ushbu sohada chuqur o'rganish (deep learning) va sun'iy neyron tarmoqlar asosidagi yondashuvlar keng qo'llanila boshlandi. Masalan, 3D konvolyutsion neyron tarmoqlar, uzoq muddatli xotiraga ega LSTM modellar, shuningdek, transformer arxitekturalari imo-ishora aniqlashda yuqori aniqlik va real vaqt ishlash imkonini berdi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, hybrid modellarning qo'llanilishi – masalan, konvolyutsion neyron tarmoqlari transformer va konvolyutsion neyron tarmoqlari kombinatsiyalari – turli datasetlar (ASL, ISL, ArSL) bilan ishlashda aniqlikni sezilarli darajada oshiradi. Bundan tashqari, multimodal yondashuvlar, jumladan, tasvir, pozalar va qo'l harakatlarini birgalikda tahlil qiluvchi tizimlar, imo-ishora aniqlashning samaradorligini yanada oshirishga yordam bermoqda. Shu bilan birga, explainable Suniy intellekt (XAI) metodlari modellarning qaror qabul qilish jarayonini tushunishga imkon berib, tizimlarni foydalanuvchilar va mutaxassislar uchun yanada ishonchli qiladi.

Ushbu maqola sun'iy intellekt texnologiyalari asosida imo-ishora aniqlashning nazariy va amaliy jihatlarini birlashtirgan holda, soha rivojiga o'z hissasini qo'shadi.

Adabiyotlar tahlili

So'nggi uch yil ichida sun'iy intellekt asosida imo-ishora aniqlash sohasida bir qator yirik tadqiqotlar o'tkazildi. Deng, Guo va Niannan (2019) ta'kidlashicha, sun'iy intellekt asosidagi chuqur neyron tarmoqlarda maxsus yo'qotish funksiyasini (angular margin loss) qo'llash obyektlarni, xususan, yuz tasvirilarini aniqroq farqlash imkonini beradi.[1]

1-jadval. Datasetlar va statistika

Dataset	Millat / Tili	Video soni	Imo harakatlari soni	Foydalanuvchi soni	Aniqlik darajasi (eng yaxshi model)
ASL 100	Amerika	1000+	100	50+	96–98%
ArSL 50	Arab	500+	50	30	94–96%
ISL 200	Hind	2000+	200	100+	95–97%
UZ SL	O‘zbekiston	300+	80	40	88–90% (eksperimental)

Imo-ishora aniqlashda turli chuqur o‘rganish modellarining imkoniyatlari so‘nggi yillarda keng o‘rganildi. Long Short-Term Memory(LSTM) va Gated Recurrent Unit(GRU) modellar, masalan, Paul, S., Gupta, R., & Martinez, J. (2025) olimlarning ishida, konvolyutsion neyron tarmoqlari bilan birlashtirib ishlatilgan va Amerika Sign Language datasetida 96% aniqlik ko‘rsatgan[2]. Ushbu modellar ketma-ketlikdagi imo-ishora harakatlarini aniq o‘rganishga va vaqt bo‘yicha yuz beradigan o‘zgarishlarga bardoshli bo‘lishga imkon beradi, shuningdek, turli harakatlarning ketma-ketlik xususiyatlarini to‘liq qamrab oladi. Shu bilan birga, vizual detallarga sezgirliги nisbatan past va parallel hisoblashda samaradorligi cheklangan.

Hybrid yondashuvlar, masalan, konvolyutsion neyron tarmoqlari va LSTM yoki Transformer va konvolyutsion neyron tarmoqlari arxitekturalari, vizual va ketma-ketlik ma‘lumotlarini birlashtiradi Aly, S., & Fathi, A. (2024). tadqiqotining, Transformer hamda konvolyutsion neyron tarmoqlari arxitekturasi ArSL datasetida 97–98% aniqlikni ta‘minlagan. [3] Bu modellar real vaqt ishlashda ham yuqori aniqlikni saqlab qoladi, chunki ular harakatlar ketma-ketligi va vizual ma‘lumotlarni bir vaqtning o‘zida o‘rganadi. Shu bilan birga, arxitektura murakkab bo‘lgani uchun katta dataset va kuchli hisoblash resurslari talab etiladi.

Multimodal yondashuvlar esa imo-ishora aniqlashda yanada keng imkoniyatlar yaratadi. Video tasvirlar, qo‘l pozalari va inertial sensorlar birgalikda ishlatiladi. Masalan, Alzohairi, R., Alghonaim, A., Al-Slamah, R., & Al-Mubarak, H. (2024) olimlar olib borgan tadqiqot ishida esa MobilNetV3 va ResNet50 yordamida tasvirni qayta ishlash hamda attention mexanizmi orqali aniqlikni 94–97% darajasiga yetkazgan. [4] Bunday yondashuv harakatlarni yanada aniq va ishonchli aniqlash imkonini beradi va Explainable Suniy intellekti yordamida qarorlarni tushunishni osonlashtiradi, biroq tizim murakkabligi va qo‘shimcha hisoblash resurslari talab qilinishi e‘tiborga olinishi kerak.

So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, imo-ishora aniqlashda hybrid va multimodal modellar eng samarali hisoblanadi. Ular turli ma‘lumotlarni birlashtirib, real vaqt rejimida yuqori aniqlik bilan ishlashga qodir bo‘lib, foydalanuvchilar uchun ishonchli va tushunarli tizimlar yaratish imkonini beradi. Shu bilan birga, turli modellarning cheklovlarini hisobga olgan holda, kelajakda resurslarni optimallashtirish va tizimlarni universal qilish bo‘yicha tadqiqotlar davom ettirilishi lozim. Batafsil solishtirma quyidagi jadvalda to‘liq bayon etilgan. (2-jadval)



2-jadval. Batafsil solishtirma jadval

Model / Yondashuv	Dataset	Aniqlik (%)	Real vaqt	Hisoblash xarajati	Afzalliklari	Kamchiliklari
3D KONVOLIYUTSION NEYRON TARMOQLARI	ASL 100	94–95	O‘rtacha	Yuqori	Harakatlar va vizual ketma-ketlikni o‘rganadi	Parametrlar ko‘p, resurs talab qiladi
LSTM / GRU	ASL 100	90–96	Yuqori	O‘rtacha	Ketma-ketlik va temporal xususiyatlar	Vizual detalni yetarlicha o‘rganmaydi
KONVOLIYUTSION NEYRON TARMOQLARI va LSTM	ASL / ISL	95–97	Yuqori	Yuqori	Vizual + temporal ma’lumotlarni birlashtiradi	Murakkab arxitektura
Transformer va KONVOLIYUTSION NEYRON TARMOQLARI	ArSL	96–98	O‘rtacha-Yuqori	Yuqori	Uzun ketma-ketliklar va attention mexanizmi	Katta dataset talab qiladi
Multimodal va XAI	ArSL	94–97	Yuqori	Yuqori	Ishonchli, tushuntiriladi	Arxitektura murakkab, qo‘shimcha sensorlar kerak

Tahlil xulosalari

1. Hybrid modellar (konvolyutsion neyron tarmoqlari + lstm, transformer + konvolyutsion neyron tarmoqlari) imo-ishora aniqlashda eng yuqori aniqlik va real vaqt ishlash balansini beradi.

2. LSTM va GRU modellar temporal ketma-ketlikni yaxshi o‘rganadi, lekin vizual detalni yetarlicha hisobga olmaydi.

3. Multimodal yondashuvlar va explainable AI foydalanuvchi ishonchliligini oshiradi va tizimni ilmiy asoslash imkonini beradi.

4. Dataset hajmi va xilma-xilligi model aniqligiga bevosita ta’sir qiladi; O‘zbek imo-ishora tizimlari uchun keng va xilma-xil dataset yaratish zarur.

Izlanishim natijalari sifatida O‘zbek alifbosining 28 ta asosiy harfini o‘z ichiga olgan original tasvirlar to‘plami shakllantirildi. Hajmi: Jami 7,938 ta noyob tasvirdan foydalanildi. Har bir harf uchun o‘rtacha 5,000 tadan ortiq o‘quv namunalari hamda sifat nazorati uchun 1,500 ga yaqin test tasvirlari tayyorlandi. Imo-ishora belgilarini (Static Gestures) aniqlashda kompyuter ko‘rishining eng samarali usuli hisoblangan Konvolyutsion neyron tarmoqlari (konvolyutsion neyron tarmoqlari) tanlab olindi. Modelning arxitekturasi tasvirdagi lokal belgilarni iyerarxik usulda ajratib olishga moslashtirilgan:

Regulyarizatsiya (Dropout): Ma’lumotlarga haddan tashqari moslashib ketishning (overfitting) oldini olish uchun 0.25 va 0.5 koeffitsiyentli Dropout qatlamlari kiritildi.

O‘zbek imo-ishora tili uchun maxsus yaratilgan dataset tadqiqotning poydevorini tashkil etadi. Tadqiqot doirasida O‘zbek alifbosining 28 ta asosiy harfi uchun jami 7,938 ta noyob tasvirdan iborat baza shakllantirildi.

Taqsimot: Ma'lumotlarning 80% qismi o'qitish (training), 20% qismi esa validatsiya va test jarayonlari uchun ajratildi. Har bir harf uchun o'quv namunalari soni o'rtacha 5,000 tadan ortiqni tashkil etishi modelning turli yoritish darajalarida ham aniq ishlashini ta'minladi.

Tasvirlarga ishlov berish: Barcha tasvirlar 300x300x1 o'lchamli monoxrom (grayscale) formatga o'tkazildi. Bu usul rangli shovqinlarni (color noise) yo'qotib, modelning faqat qo'l morfologiyasiga fokuslanishiga yordam beradi. [5]

O'tkazilgan tajribalar natijasida model yuqori koeffitsiyentli ko'rsatkichlarni namoyon etdi. Quyidagi 2-jadvalda modelning asosiy metrikalari keltirilgan:

2-jadval. Modelning asosiy metrikalari

Metrika	Ko'rsatkich	Izoh
Training Accuracy	98.4%	Modelning o'quv bazasini o'zlashtirishi
Test Accuracy	97.8%	Noma'lum tasvirlarni aniqlash aniqligi
F1-Score	0.97	Precision va Recall muvozanati
Inference Time	< 30ms	Real vaqt rejimida ishlash tezligi

Tizimning eng muhim yutug'i — bir-biriga vizual jihatdan juda yaqin bo'lgan harflarni (masalan, "O",

va "G", "I" va "J") farqlash qobiliyatidir. Real vaqt rejimida veb-kamera orqali o'tkazilgan sinovlar shuni ko'rsatdiki, monoxrom format va chuqur qatlamli konvolyutsion neyron tarmoqlari kombinatsiyasi fon shovqinlariga qaramay barqaror natija beradi.

Gibrid modellarning afzalligi: Faqatgina konvolyutsion neyron tarmoqlari emas, balki kelgusida ketma-ketliklarni hisobga oluvchi konvolyutsion neyron tarmoqlari va LSTM gibrid modellari dinamik harakatlarni (masalan, "J" yoki "G" harflaridagi harakatlanishni) aniqlashda yanada yuqori balansni ta'minlaydi.

Datasetning ahamiyati: O'zbek imo-ishora tizimi uchun yaratilgan ushbu baza kelajakdagi multimodal (ko'p qirrali) ilmiy ishlar uchun etalon bo'lib xizmat qilishi mumkin.

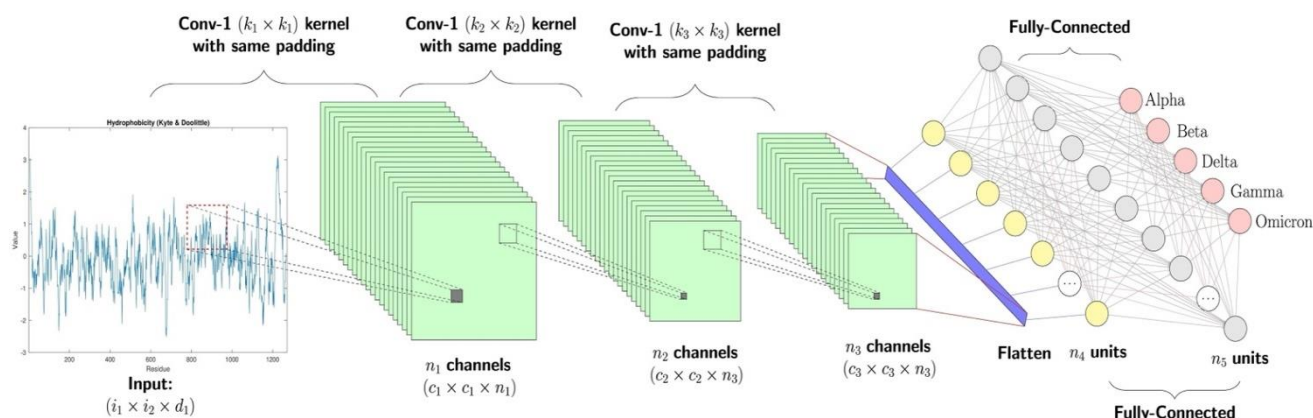
Explainable AI (XAI): Tizimga tushuntiriladigan sun'iy intellekt elementlarini kiritish, model nima uchun aynan ma'lum bir harfni tanlaganini tahlil qilish imkonini beradi va foydalanuvchi ishonchini oshiradi.

Tasvirlar shovqinlardan tozalandi va 300x300x1 o'lchamli monoxrom formatga keltirildi, (rasm) bu esa hisoblash resurslarini tejash bilan birga modelning harakat traektoriyasiga fokuslanishini ta'minladi.

Tasvirlarni aniqlash uchun chuqur o'rganishning (Deep Learning) konvolyutsion neyron tarmoqlari tanlandi. Tanlangan model quyidagi qatlamlardan tashkil topdi:

4 ta Konvolyutsion qatlam: Tasvirdagi qo'l shakli va barmoqlar holatining o'ziga xos belgilarini ajratib olish uchun.

Max Pooling: Muhim belgilarni saqlab qolgan holda ma'lumotlar hajmini optimallashtirish uchun. Dropout: Modelning o'quv ma'lumotlariga haddan tashqari bog'lanib qolishini (overfitting) oldini olish va umumlashtirish qobiliyatini oshirish uchun.



1-rasm. CNN modelning iyerarxik arxitekturasi va ma'lumotlar oqimi

Ishlab chiqilgan tizim laboratoriya va real sharoitlarda sinovdan o'tkazilganda kutilganidan yuqori natijalarni qayd etdi. O'quv jarayoni samaradorligi: Model o'quv bosqichida 98.4% aniqlikka erishdi. Validatsiya va Test: Begona (model ko'rmagan) ma'lumotlar bilan ishlashda 97.8% lik aniqlik saqlanib qoldi. Tizim barqarorligi: F1-score ko'rsatkichining 0.97 ga tengligi modelning "yanglishish" ehtimoli minimal ekanligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, vizual jihatdan bir-biriga yaqin bo'lgan "O" va "G" harflarini real vaqt rejimida veb-kamera orqali aniqlashda tizimning tezkorligi sezilarli darajada yuqori bo'ldi.

Xulosa

Ushbu maqolada sun'iy intellekt texnologiyalari yordamida imo-ishora aniqlashning nazariy asoslari va so'nggi yillarda amalga oshirilgan tadqiqotlar tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, turli chuqur o'rganish modellarini qo'llash, xususan konvolyutsion neyron tarmoqlari, LSTM, GRU va Transformer arxitekturalarining hybrid kombinatsiyalari, imo-ishoralarni aniqlashda yuqori aniqlik va samaradorlikni ta'minlaydi. Multimodal yondashuvlar – tasvir, qo'l pozalari va boshqa sensorlar birgalikda ishlatilishi – tizimlarning real sharoitlarda ishonchli ishlashini oshiradi. Explainable AI metodlari esa model qarorlarini tushuntirish imkonini berib, foydalanuvchilarga tizimdan ishonch bilan foydalanish imkonini yaratadi.

O'zbek imo-ishora tiliga nisbatan quyidagi yangiliklar va istiqbollar muhim hisoblanadi. O'zbek imo-ishora ma'lumotlar bazasini yaratish: keng va xilma-xil dataset, turli yosh, jins va sharoitdagi foydalanuvchilarni qamrab oladi.

Xulosa qilganda sun'iy intellekt asosidagi imo-ishora aniqlash tizimlari insonlar bilan muloqotni soddalashtirishi, eshitish qobiliyati cheklangan shaxslar hayotini yaxshilashi va kommunikatsiya imkoniyatlarini kengaytirishi mumkin. O'zbek imo-ishora tilini rivojlantirish va yuqorida keltirilgan yo'nalishlarni amalga oshirish esa sohada ilmiy izlanishlar va texnologik yangiliklar uchun istiqbolli yo'l bo'lib qoladi.

Adabiyotlar

1. Deng, J., Guo, J., Niannan, X., & Zafeiriou, S. (2019). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 4690–4699.



2. Paul, S., Gupta, R., & Martinez, J. (2025). Hybrid Deep Learning Architectures for Real-Time American Sign Language Recognition. *IEEE Access*, vol. 13, pp. 4520-4535.
3. S. Aly and A. Fathi, "Deep Learning-based Arabic Sign Language Recognition: A Hybrid Transformer-CNN Approach," in *Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2024, pp. 210-225
4. Alzohairi, R., Alghonaim, A., Al-Slamah, R., & Al-Mubarak, H. (2024). *Hybrid Lightweight Deep Learning Models for Arabic Sign Language Recognition with Spatial Attention Mechanisms*. *IEEE Access*, 12, 11450-11468.
5. Central Asian Sign Language Recognition using a Convolutional Neural Network. *International Conference Proceedings*, August 2023.



SIGNALLARNI SILLIQLASHDA VOLTERRA 2 –TUR TENGLAMASINI QO‘LLANILISHI

¹Qulmatov M.B., ²Salimov J.I., ³Ziyodullayev S.S

¹International Digital University, Mudofaachilar Str, Tashkent, 100000, Uzbekistan.

²International Digital University, Mudofaachilar Str, Tashkent, 100000, Uzbekistan.

³Toshkent Amaliy Fanlar Universiteti, Gavhar Str, Tashkent, 100127, Uzbekistan.

kulmatov.mukhriddin@idu.uz

Annotatsiya. Mazkur ishda signallarni qayta ishlash jarayonida shovqin ta’sirini kamaytirish masalasi ko‘rib chiqiladi. Ayniqsa, chiziqsiz va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan tizimlarda signallarni silliqlashda Volterra 2-tur integral tenglamalarini qo‘llashning nazariy asoslari yoritilgan. Volterra yadrosi yordamida tizimning xotira xususiyatlarini hisobga olish imkoniyati tahlil qilinadi hamda ushbu yondashuvning signalni aniqroq tiklashdagi afzalliklari asoslab beriladi. Tadqiqot natijalari raqamli signalni qayta ishlash, texnik va tabiiy jarayonlarni modellashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: signallarni silliqlash, Volterra integral tenglamasi, chiziqsiz tizimlar, shovqinli signal, yadro funksiyasi, xotirali tizimlar, raqamli signalni qayta ishlash.

Kirish

Raqamli va analog signallarni qayta ishlash jarayonida shovqin ta’sirini kamaytirish va foydali signalni aniqlik bilan ajratib olish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Ushbu masalani hal etishda signalni silliqlash (filtrlash) usullari keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, tizim chiziqsiz xususiyatga ega bo‘lgan hollarda klassik chizikli modellar yetarli aniqlik bermaydi. Bunday vaziyatlarda Volterra 2 – tur integral tenglamalari samarali matematik vosita sifatida namoyon bo‘ladi.

Volterra 2 – tur tenglamasi umumiy holda quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$${}_x y(t) = f(t) + \int_0^t K(t, \tau)x(\tau)d\tau \quad (1)$$

bu yerda

$y(t)$ – noma’lum funksiya bo‘lib, silliqlangan signal,

$f(t)$ – kuzatilgan signal yoki shovqin,

$K(t, \tau)$ – tizimning yadro funksiyasi bo‘lib signalning vaqt bo‘yicha o‘zaro ta’sirini ifodalaydi[3].

Mazkur tenglama signallarni silliqlashda shovqinli signalni integral operator orqali qayta ishlash imkonini beradi. Volterra yadrosi yordamida tizimning xotira xususiyati hisobga olinadi, ya’ni signalning oldingi qiymatlari hozirgi holatga ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa real fizik va texnik tizimlarni modellashtirishda muhim ahamiyatga ega[5].

Volterra 2-tur tenglamalarining afzalligi shundaki, ular nochizikli va turg‘un bo‘lmagan signallarni silliqlashda yuqori aniqlikni ta’minlaydi. Ayniqsa, biologik signallar, tibbiy diagnostika ma’lumotlari, seysmik va ekologik monitoring signallarini qayta ishlashda ushbu yondashuv keng qo‘llaniladi. Shuningdek, raqamli signalni qayta ishlashda Volterra modellari adaptiv filtrlash algoritmlarini ishlab chiqishda asos bo‘lib xizmat qiladi. Ko‘p holatlarda Volterra 2-tur tenglamalarini aniq yechish imkoni bo‘lmaydi, shu sababli ularni sonli yechim orqali yechiladi[4].

Bir qator yaxshi natija beradigan sonli usullar, ya'ni xatolik kamroq bo'ladigan sonli yechimlarni hisoblash usullari mavjud. Ulardan biri kvadratur usuli bo'lib, shu jumladan Trapetsiya va Simson formulalarini keltirish mumkin. Asosiy maqsad bunda integralni yig'indi ko'rinishda ifodalash bo'ladi. Unda, $f(x)$ funksiya chiziqli funksiyaga yaqin bo'lsin, u holda integralni balandligi $b-a$ ga va asoslari $f(a)$ va $f(b)$ ga teng bo'lgan trapetsiya yuzi bilan almashtirish mumkin, u holda

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{2} (f(a) + f(b)) \quad (2)$$

(2) formula trapetsiya formulasi deyiladi. Trapetsiya usuli algoritmi $[a, b]$ kesmani

nuqtalar bilan n ta teng bo'lakka bo'lamiz. Har bir qo'shni bo'luvchi nuqtalar orasidagi $h = \frac{b-a}{n}$

$[a, b]$ kesmani bo'luvchi nuqtalardan chehgaraviy egri chiziq bilan kesishgunga qadar perpendikulyar o'tkazamiz. Egri chiziq mos nuqtalarining ordinatalari quyidagicha bo'ladi:

$$y_0 = f(x_0), y_1 = f(x_1), \dots, y_n = f(x_n)$$

Perpendikulyarning $y = f(x)$ chiziq bilan kesishgan qo'shni nuqtalarini vatarlar bilan birlashtiramiz va hosil qilingan har bir to'g'ri chiziqli trapetsiyalarning yuzini topamiz:

$$\frac{y_0 + y_1}{2} h, \frac{y_1 + y_2}{2} h, \dots, \frac{y_{n-1} + y_n}{2} h$$

barcha n ta trapetsiya yuzini qo'shamiz:

$$s = h \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2} \right) \quad (3)$$

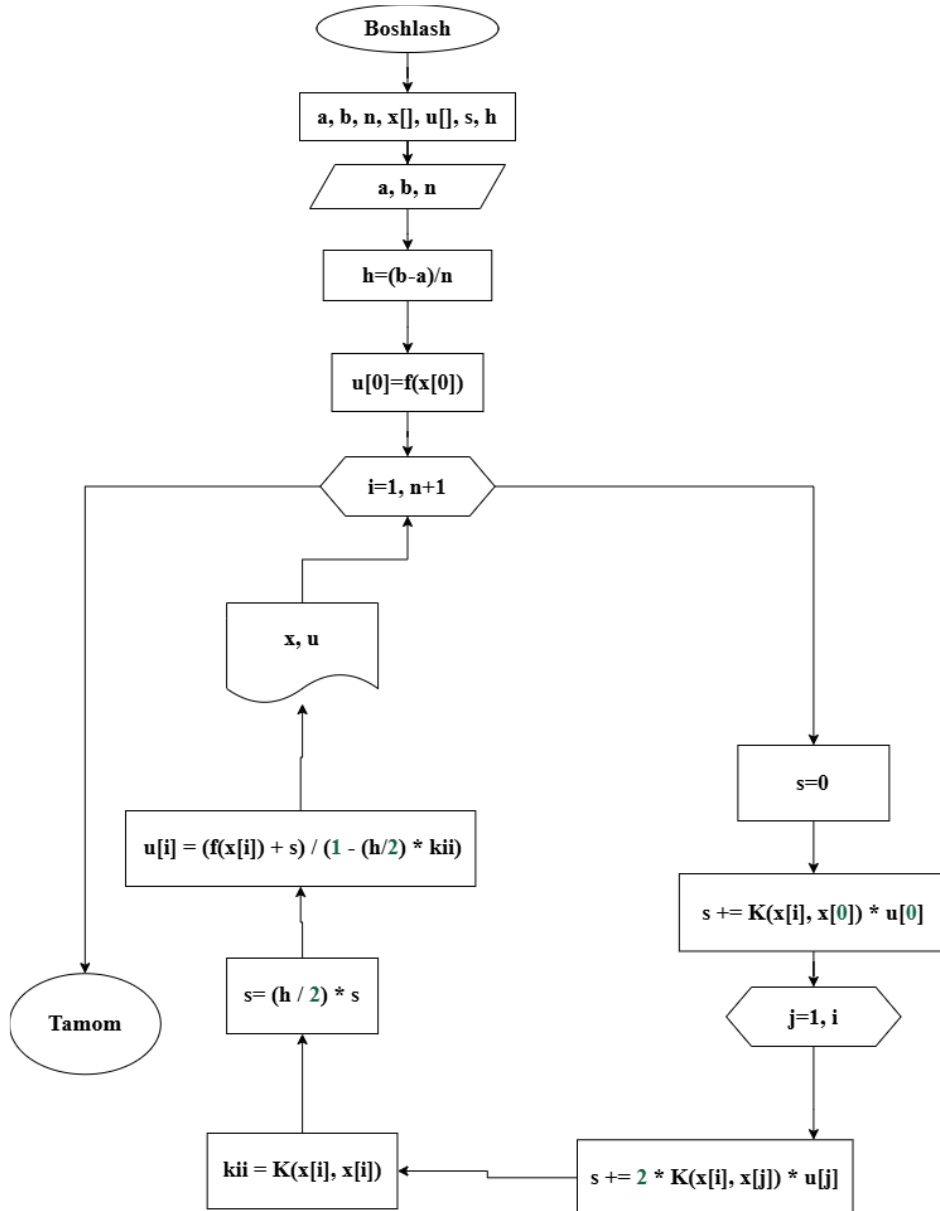
bo'linish qadami $h = \frac{b-a}{n}$ ekanligi va hosil bo'lgan yig'indi inobatga olinsa, egri chiziqli trapetsiyaning yuzini taqriban quyidagicha yozish mumkin:

$$\int_a^b f(x)dx \approx h \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2} \right) \quad (4)$$

Ushbu sonli usulning xatoligi quyidagiga teng:

$$R_n(f) = \frac{b-a}{12} f''(\xi) h^2, \xi \in [a, b] \quad (5)$$

Ushbu sonli usul algoritmining blok-sxema orqali ifodalanishi quyidagicha bo'ladi[1].



1-rasm. Trapetsiya sonli usuli algoritmi blok-sxema ko‘rinishi

Integrallarni hisoblashning Simpson usulini ko‘rib chiqamiz. $f(x)$ funksiya $[a, b]$ oraliqda kvadratik funksiya ayqin bo‘lsa, u holda $\int_a^b f(x)dx$ ni taqribiy ravishda Ox o‘qi va $x=a$, $x=b$ to‘g‘ri chiziqlar hamda $y=f(x)$ funksiya grafingining absislari $x=a$, $\frac{a+b}{2}$ va $x=b$ bo‘lgan nuqtalaridan o‘tuvchi ikkinchi tartibli parabola orqali chegaralangan yuza bilan almashtirish mumkin, u holda quyidagi tenglik o‘rinli bo‘ladi:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{2} \left\{ f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right\} \quad (6)$$

$[a, b]$ kesma uzunligi $h = \frac{b-a}{2n}$ bo‘lgan $2n$ ta juft bo‘lakka $x_1, x_2 \dots x_{2n-1}$ nuqtalar orqali ajratamiz:

$$[x_0, x_2], [x_2, x_4], \dots, [x_{2n-2}, x_{2n}] (a = x_0, b = x_{2n})$$

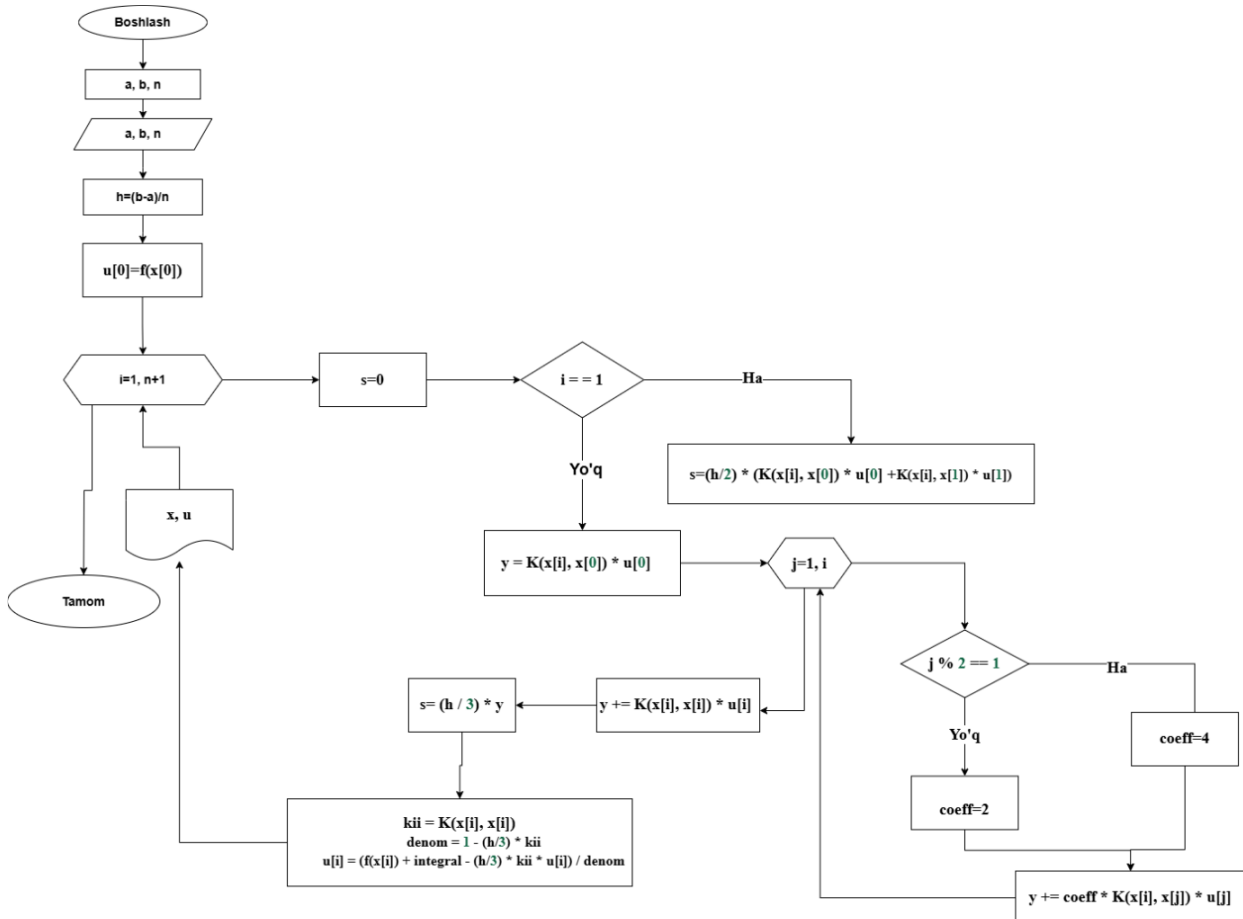
Bu kesmalarning o'rtalari mos ravishda $x_1, x_2, \dots, x_{2n-1}$ nuqtalar bo'ladi [2]. Umumiy holatda

$$f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} [(y_0 + y_{2n}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2n-2}) + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2n-1})] \quad (7)$$

(7) formula Simpson formulasidir. Ushbu sonli usulning xatoligi quyidagicha bo'ladi:

$$R_n(f) = -\frac{b-a}{180} f^{IV}(\xi)h^4, \xi \in [a, b] \quad (8)$$

Simpson sonli usli algoritmi blok-sxema orqali ifodalanishi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



2-rasm. Simpson sonli usuli algoritmi blok-sxema ko'rinishi

Endi signallarni qayta ishlashda (1) ko'rinishdagi tenglamalar Volterra 2 – tur tenglamalari uchun ushbu sonli usullar orqali yechishni ko'rib chiqamiz.

Masalaning qo'yilishi

Signallarni yuborishda manbaga yetib kelguncha signal ma'lum bir to'siq yoki shovqinga uchrab kelishi mumkin. Zararlangan signallarni qayta ishlashda avvalo signalni o'zini qanday tutishini uning funksiyasiga qarab bilishimiz mumkin. Odatda signallar sinusoida ko'rinishida tarqaladi. Ushbu tezisda Volterra integral tenglamalarida yadro $K(t, \tau)$ va ozod had $f(t)$ ning o'zgarishi signalning qanday "silliqlanishi" yoki "transformatsiya" bo'lishini belgilab beradi.

Bunda faqat yadro emas balki ozod had ya'ni signal funksiyasi turli xil ko'rinishda, ularni trapetsiya va simpson sonli usullari orqali yechib xatoliklarini baholashni ko'rib chiqamiz.



Quyidagi 2 xil ko‘rinishdagi yadrolar orqali ifodalangan Volterra 2-tur tenglamalarini ko‘rib chiqamiz:

1. Ushbu tenglama signallarni shovqindan tozalashda eng ko‘p qo‘llaniladigan model hisoblanadi. Umumiy ko‘rinishi quyidagicha:

$$y(t) = \sin(t) + \int_0^t e^{-(t-\tau)} y(\tau) d\tau \tag{9}$$

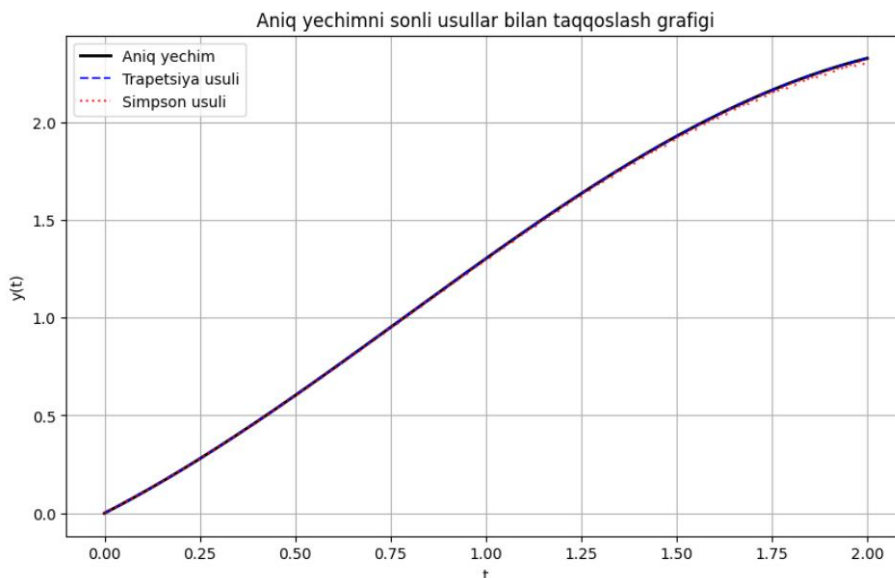
Ushbu tenglamaning [0;2] kesmada $h=0.01$ qadam bilan aniq yechimi va Trapetsiya hamda Simpson sonli usullarida olingan barcha t lar uchun olingan $y(t)$ qiymatlari 1-jadvaldagi kabi bo‘ladi.

1-jadval

Signallarni qayta ishlashda (9) tenglama aniq yechimi va Trapetsiya hamda Simpson sonli usullari tahlili

Tugun nuqtalar(t)	Aniq yechimda olingan natija($y(t)$)	Trapetsiya yechimida olingan natija($y(t)$)	Simpson yechimida olingan natija($y(t)$)
0.0	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.6018	0.6019	0.6023
1.0	1.3012	1.3012	1.3010
1.5	1.9268	1.9268	1.9245
2.0	2.3254	2.3255	2.3198

3-rasmda bu ikki sonli usulning va aniq yechimlarning taqqoslanishi ko‘rsatilgan. Grafikda ko‘rinib turibdiki sonli yechim ma’lum bir nuqtalarda uzoqlashayotganini va yana qaysidir nuqtalar yaqilashayotganini kuzatish mumkin.



3-rasm. (9) tenglamaning aniq yechimi va Trapetsiya hamda Simpson sonli usullari taqqoslash grafigi

2. Agar yadro doimiy son bo'lsa, bu tizim avvalgi barcha qiymatlarni bir xil darajada hisobga oladi. Umumiy ko'rinishi quyidagicha:

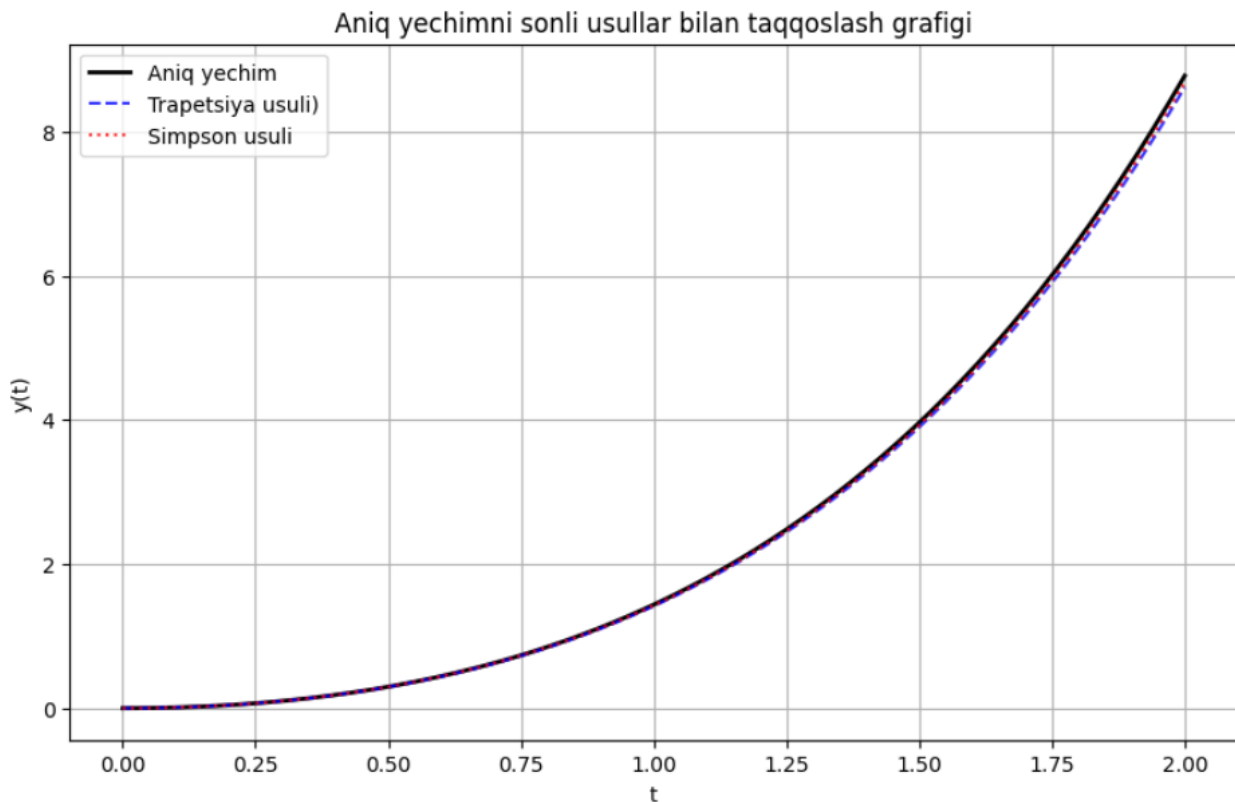
$$y(t) = t^2 + \int_0^t 1 \cdot y(\tau) d\tau \quad (10)$$

Ushbu tenglamaning $[0; 2]$ kesmada $h=0.01$ qadam bilan aniq yechimi va Trapetsiya hamda Simpson sonli usullarida olingan barcha t lar uchun olingan $y(t)$ qiymatlari 1-jadvaldagi kabi bo'ladi.

Signallarni qayta ishlashda Trapetsiya va Simpson sonli usullari tahlili

Tugun nuqtalar(t)	Aniq yechimda olingan natija($y(t)$)	Trapetsiya yechimida olingan natija($y(t)$)	Simpson yechimida olingan natija($y(t)$)
0.0	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.2974	0.2941	0.2953
1.0	1.4366	1.4174	1.4242
1.5	3.9634	3.9010	3.9239
2.0	8.7781	8.6163	8.6775

4-rasmda bu ikki sonli usulning taqqoslanishi ko'rsatilgan. Grafik ko'rib turibdi sonli yechim $t=0.5$ dan so'ng uzoqlashayotganini va yana qaysidir nuqtalar yaqilashayotganini kuzatish mumkin.





4-rasm. (10) tenglamaning aniq yechimi va Trapetsiya hamda Simpson sonli usullari taqqoslash grafigi

Xulosa

Xulosa qilib aytganda ushbu ishda signallarni qayta ishlash jarayonlarida Volterra 2-tur integral tenglamalarining o'rnini va ularni yechishda qo'llaniladigan sonli usullarning samaradorligi ko'rib chiqildi. Xususan, Trapetsiya va Simpson kvadratur formulalari yordamida integral tenglamalarni sonli yechish va ularning xatoliklarini solishtirib chiqildi. Simpson usuli kvadratik approksimatsiyaga asoslangani sababli, chiziqli yaqinlashishga ega Trapetsiya usuliga qaraganda ancha yuqori aniqlik namoyon etdi. Bu, ayniqsa, dinamik o'zgaruvchan va yuqori chastotali signallarni silliqlashda muhim ahamiyatga ega. Hisoblash tajribalari shuni ko'rsatdiki, sonli yechimning xatolik darajasi bevosita integral tenglamasining yadrosiga bog'liq. Yadroning differensiallanish tartibi qanchalik yuqori (ya'ni, yadro qanchalik silliq) bo'lsa, sonli usullarning barqarorligi shunchalik ortadi va natijaviy signalning "shovqin" darajasi pasayadi. Ozod hadning uzluksizligi va uning yuqori tartibli hosilalarining mavjudligi integrallash jarayonidagi xatoliklar yig'indisiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Signalning keskin o'zgarish nuqtalarida Trapetsiya usuli Simpson usuliga qaraganda kamroq tebranish berishi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, yadro funksiyasini to'g'ri tanlash va mos sonli usulni qo'llash orqali signallarni qayta ishlash tizimlarida axborot yo'qotilishini minimallashtirish mumkin.

Adabiyotlar

1. Sonli usullar: O'quv qo'llanma/A.I.Ismoilov, Sh.A.Ro'zaliyev. –Farg'ona.:2025.-150 b.
2. Integral tenglamalar: Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik./ M. Salohiddinov. T.: Yangiyul poligraph service, 2007. —256 b.
3. Linz, P. (1985). Analytical and Numerical Methods for Volterra Integral Equations. SIAM. (Volterra tenglamalarini sonli yechish bo'yicha dunyodagi eng mashhur qo'llanmalardan biri).
4. Wazwaz, A. M. (2011). Linear and Nonlinear Integral Equations: Methods and Applications. Springer Science & Business Media.
5. Kress, R. (1989). Linear Integral Equations. Springer-Verlag.

IMKONIYATI CHEKLANGAN INSONLAR UCHUN SUN'IIY INTELLEKTGA ASOSLANGAN APPARAT-DASTURIY MAJMUA

Umarov Muhridin; Umarov Xusniddin

“University of Management and Future Technologies” universiteti, “Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar” kafedrası dotsenti
muhridin.umarov.1992@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko‘zi ojiz va zaif ko‘ruvchi insonlarga qulaylik yaratish uchun sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanib yordamchi tizim ishlab chiqish masalasi qaralgan. Ushbu tizim obyektlarni tanib olish, to‘siqlargacha bo‘lgan masofani o‘lchash va matnlarni aniqlash kabi vazifalarni bajaradi. Obyektlarni tanib olish va to‘siqlar masofasini o‘lchashda mashinali o‘qitish algoritmlaridan, tasvirdagi matnlarni aniqlashda optik belgilarni aniqlash algoritmlaridan hamda aniqlangan natijalarni ovozli ifodalashda matnlarni tahlil qilish algoritmlaridan foydalanildi. Ko‘zi ojiz va zaif ko‘ruvchi insonlarning atrof-muhitni anglashi, insonlar bilan muloqot qilishi va mustaqil harakatlanishiga ko‘maklashish hamda ijtimoiy faoliyatini yaxshilash asosiy maqsad hisoblanadi. Ko‘zi ojiz insonlar uchun foydalanishga qulay, arzon va o‘zbek tilida natijalarni bayon qiluvchi dasturiy vositalarni ishlab chiqish mamlakatimizda dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ishlab chiqilgan algoritmlar yordamida obyektlarni va matnlarni aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqot natijalari mos ravishda 92,16% va 99,87% ni tashkil qildi. To‘siqlar masofasini o‘lchash mobil ilovaga nisbatan maksimal og‘ish darajasi 6,32% ni tashkil etdi. Bunday natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilayotgan yordamchi tizim tijorat qurilmalari kabi ishonchli ko‘rsatkichlarni beradi. Ko‘rish qobiliyati zaif insonlarning xavfsizligi va farovonligiga foyda keltiradigan kundalik hayotning asosiy talablariga javob beradi.

Kalit so‘zlar: ko‘zi ojiz insonlar, sun‘iy intellekt, yordamchi tizim, obyektlarni tanib olish, matnlarni aniqlash, to‘siqlar masofasini o‘lchash, ovozli ifodalash.

Kirish

Vision Loss Expert Group (VLEG) tomonidan ishlab chiqilgan statistik ma‘lumotlarga ko‘ra, dunyo miqyosida ko‘r bo‘lgan insonlar soni 2050-yilda 115 million kishiga yetishi kutilmoqda [1]. Bugungi kunda mamlakatimizdagi 76020 nafar ko‘zi ojiz insonlarning 64244 nafari O‘zbekiston ko‘zi ojizlar jamiyati hisobiga olingan. Jami ishlovchi ko‘zi ojiz insonlar soni 3305 nafarni, shundan 1539 nafari jamiyat korxonalarida, 557 nafari jamiyat tizimida va 1209 nafari tizimdan tashqari turli tashkilotlarda faoliyat yuritmoqda [2]. Shuningdek, sog‘liqni saqlash tizimining tobora ortib borayotgan yuqori xarajatlarini bartaraf etish muammosi ko‘plab mamlakatlarda katta qiyinchilikni keltirib chiqaradi. Odatda, ko‘rish qobiliyati zaif insonlar ko‘rish tizimlarisiz tashqi ma‘lumotni idrok eta olmaydilar, bu esa kundalik hayotda qiyinchiliklar va noqulayliklarga olib keladi [3]. Masalan, ular to‘siqlarga va yaqin atrofdagi tanib bo‘lmaydigan buyumlarga urilishi, shuningdek, kitob yoki ekrandagi kontentni o‘qiy olmasligi tufayli yiqilib tushishi mumkin [4]. Hozirgi kunda tijorat qurilmalari qimmat, katta hajmli va natijalarni ovozli ifodalashda til muammolari mavjud hamda atrof-muhitni tushunarli va yuqori aniqlikda yetkazib berish dolzarb muammolardan hisoblanadi. Shu sababli, ko‘rish qobiliyati zaif insonlar uchun yordamchi tizim usullarini yanada takomillashtirish zarur.



Ko'rish qobiliyati zaif insonlarga tashqi ma'lumotni idrok etishga yordam beradigan bir nechta yechimlar taklif qilingan. Masalan, hassa ko'zi o'z insonlar uchun an'anaviy vosita bo'lib, o'z atrofida harakat qilishi va o'zlarini boshqalarga ko'rsatish uchun foydalanadi [5]. Biroq, u uzoqdan yaqinlashib kelayotgan to'siqlarni oldidan ogohlantira olmaydi, shuningdek, tizzadan yuqorida joylashgan to'siqlarni taniy olmaydi. Yo'l ko'rsatuvchi itlar ko'rish qobiliyati zaif insonlarga yordam beradigan yana bir variant bo'lib, bu ularga mustaqil, ishonchli va boshqalarga tayanmasdan xavfsiz yurishiga yordam beradi va to'siqlar natijasida jarohat olishiga to'sqinlik qiladi. Lekin, yo'l ko'rsatuvchi itlarni o'rgatish uchun vaqt va ko'p kuch talab etiladi, bunday jarayon odatda 2 yilgacha davom etadi va narxi qimmat [6]. Hozirgi kunda turli vositalar va sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi bilan boshga taqiladigan, ovozi ko'rsatma beradigan va qo'lida foydalanadigan bir nechta prototiplar taklif etilgan [7, 8, 9]. Ularning aksariyati yaqin atrofdagi ma'lumotlarni to'plash uchun turli xil sensorlarni birlashtiradi va eshitish vositasi orqali xabar beradi. Sog'liqni saqlash nazorati funksiyasini qo'shish va monitoring qilish, umumiy xarajatlarni bir vaqtning o'zida kamaytirish orqali yanada takomillashtirilishi mumkin.

Ushbu mavjud kamchiliklarni bartaraf etish uchun joriy prototiplar asosida sun'iy intellektga asoslangan yordamchi tizim ishlab chiqilgan. Ushbu tizim obyektlarni tanib oladi va ularni foydalanuvchidan uzoqligini taxmin qiladi. Bundan tashqari, ovozi yordamchi orqali taqdim etilishi mumkin bo'lgan matnni aniqlaydi va foydalanuvchiga uzatish imkonini beradi. Keyinchalik, ko'rish qobiliyati zaif insonlarga atrof-muhitdagi obyektlar haqida ma'lumotni yaxshiroq idrok etishga yordam berish va real vaqt rejimida ishlashni ta'minlash uchun tasvirga oid barcha ma'lumotlarni qayta ishlash maxsus serverlarda amalga oshiriladi. Natijada, yordamchi tizimlar kundalik hayotda ko'rish qobiliyati zaif insonlarning xavfsizligi va farovonligini yaxshilash imkonini beradi.

Ko'rishda nuqsoni bo'lgan insonlarning idrok etish qobiliyatini yaxshilash uchun taklif etilayotgan sun'iy intellektga asoslangan yordamchi tizim real vaqt rejimida obyektlarni tanib olish, to'siqlar masofasini o'lchash va matnni aniqlashga xizmat qiladi. Bundan tashqari, ovozi ifodalash orqali tegishli ma'lumotlarni o'zbek tilida taqdim etish imkonini beradi. Tajribalar bunday funksiyalarning qulayligini ko'rsatdi, ularning atrof-muhit haqida muhim ma'lumotlarni olishi keng imkoniyatlarni yaratadi.

Material va metodlar

Ushbu tadqiqotda qaralayotgan ko'rishda nuqsoni bo'lgan insonlarga yordam beruvchi tizimga to'xtalsak, ular texnologik asoslariga ko'ra uchta alohida toifaga ajratildi: kompyuter ko'rishga asoslangan, kompyuter ko'rishga asoslanmagan va gibril [10]. Kompyuter ko'rishga asoslangan tizimlar atrof-muhit haqida ma'lumot berish uchun real vaqt rejimida video oqimlar yoki tasvirlardan foydalanadi. Kompyuter ko'rishga asoslanmagan tizimlar atrof-muhitni tahlil qilish va foydalanuvchiga tegishli ma'lumotlarni yetkazish uchun ko'plab sensorlar va modullardan foydalanadi. Gibril tizimlar ikkala yondashuvning afzalliklarini olish uchun kompyuter ko'rishga asoslangan sensor texnologiyalarini birlashtiradi. Yordamchi tizim ko'p funksiyali bo'lishi va natijalarning aniqligi hamda qulay tarzga ifodalanishi muhim masalalardan hisoblanadi.

Obyektlarni tanib olish. Mashhur olim Lowe tomonidan yorug'lik va shovqin ta'sir qilmaydigan ishonchli xususiyatlarni aniqlaydigan Scale Invariant Feature Transform (SIFT) algoritmini taklif qildi [11]. Keyinchalik, SIFTga asoslangan takomillashtirilgan Speeded-Up Robust Features (SURF) algoritmi ishlab chiqildi, u taqsimotga asoslangan deskriptordan foydalanilgan [12].

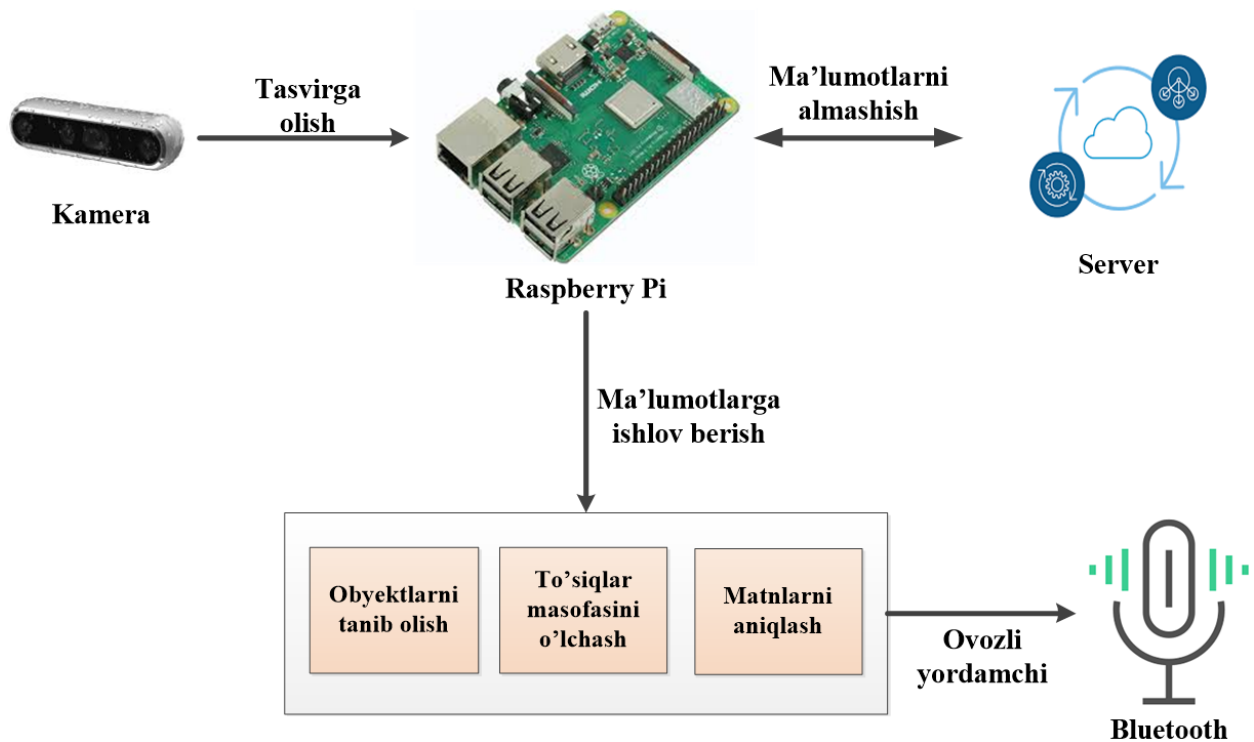
Ushbu an'anaviy algoritmlar muhim obyektlarni aniqlash uchun past darajadagi xususiyatlarni qo'lda ajratib oladi va ko'p toifali obyektlarni samarali tanib olmaydi [13]. Shu maqsadda bir nechta chuqur o'qitish algoritmlari qo'llanildi, ular nafaqat murakkabroq xususiyatlarni ajratib olish imkonini beradi, balki bitta neyron tarmoq yordamida xususiyatlarni ajratib olish, tanlash va tasniflash imkonini beradi. Region-Convolution Neyron Network (R-CNN) algoritmi obyektlarni tanib olish aniqligini yaxshilashga katta yordam beradi. Biroq, real vaqt talablarida yetarli javob bermaydi. The You Only Look Once (YOLO) algoritmi chuqur o'qitishda regressiyadan foydalanadi. U real vaqt talablariga javob berib, soniyasiga 40 ta kadrni (FPS) qayta ishlashi mumkin. Umuman olganda, chuqur o'qitish algoritmlari tanib olish aniqligi va tezligi bo'yicha an'anaviy usullardan ancha ustundir.

To'siqlargacha bo'lgan masofani o'lchash. To'siqlar masofasini o'lchashni to'rt toifaga bo'lish mumkin: ultratovush, infraqizil, lazer va vizual. Masalan, Meshram tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ultratovushli datchiklardan tizza ostidagi to'siqlarni aniqlash uchun foydalanilgan. Villanueva va Farsi kabi olimlar hassani infraqizil datchiklar bilan birlashtirib, to'siqlardan aks ettirilgan infraqizil impulslarni chiqardi va aniqladi, bu ko'rish qobiliyati zaif odamlarga yo'lda yetarlicha keng yo'l topishga imkon berdi. Yuqorida tavsiflangan yondashuvlar diapazondagi muammoni hal qilish uchun ishlatilishi mumkin, biroq ular yaqin atrofdagi harakatlanuvchi obyektlarni aniqlash uchun mos emas. Bundan tashqari harorat, namlik va atrof-muhit shovqini kabi atrof-muhit parametrlari ta'sir qiladi hamda lazer insonning ko'ziga zarar yetkazishi mumkin. Shu sababdan, kompyuter ko'rishga asoslangan usul eng yaxshi yechim hisoblanadi. Monteiro tomonidan kamera atrofida sodir bo'layotgan harakatlarni tanib olish va ko'rish qobiliyati zaif insonlar uchun fikr-mulohazalarni berishda konvolyutsion neyron tarmog'idan foydalangan. Shunday qilib, kompyuter ko'rishga asoslangan yondashuvlar ko'rish qobiliyati zaif insonlarga atrof-muhitni his qilishlariga va to'siqlardan ishonchliroq qochishlariga yordam beradi.

Matnni aniqlash. Oldingi bir qancha tadqiqotlar real vaqt rejimida matnni aniqlashni amalga oshiradigan mustahkam tizimlarni ishlab chiqishga qaratilgan. Ular ko'p hollarda kitob yoki ekrandagi kontentni olish uchun chegaralarni aniqlash va optik belgilarni aniqlash (OCR-Optical Character Recognition) kabi kompyuter ko'rish usullaridan foydalanilgan. Masalan, Pei va Zhu tomonidan Tesseractga asoslangan real vaqt rejimida matnni aniqlash tizimi taqdim etilgan. Long Short-Term Memory (LSTM) arxitekturasini o'z ichiga olgan yangi xususiyatli so'zlar va satrni aniqlash vazifasini bajaradi. Har bir kadr uchun matnni aniqlaydi va bashorat qiladi, keyin har bir kadr uchun bashorat yorliqlarini yakuniy ketma-ketlikka aylantiradi. Mukhiddinov va Cho kabi olimlarning tadqiqotlarida OCR orqali matnni end-to-end tanib olish algoritmidan foydalanib aniqlash amalga oshirilgan, uning asosiy komponenti matnni tanib olish uchun o'zgartirilgan to'liq konvolyutsion tarmoq hisoblanadi.

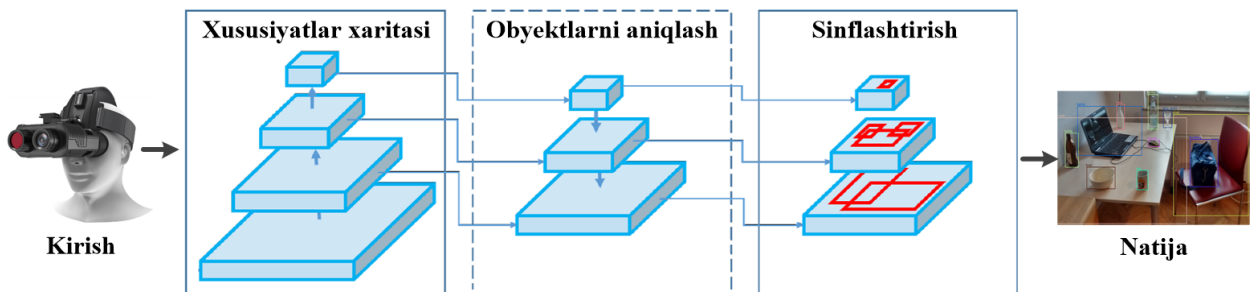
Tadqiqot natijalari

Ko'zi ojiz insonlarning kundalik hayotdagi turli holatlari va ehtiyojlarini hisobga olgan holda, uchta asosiy talabni bajarish kerak. Shu maqsadda, 1-rasmda YOLO algoritmi asosida atrof-muhitni idrok etadigan yordamchi tizim uchun taklif qilingan dizayn ko'rsatilgan. Bu yerda tasvirlar kamera yordamida olinadi va neyron tarmoq modeli mos masofadagi tashqi obyektlarni va kitob yoki ekrandagi kontentni aniqlaydi. Ma'lumotlarni yig'ish va monitoring qilish uchun natijalarni markaziy severga yuklash mumkin.



1-rasm. Obyektni tanib olish, to'siqlar masofasini o'lchash va matni aniqlashga tavsiya etilgan dizayn.

Obyektlarni tanib olish YOLO algoritmi tomonidan amalga oshiriladi, bunday chuqur neyron tarmoqlardan foydalanish orqali obyektni tanib olishning aniqligi va tezligi oshirildi. U tasvirni bo'laklarga bo'lish va har bir bo'lakdagi katakchalar uchun chegaralovchi qutilarni bashorat qilish orqali ishlaydi, shuning uchun ular atrofida chegaralovchi qutilarni yaratishda tasvirdagi bir nechta obyektlarni tanib olishi mumkin. Bundan tashqari, uning yengil ishlashi cheklangan ishlov berish quvvatiga ega bo'lgan qurilmalarga mos va Raspberry Pi ga integratsiya qilish imkonini beradi. Bu tadqiqotda YOLO neyron tarmog'idan foydalanildi, uni asosan uchta qatlarga bo'lish mumkin: xususiyatlar xaritasi, obyektlarni aniqlash, sinflashtirish (2-rasm).

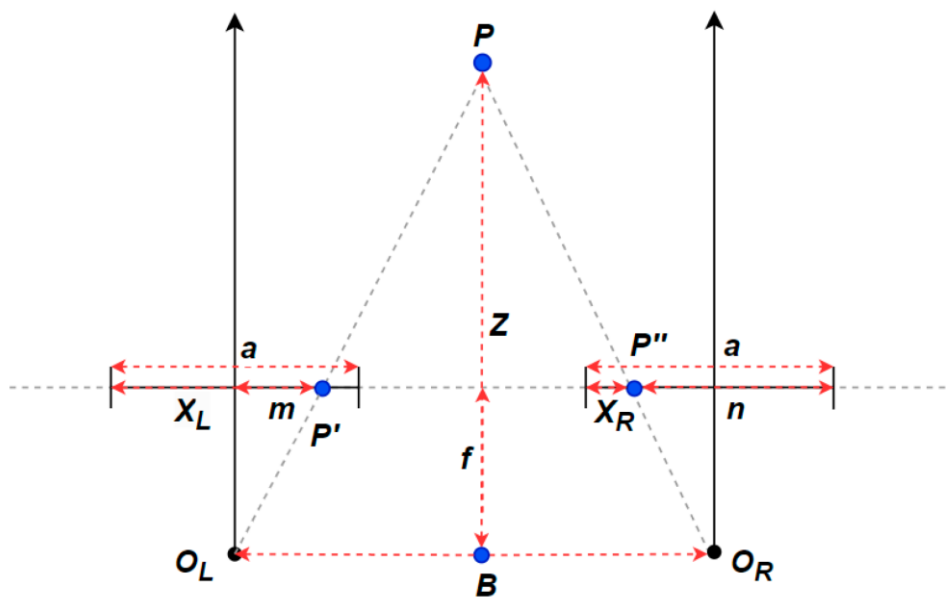


2-rasm. YOLO arxitekturasi.

Birinchi qatlam kameradan olingan kiruvchi tasvirlardan xususiyatlarni ajratib olish uchun ma'sul. Xususiyatlar xaritasi qatlami CNN modeli orqali turli masshtablarda ierarxik xususiyatlarni to'plash uchun bir qator konvolyutsiya va birlashtirish operatsiyalarini bajaradigan tayanch bo'lib xizmat qiladi. Obyektlarni aniqlash qatlami xususiyatlar xaritasi qatlamining chiqishi bilan bog'laydi

va turli o'lchamdagi obyektlarni aniqlash qobiliyatini yaxshilashi mumkin bo'lgan xususiyat sintezidan foydalanadi. Nihoyat, sinflashtirish qatlami obyektning yakuniy bashoratini chegaralovchi quti bilan ifodalaydi.

Obyektlarni tanib olishdan tashqari, to'siqlardan qochish nazoratini amalga oshirish uchun ko'zi o'z insonlar oldidagi to'siqlarni masofadan o'lchashga erishish muhimdir. Shu maqsadda binokulyar ko'rish diapazoni usuli binokulyar kameradan (Intel RealSense D435) yozib olingan ma'lumotlardan foydalaniladi. 3-rasmda ko'rsatilganidek, bu yerda O_L va O_R chap va o'ng linzalarga ishora qiladi, f kameraning fokus uzunligini bildiradi, B chap va o'ng linzalar orasidagi masofani bildiradi, a - linzaning kengligi, P - to'siqning maqsad nuqtasi, P' , P'' - P va ikkita linzalarning kesishish nuqtalari, m - linzalarning o'rta nuqtasi, n - linzaning so'nggi nuqtasi va Z - to'siqlardan asosiy chiziqqacha bo'lgan masofani ifodalaydi.



3-rasm. To'siqlargacha bo'lgan masofani binokulyar ko'rish usuli asosida o'lchash.

Matematik jihatdan ularning munosabatlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{Z-f}{Z} = \frac{B-(m+n)}{B} \quad (1)$$

$$X_L = \frac{a}{2} + m \quad (2)$$

$$X_R = \frac{a}{2} - n \quad (3)$$

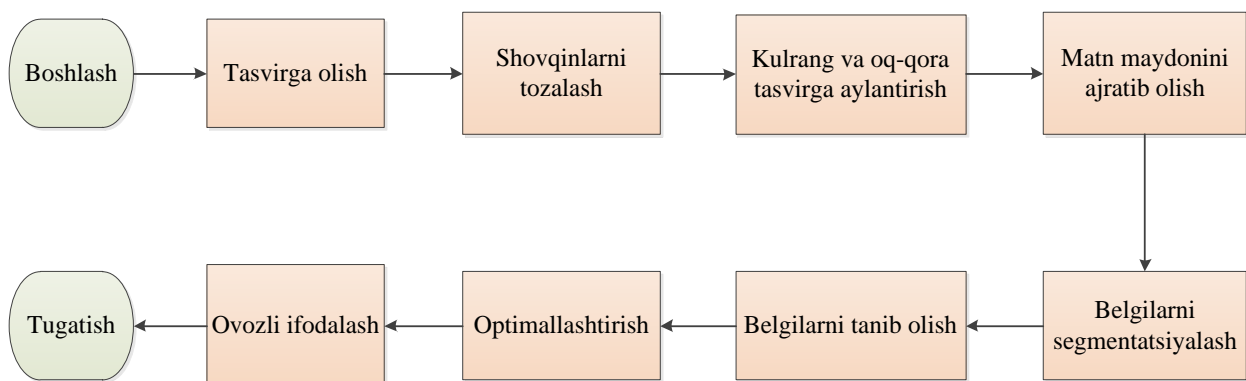
(1), (2) va (3) formulalarni birlashtirib, (4) formulani hosil qilamiz:

$$Z = \frac{B \cdot f}{X_L - X_R} = \frac{B \cdot f}{d} \quad (4)$$



Bu yerda Z o'zaro B , f va d (tegishli chap va o'ng nuqtalarning paralaksi, ya'ni X_L-X_R) bilan bog'liq. B va f kameraning o'zgarish qiyamtlari bo'lib, ular nisbatan o'zgarishdir va har bir nuqtaning paralaksi d qiymati olinganda, Z qiymatini (to'siqlar masofasi) mos ravishda baholash mumkin. Natijada, agar to'siq aniqlansa va foydalanuvchilargacha bo'lgan masofa o'lchansa, yordamchi tizim obyektlarning toifasini ko'rish qobiliyati zaif insonlarga tegishli masofa bilan xabar qilishi mumkin.

Bundan tashqari, kitob yoki ekrandagi kontentni o'qish vaqtida duch keladigan muammolarni hal qilish uchun OCR asosidagi matnni aniqlash usuli ovozli yordamchi bilan birgalikda qo'llanildi. Butun jarayon 4-rasmda ko'rsatilgandek, bir necha bosqichlarni o'z ichiga oladi. Dastlab binokulyar kameradan tasvir olinadi, so'ngra tasvir shovqinini kamaytirish uchun namuna olinadi. Keyinchalik, tasvirdan tegishli matn hududini olish uchun kulrang tasvirga aylantiriladi va binarizatsiya qo'llaniladi. Shundan so'ng, alohida belgilarni segmentlarga bo'lish uchun belgilarni ajratib olish qo'llaniladi. Keyingi qadam segmentlangan tasvirni skanerlashni o'z ichiga oladi va muhim belgilardan xususiyat vektorlari olinadi. Xususiyat vektorlarini optimallashtirish maqsadida shablon kutubxonasiga moslashtiriladi, bu esa shablonlarni aniq moslashtirish va belgilarni aniqlash imkonini beradi. Nihoyat, natijalar ko'rishda nuqsoni bo'lgan insonlar uchun o'qish muammolarini hal qiladigan ovozli yordamchi orqali ifodalanadi.

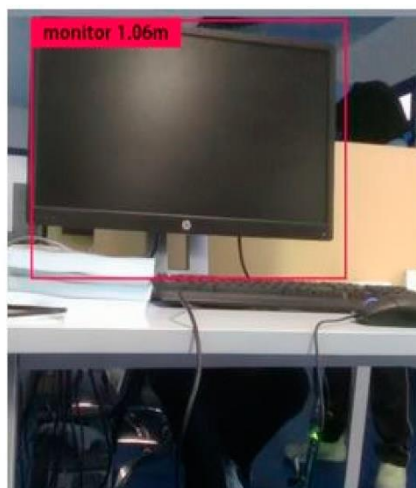


4-rasm. Matnni tanib olish tuzilmasi.

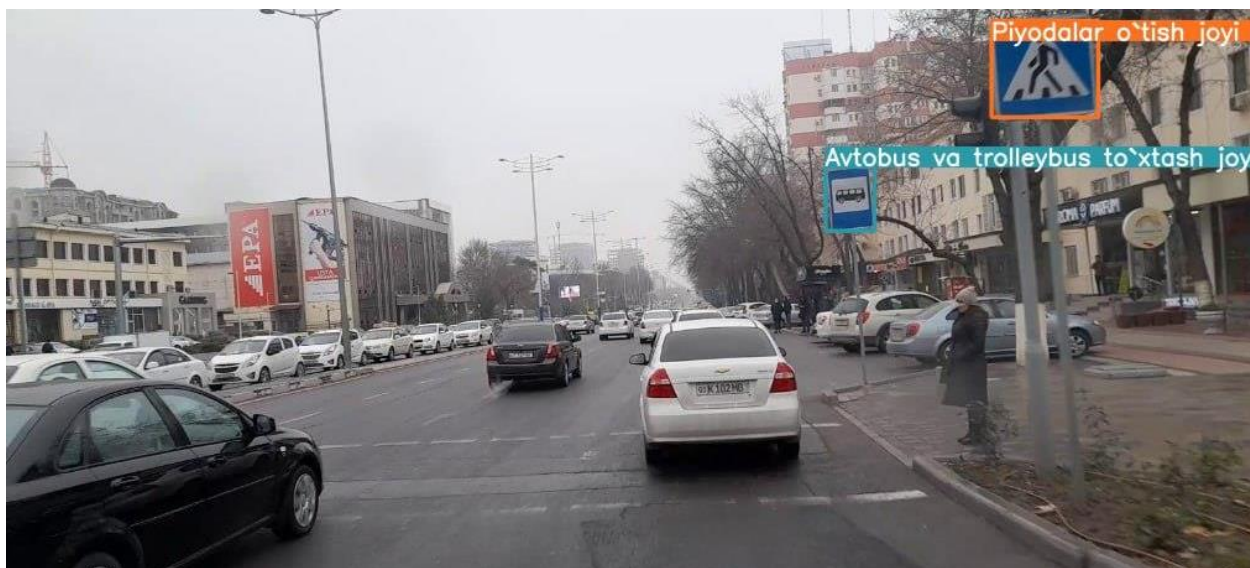
Tadqiqot natijalari tahlili

Eksperimental amaliyot asosan ishlab chiqilgan algoritmlar orqali uchta asosiy masalani tekshirishni o'z ichiga oldi. Uning maqsadi ushbu tizim turli sharoitlarda ushbu funksiyalarni bajarishi mumkinligini tekshirishdir. Tajribalar obyektlarni tanib olish, to'siq masofasini o'lchash va matnni aniqlash uchun o'rnatilgan Raspberry Pi ga ulangan binokulyar kameraga ega. Yuqorida aytib o'tilganidek, real vaqt rejimi talablarini bajarish uchun yordamchi tizim tomonidan amalga oshirildi.

Obyektlarni tanib olish va to'siqlar masofasini o'lchashni tekshirish uchun bino ichida va bino tashqarisida aniqlanadigan bitta yoki bir nechta obyektlarni o'z ichiga olgan 20 ta holatdan foydalangan holda baholash o'tkazildi. Natijalar bino ichida 5-rasmda va bino tashqarisida 6-rasmda ko'rsatilganidek, tegishli masofaga ega bo'lgan berilgan obyektни qamrab oldi. Turli sinov holatlarida obyektlarni tanib olishning batafsil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.



5-rasm. Binoda ichida olingan tasvirlar yordamida obyektlarni tanib olish va to‘siq masofasini o‘lchash natijalariga misol.



6-rasm. Bino tashqarisida olingan tasvirlar yordamida obyektlarni tanib olish va to‘siq masofasini o‘lchash natijalariga misol.

1-jadval natijalari bitta, ikkita va uchta obyektli holatlar uchun yuqori aniqlikni ko‘rsatadi. Biroq, tasvirdagi obyektlar soni ortishi bilan, ayniqsa, o‘xshash ko‘rinishdagi obyektlar uchun xatoliklar kuzatildi. Masalan, 10 va 13 holatlarda kompyuter monitori televizor sifatida noto‘g‘ri identifikatsiya qilingan, 19 va 20 holatlarda esa mototsikl velosiped sifatida noto‘g‘ri aniqlangan, bu o‘xshash obyektlarni tanib olish qobiliyatini yaxshilash uchun qo‘shimcha ma’lumotlarni qayta ishlash zarurligini bildiradi. Yordamchi tizim obyektlarni tanib olishning taxminan 92,16% aniqligiga erisha oldi (20 holatda jami 51 tadan 47 ta to‘g‘ri bashorat va atigi 4 tasi xato), bu ko‘rish qobiliyati zaif insonlarga obyekt haqida ma’lumot berish uchun yetarli hisoblanadi.



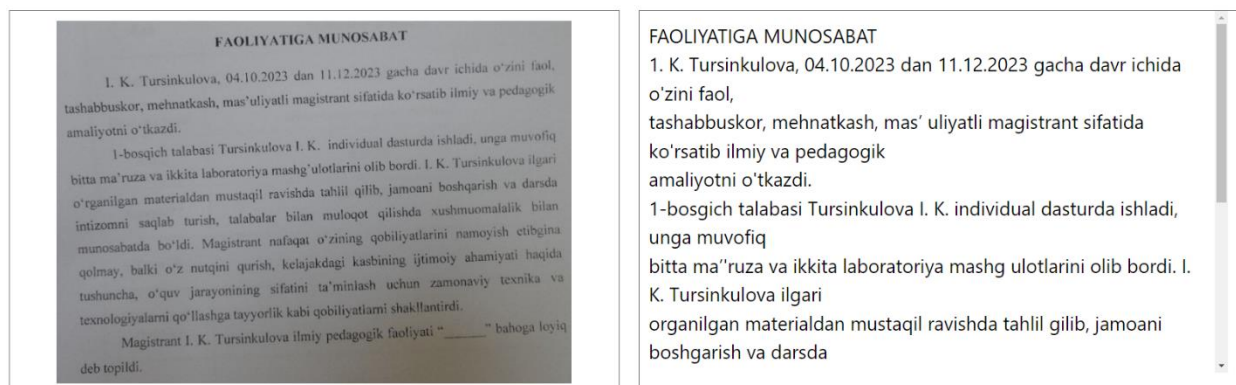
Turli hollarda obyektlarni tanib olish ko'rsatkichlari

Holatlar	Obyektlar soni	Haqiqiy obyektlar	Belgilangan obyektlar	Nato'g'ri obyektlar
1	bitta	odam	odam	yo'q
2	bitta	kubok	kubok	yo'q
3	bitta	qalam	qalam	yo'q
4	bitta	klaviatura	klaviatura	yo'q
5	bitta	monitor	monitor	yo'q
6	ikkita	odam, shisha	odam, shisha	yo'q
7	ikkita	kreslo, sichqoncha	kreslo, sichqoncha	yo'q
8	uchta	kitob, qalam, telefon	kitob, qalam, telefon	yo'q
9	uchta	odam, kubok, stul	odam, kubok, stul	yo'q
10	to'rta	odam, sichqoncha, monitor, klaviatura	odam, sichqoncha, televizor, klaviatura	manitor
11	to'rta	odam, shisha, stul, telefon	odam, shisha, stul, telefon	yo'q
12	to'rta	kitob, qalam, sichqoncha, klaviatura	kitob, qalam, sichqoncha, klaviatura	yo'q
13	beshta	odam, shisha, stul, sichqoncha, monitor	odam, shisha, stul, sichqoncha, televizor	manitor
14	bitta	avtomobil	avtomobil	yo'q
15	ikkita	velosiped, motosikl	velosiped, motosikl	yo'q
16	ikkita	odam, avtomobil	odam, avtomobil	yo'q
17	uchta	odam, mashina, daraxt	odam, mashina, daraxt	yo'q
18	uchta	odam, velosiped, avtomobil	odam, velosiped, avtomobil	yo'q
19	uchta	odam, motosikl, avtomobil	odam, velosiped, avtomobil	motosikl
20	beshta	odam, daraxt, avtomobil, motosikl	odam, daraxt, avtomobil, velosiped	motosikl

Masofani o'lchash natijalariga kelsak, 1-jadvalda keltirilgan barcha holatlar orasida bir nechta obyektlar nomi noto'g'ri aniqlangan bo'lsada, ularning tegishli masofalarini olish mumkin va diapazoni 0,71–65,54 m. Mobil ilova bilan taqqoslaganda, og'ish darajasi 0,28–6,32% ni tashkil qiladi, masofa qanchalik uzoq bo'lsa, og'ish darajasi shunchalik yuqori bo'ladi. Masofa oshgani sayin, ushbu uzoqdagi obyektlar uchun tasvirlardagi mos nuqtalar orasidagi tafovut kichikroq bo'lib, chuqurlikni baholashning aniqligini pasaytiradi. Shuning uchun, chuqurlikni hisoblash usuli tufayli uzoq masofalarda cheklovlar mavjud.

Bundan tashqari, OCR usuli ko'rish qobiliyati zaif insonlar uchun real vaqt rejimida o'qish tajribasini yaxshilash uchun mo'ljallangan, masalan, odatda bino ichida bo'lgan kitob yoki ekran kontentini o'qish. Shuning uchun uni baholash kitobdan olingan o'nta matn asosida amalga oshirildi

va namunaviy natijalar 7-rasmda ko‘rsatilgan. Shunisi e‘tiborga loyiqlik, ushbu test holatida barcha so‘zlarni aniqlash mumkin.



7-rasm. Matnni aniqlash natijalariga misol.

Qo‘shimcha holatlar turli xil sonli so‘zlarni o‘z ichiga olgan va natijalar 2-jadvalda keltirilgan. Real vaqt rejimida matnni aniqlashda juda kichik xatolarga olib kelishi mumkin bo‘lsada, aniqlik taxminan 99,87% ni tashkil etdi. EasyOCR and Tesseract algoritmlari [27] yordamida olingan natijalar bilan solishtirma ko‘rsatkichlar 3-jadvalda keltirilgan. Shunday qilib, Bluetooth audio uskunasini orqali bunday so‘zlarni ifodalash orqali ko‘rish qobiliyati zaif insonlar kundalik hayotda o‘qish tajribasini yaxshilashlari mumkin.

2-jadval

Turli holatlardagi matnni aniqlash ko‘rsatkichlari

Holatl	Asl so‘zlar soni	To‘g‘ri so‘zlar soni	Aniqlik (%)
1	263	263	100
2	422	422	100
3	489	489	100
4	784	783	99.87
5	986	980	99.39

3-jadval

Turli algoritmlar yordamida matn belgilarini aniqlash ko‘rsatkichlari

Holatl	TesseractOCR (%)	EasyOCR (%)	Bizning yondashuv (%)
1	99.55	99.55	99.68
2	100	99.53	99.81
3	100	100	100
4	100	99.02	100
5	97.97	75.38	98.79

Xulosalar

Ushbu maqolada obyektlarni tanib olish, to‘siqlar masofasini o‘lchash va matnni aniqlash kabi vazifalarni bajaruvchi ko‘rish qobiliyati zaif insonlar uchun qulaylikni oshirish uchun yordamchi tizim taklif etildi. Bundan tashqari, foydalanuvchilarga aniqlangan natijalarini yetkazadigan ovozli yordamchi mavjud. Tadqiqot tajribalari obyektlarni tanib olish va matnni aniqlash uchun mos



ravishda 92,16% va 99,87% yuqori aniqlikni ko'rsatdi. Mobil ilovaga nisbatan to'siqlar masofasini o'lchashda kuzatilgan maksimal og'ish darajasi 6,32% ni tashkil qildi. Bunday natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilayotgan tizim mavjud tijorat qurilmalari bilan raqobatlasha oladi. Arzon va ko'p funksiyali yordamchi tizim ko'rish qobiliyati zaif insonlarning ehtiyojlarini qondirish uchun mos va qulay yechim bo'lib, ularning xavfsizligi va farovonligi uchun xizmat qiladi.

Kelajakda yetarlicha katta ma'lumotlar to'plami yordamida tanib olishning aniqligini yanada yaxshilash uchun yordamchi tizimda kuchaytirilgan chuqur neyron tarmog'I kabi bir nechta ilg'or modellar o'rganiladi. Bundan tashqari, his-tuyg'ularni aniqlash va charchoqni aniqlash kabi qo'shimcha funksiyalar ko'rish qobiliyati zaif insonlarning umumiy hayot sifatini yaxshilash uchun ishlab chiqiladi.

REFERENCES

1. LESH Visual Impairment & Blindness Global Data & Statistics 2023 Update: <https://www.lasereyesurgeryhub.co.uk/data/visual-impairment-blindness-data-statistics/>.
2. O'zbekiston ko'zi ojizlar jamiyati: <https://uzkoj.uz/about-us/>.
3. El-Rashidy, N.; El-Sappagh, S.; Islam, S.M.R.; El-Bakry, H.M.; Abdelrazek, S. Mobile health in remote patient monitoring for chronic diseases: Principles, trends, and challenges. *Diagnostics* 2021, 11, 607.
4. Jivrajani, K.; Patel, S.K.; Parmar, C.; Surve, J.; Ahmed, K.; Bui, F.M.; Al-Zahrani, F.A. AIoT-based smart stick for visually impaired person. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 2023, 72, 2501311.
5. Husin, M.H.; Lim, Y.K. InWalker: Smart white cane for the blind. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 2020, 15, 701–707.
6. Glenk, L.M.; Pr'ibylová, L.; Stetina, B.U.; Demirel, S.; Weissenbacher, K. Perceptions on health benefits of guide dog ownership in an Austrian population of blind people with and without a guide dog. *Animals* 2019, 9, 428.
7. Chang, W.; Chen, L.; Hsu, C.; Chen, J.; Yang, T.; Lin, C. MedGlasses: A wearable smart-glasses-based drug pill recognition system using deep learning for visually impaired chronic patients. *IEEE Access* 2020, 8, 17013–17024.
8. Kuriakose, B.; Shrestha, R.; Sandnes, F.E. Tools and technologies for blind and visually impaired navigation support: A review. *IETE Tech. Rev.* 2020, 39, 3.
9. Li, B.; Muñoz, J.P.; Rong, X.; Chen, Q.; Xiao, J.; Tian, Y.; Ardit, A.; Yousuf, M. Vision-based mobile indoor assistive navigation aid for blind people. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2019, 18, 702–714.
10. Plikynas, D.; Žvironas, A.; Gudauskis, M.; Budrionis, A.; Daniušis, P.; Sliesoraityte, I. Research advances of indoor navigation for blind people: A brief review of technological instrumentation. *IEEE Instrum. Meas. Mag.* 2020, 23, 22.
11. Lowe, D.G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *Int. J. Comput. Vis.* 2004, 60, 91–110.
12. Bay, H.; Ess, A.; Tuytelaars, T.; Van Gool, L. Speeded-up robust features (SURF). *Comput. Vis. Image Underst.* 2008, 110, 346–359.
13. Xiao, Y.; Tian, Z.; Yu, J.; Zhang, Y.; Liu, S.; Du, S.; Lan, X. A review of object detection based on deep learning. *Multimed. Tools Appl.* 2020, 79, 23729–23791.

KORPARATIV TARMOQ TRAFIGIDA SHUBHALI PAKETLARNI ANIQLASH ALGORITMI

kapitan Raxmonov N.N.

O‘R MV Kiberxavfsizlik departamenti bo‘lim boshlig‘i

DSc., dotsent Turapov Sh.N.

AKT va AHI, Axborotni kriptografik himoyalash va maxsus aloqa kafedrası boshlig‘i

kapitan Qodirov Jahongir Alisherjon o‘g‘li

O‘R MV Kiberxavfsizlik departamenti bo‘lim boshlig‘i o‘rinbosari

kapitan Anvarov Sh.S.

O‘R MV Kiberxavfsizlik departamenti boshqarma boshlig‘i o‘rinbosari

Annotatsiya: Ushbu maqolada korporativ tarmoqlarda IP-trafikni tahlil qilish va shubhali paketlarni aniqlash uchun mashinali o‘qitishga asoslangan model taklif etilgan. Tadqiqotda o‘qituvchi bilan, o‘qituvchisiz va qisman o‘qituvchi bilan o‘qitish usullari qo‘llanilgan. Trafik statistikasi va paket xususiyatlari asosida zararli trafikni aniqlash samaradorligi oshirilishi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: Korporativ tarmoq, IP-trafik, shubhali paket, mashinali o‘qitish, trafik tasniflash, DDoS hujum, fishing, IDS, tarmoq monitoringi, kiberxavfsizlik.

Kirish. Shubhali paketlarni aniqlash ro‘yxatlari tarmoqdagi turli tahdidlar va zararli harakatlar haqidagi ma‘lumotlarni o‘z ichiga olgan maxsus ma‘lumotlar bazalaridir. Ushbu ro‘yxatlar muntazam ravishda yangilanadi va yangi ma‘lum tahdidlar, zararli IP-manzillar, domenlar, fayl xeshlari va zararli faoliyatning boshqa xususiyatlari to‘g‘risidagi ma‘lumotlarni o‘z ichiga oladi. Shubhali paketlarni aniqlashda ikkita qora va oq qoidalar ro‘yxatlaridan foydalaniladi. Shubhali paketlarni aniqlash tuzilmasi quyidagi bosqichlardan iborat:

Yumshatish bosqichi

Yumshatish bosqichi quyida keltirilgan beshta jadvaldan iborat:

1. Qora ro‘yxat jadvali buzg‘unchining MAC-manzilini blokirovka qiladi va foydalanuvchilarga kerakli ma‘lumotlar to‘plamini taqdim qiladi.
2. Oq ro‘yxat jadvali paketning manba MAC-manzilini tekshiradi. Agar mos yozuv bo‘lsa, paket yo‘naltiriladi. Aks holda, SYN paketi tekshirish-sinxronlash jadvaliga joylashtiriladi, ACK paketi tekshirishni tasdiqlash jadvaliga joylashtiriladi va paketning qolgan qismi o‘chiriladi.
3. Yo‘naltirish jadvali paketlarni tegishli chiqish portiga yo‘naltiradi.
4. Sinxronizatsiyani tekshirish jadvali agar paket 256 ta yozuvdan biriga mos kelsa, SYN va ACK paketlari sinxronlashtiriladi va buzg‘unchi aniqlanadi.
5. Tasdiqlash jadvali paketning ACK raqamini tekshiradi. Agar ACK raqami to‘g‘ri bo‘lsa, buzg‘unchi aniqlangan hisoblanadi. Aks holda paket tashlab yuboriladi.

Aniqlash bosqichi

Registrlarda qiymatlarni saqlash uchun xesh-jadval va jadvaldagi slotda esa kalit va qiymat mavjud. Kalit ikkita maydonni saqlaydi: IP va MAC-manzillar, qiymat esa hisoblagichni saqlaydi. Aniqlash bosqichi uchta harakatni amalga oshirish modullariga bo‘linadi: slotga qo‘shish, slotni tozalash hamda paket xususiyatlari va sinf belgilari modullari.

Slotga qo‘shish moduli. Kalit sifatida paketning manba IP va MAC manzillaridan foydalanib,



k indeksga mos keladigan k ni olish uchun turli xesh-funksiyalar yordamida hisoblab chiqiladi. Agar kalit xesh-jadvalda mavjud bo'lmasa, k sloti bo'sh slot mavjudligini tekshiradi, agar bo'sh slot bo'lmasa, paket mijozga qaytariladi; aks holda kalit saqlanadi hamda hisoblagich 1 ga o'rnatiladi. Bundan tashqari, agar kalit xesh-jadvalda mavjud bo'lsa, hisoblagich 1 ga oshiriladi va hisoblagich T chegarasidan oshib ketganligi tekshiriladi. Chegara T ulanishining buzilishiga ruxsat berilganligini bildiradi. Agar hisoblagich chegaradan oshib ketgan bo'lsa, kommutator kontrollerga xulosa ma'lumotlarini yuboradi keyin kontroller kalitning MAC manzilini qora ro'yxat jadvaliga qo'shadi.

Slotni tozalash moduli. Slotni tozalashda kirish elementi kaliti yordamida kirish mumkin bo'lgan k slotlar sonini oladi. So'ngra kalitni xesh-jadvalida mavjudligini tekshiradi.

Paket xususiyatlari va sinf belgilari moduli. Shubhali paketlarni aniqlashda tarmoq paketlarining manba va maqsad IP-manzili, port, protokol, paket o'lchami hamda har bir paket uchun paketning shubhali yoki shubhali emasligini ko'rsatuvchi sinf belgilarini o'z ichiga olgan ma'lumotlar to'plami mavjud. Bu to'plamni quyidagicha tavsiflash kerak bo'ladi:

Paket xususiyatlari. Har bir tarmoq paketi bir qator xususiyatlar bilan tavsiflanadi:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (4.4)$$

Bu yerda, x_i – paketning o'ziga xos xususiyatini ifodalaydi, masalan, IP-manzil, port, protokol va boshqalar.

Sinf belgilari. Agar $y = 1$ bo'lsa paket shubhali bo'lsin, agar $y = 0$ bo'lsa normal paket bo'lsin, ya'ni

$$F(x) = \begin{cases} y = 1, & \text{paket shubhali hisoblanadi} \\ y = 0, & \text{paket zararli hisoblanadi} \end{cases} \quad (4.5)$$

Shubhali paketlar ulushini aniqlashda paket xususiyatlari va sinf belgilari asosida logistik regressiya usulidan foydalanish maqsadga muvofiq sanaladi [1, 73-b], sababi mazkur usulda ikkita ma'lumot omili o'rtasidagi munosabatlarni topishda foydalaniladi, ya'ni

$$LR_v(X) = \frac{1}{1 + e^{-vX}} \quad (4.6)$$

Bu yerda, v –vektor parametrlari hisoblanadi.

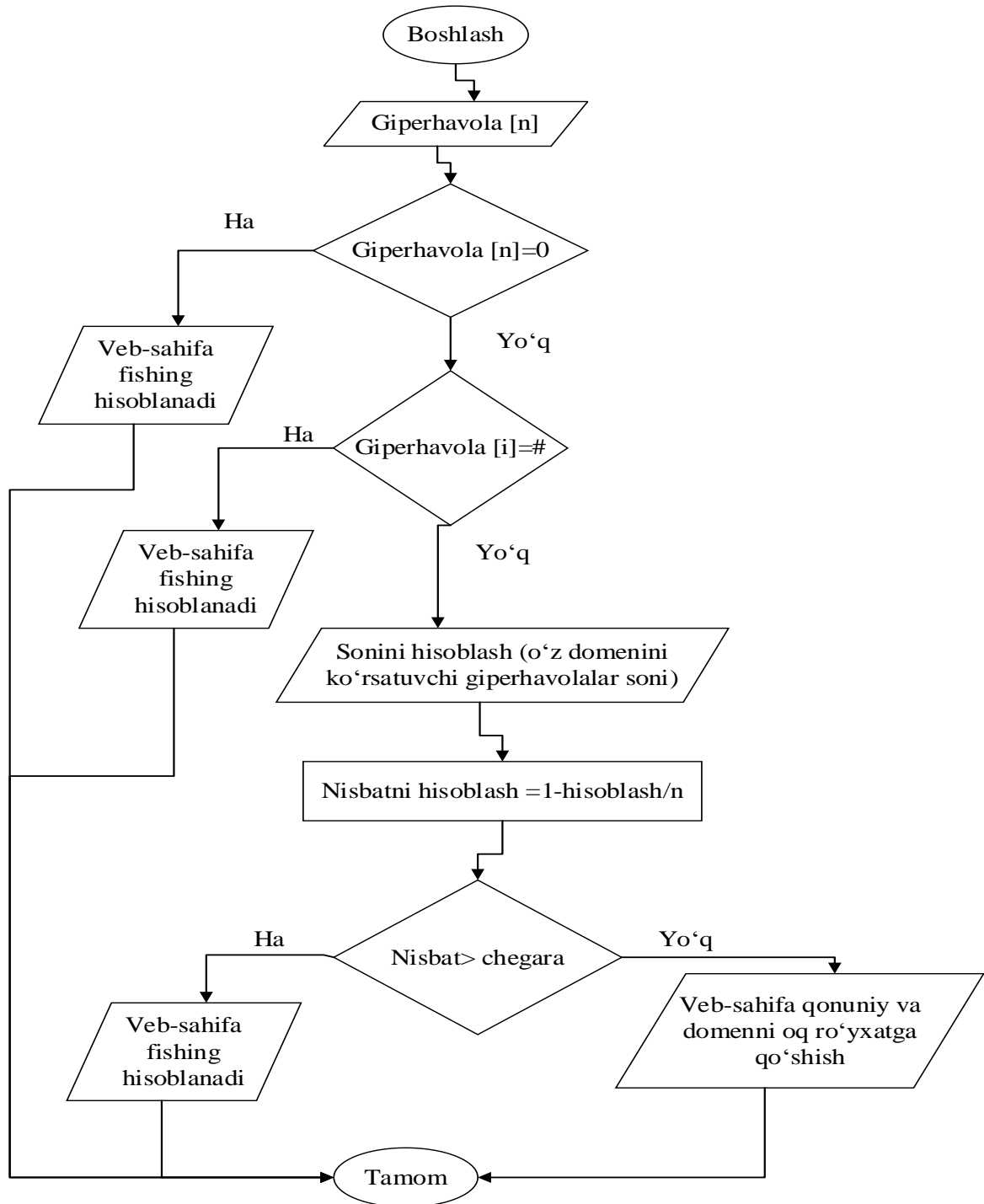
Fishing hujumlarini aniqlash bosqichi

1-rasmda fishing hujumlarini aniqlash algoritmining blok-sxemasi taklif etilgan.

Fishing hujumini aniqlash bosqichi ikkita modulga bo'lingan. Birinchi modul URL va DNS solishtirish moduli bo'lib, unda ish vaqtini oshirish va yolg'on xabarlarini kamaytirish uchun foydalaniladigan oq ro'yxat mavjud [2]. Oq ro'yxat ikkita parametрни qo'llab-quvvatlaydi: domen nomi va mos IP-manzil.

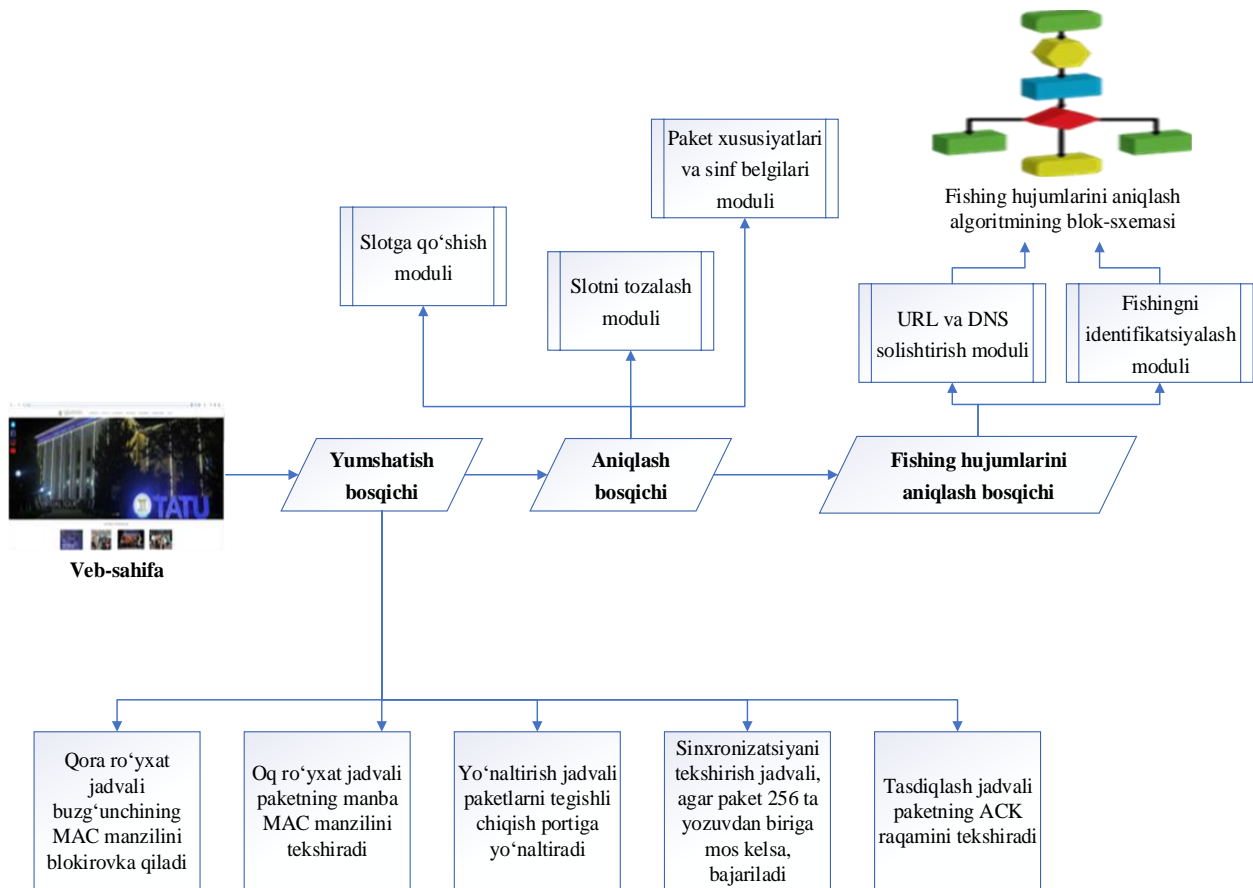
Domen nomi. Har safar foydalanuvchi veb-saytga kirganda, tizim joriy veb-saytning domen nomi bilan oq ro'yxatga mos kelishini tekshiradi.

Mos IP-manzil. Agar joriy veb-sayt domeni oq ro'yxatga mos kelsa, tizim qaror qabul qilish uchun IP-manzilni moslashtiradi [3,4,5-72-bet].



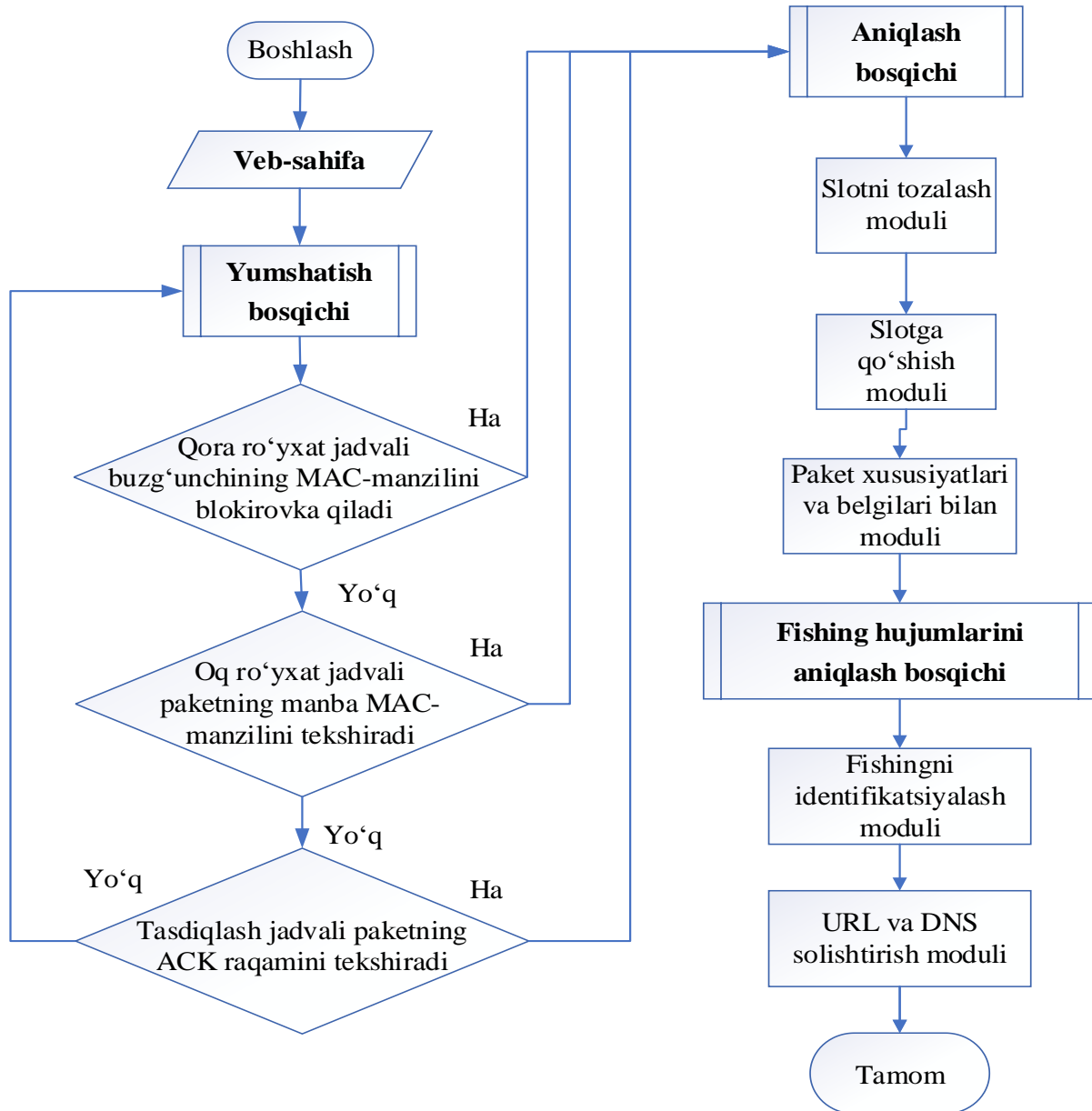
1-rasm. Fishing hujumlarini aniqlash algoritmining blok-sxemasi

Agar foydalanuvchi oq ro'yxatga kiritilgan veb-saytga kirsam, DNS hujumini tekshirish uchun tegishli domenning IP-manzilini moslashtiradi. Oq ro'yxat noldan boshlanadi. Bu shuni anglatadiki, dastlab ro'yxatda hech qanday domen bo'lmaydi va foydalanuvchi yangi veb-sahifalarga kirishi bilan oq ro'yxat o'sish tartibida to'ldirilishni boshlaydi. 2-rasmda tarmoq trafigidagi shubhali paketlarni aniqlash tuzilmasi taklif etilgan[6,67-bet].



2-rasm. Tarmoq trafigidagi shubhali paketlarni aniqlash tuzilmasi

Foydalanuvchi veb-saytga kirganida, ikkita imkoniyat mavjud: yoki foydalanuvchi veb-saytga birinchi marta yoki u allaqachon veb-saytga kirib bo'lgan. Agar foydalanuvchi saytga birinchi marta kirsa, sayt domeni oq ro'yxatda bo'lmaydi. Bunday holda ikkinchi modul ishlashni boshlaydi, fishingni identifikatsiyalash moduli veb-sahifaning fishing ekanligini tekshiradi va veb-sahifadan giperhavolalarni qabul qiladi va giperhavolalarni fishingni aniqlash algoritmiga yo'naltiradi. Fishingni aniqlash algoritmi qaror qabul qilish uchun giperhavolalar xususiyatlarini tahlil qiladi. Tarmoq trafigidagi shubhali paketlarni aniqlash tuzilmasi asosida 3-rasmda shubhali paketlarni aniqlash algoritmining blok-sxemasi taklif etilgan.



3-rasm. Tarmoq trafigidagi shubhali paketlarni aniqlash algoritmining blok-sxemasi

Veb havolani zararsizligini tekshirgandan so'ng, agar sayt fishing bo'lsa, tizim foydalanuvchini ogohlantiradi. Agar sayt zararsiz bo'lsa, tizim oq ro'yxatdagi domenlarni yangilashga imkon beradi. Tarmoq trafigidagi shubhali paketlarni aniqlash bo'yicha taklif etilgan algoritm giperhavo funksiyalaridan foydalanib veb-sahifaning zararsizligini tekshirish va domenlarni soxta hujumlardan himoya qilishga imkon beradi.

Xulosa:

Maqolada taklif etilgan model korporativ tarmoqlarda zararli trafikni aniqlashda an'anaviy usullarga nisbatan samaraliroq ekanligi ko'rsatib berilgan. Paketlarning IP va MAC manzillari, port raqamlari, protokol turi va hajmi kabi xususiyatlar asosida trafikni chuqur tahlil qilish imkoniyati yaratiladi. Qora va oq ro'yxatlar, xesh-jadvallar hamda logistik regressiya usulidan foydalanish shubhali faoliyatni tez va aniq aniqlashga yordam beradi. Bundan tashqari, fishing hujumlarini aniqlash uchun URL va DNS tekshiruv mexanizmlarining qo'llanilishi foydalanuvchilarni soxta saytlar orqali amalga oshiriladigan hujumlardan



himoyalash imkonini beradi. Umuman olganda, taklif etilgan algoritmlar tarmoq xavfsizligini oshirish, real vaqt rejimida tahdidlarni aniqlash va kiberhujumlarga qarshi samarali himoya tizimini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. А.С. Потапова, В.В. Батищева, Ш. Панс. Улучшение качества распознавания в сетях глубокого обучения с помощью метода имитации отжига. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics 2014, № 5 (93), стр.71-76
2. Gulomov Sherzod Rajaboevich, Kadirov Mir-Xusan Mirpulatovich, Tashev Sarvar Norboboevich. The structure of tracking suspicious packets in network traffic. 2023 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) , Tashkent, Uzbekistan, pp.4
3. Gulomov Sh.R., Kadirov M.M., Karimova N.A., Raximjonov U.Sh. Building a k-means algorithm to reduce false positives when determining a network attacks. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 10 , October 2019. – P. 11107-11111
4. Sh.R.G‘ulomov. Uzfirewall-next generation firewall apparat-dasturiy vositasining funksional strukturasi. «Xalq xo‘jaligi sohasida ilg‘or texnologiyalar tadbiri muammolari» mavzusidagi hududiy ilmiy-texnik konferensiyasi 2023-yil, 27-dekabr, Nukus. -B.136-140
5. Бороненко Т. А., Кайсина А. В., Федотова В. С. Концептуальная модель понятия цифровой грамотности // Перспективы науки и образования. 2020. № 4 (46). - С. 47-73. doi: 10.32744/pse.2020.4.4
6. Н.В. Родионов, Р.С. Загидуллин. Разработка концептуальной модели информационной среды инноваций. International Scientific Conference Proceedings PIT 2021 “Advanced Information Technologies and Scientific Computing”, -С. 580-583

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ КОД АНАЛИЗ

С.Б.Пардабаев¹, З.Н.Азимова²

University of Management and future Technologies,

University of Management and future Technologies

forzillas099@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается роль комбинаторики в анализе устойчивости PIN-кодов как одного из базовых механизмов защиты информации в условиях цифровизации. Показано, что повседневно используемые коды и пароли могут быть исследованы с точки зрения вероятностных и комбинаторных моделей, позволяющих количественно оценить степень их защищённости от подбора. Особое внимание уделяется практической значимости комбинаторных методов, лежащих в основе современных алгоритмов шифрования и криптоанализа. На примере PIN-кодов демонстрируется, что даже простые математические рассуждения позволяют делать обоснованные выводы о реальной надёжности систем информационной безопасности. Работа подчёркивает связь теоретических основ дискретной математики с прикладными задачами защиты данных и формирует представление о комбинаторике как важном инструменте анализа криптоустойчивости.

Ключевые слова: Комбинаторика, дискретная математика, информационная безопасность, PIN-код, криптоустойчивость, защита данных, вероятность, подбор паролей.

1. Введение

В условиях стремительного развития цифровых технологий проблема защиты информации приобретает особую актуальность. Персональные и конфиденциальные данные пользователей хранятся в мобильных устройствах, банковских системах и онлайн-сервисах, доступ к которым, как правило, осуществляется с помощью паролей и PIN-кодов. Эти сравнительно простые символьные или числовые комбинации выступают первичным барьером между пользователем и потенциальным злоумышленником, поэтому оценка их надёжности имеет важное практическое значение.

Естественным образом возникает вопрос о том, насколько защищён стандартный PIN-код и можно ли количественно оценить вероятность его подбора. Для ответа на данный вопрос целесообразно обратиться к комбинаторике — разделу дискретной математики, изучающему способы подсчёта, выбора и расположения элементов из конечных множеств. Комбинаторный подход позволяет определить общее число возможных вариантов PIN-кодов и на этой основе оценить вероятность успешного взлома при случайном или систематическом подборе.

Значимость рассматриваемой темы обусловлена тем, что комбинаторные методы лежат в основе множества алгоритмов, применяемых в криптографии, защите информации и криптоанализе. Понимание принципов комбинаторики позволяет не только решать абстрактные математические задачи, но и применять полученные знания для анализа реальных систем безопасности, в том числе для оценки криптоустойчивости паролей и кодов доступа.

В рамках данной работы комбинаторика рассматривается как инструмент анализа стойкости PIN-кодов. Показано, что даже простые математические модели, основанные на подсчёте числа возможных комбинаций и оценке вероятностей, позволяют сделать обоснованные



выводы о фактической надёжности защитных механизмов. Тем самым подчёркивается тесная связь между теоретическими основами дискретной математики и практическими задачами обеспечения информационной безопасности в современных цифровых системах.

2. Понятие и область применения комбинаторики

Комбинаторика является разделом дискретной математики, изучающим методы подсчёта, выбора и упорядочивания элементов конечных множеств. Основная задача комбинаторики заключается в определении числа возможных вариантов реализации некоторого события или структуры при заданных условиях. В отличие от непрерывных разделов математики, комбинаторика оперирует дискретными объектами, что делает её особенно важной для анализа процессов, связанных с конечным числом состояний и решений. Формирование комбинаторики как самостоятельной математической дисциплины было обусловлено практическими задачами, связанными с теорией вероятностей, теорией чисел и анализом алгоритмов. Со временем комбинаторные методы стали неотъемлемой частью многих направлений современной науки и техники, в частности информатики, криптографии и теории алгоритмов. Комбинаторика обеспечивает строгий математический аппарат для оценки сложности задач, количества возможных конфигураций и вариантов перебора. Область применения комбинаторики чрезвычайно широка. В информационных технологиях и компьютерных науках она используется при анализе алгоритмов, оценке вычислительной сложности и проектировании структур данных. В криптографии комбинаторные модели лежат в основе оценки стойкости шифров, паролей и PIN-кодов, поскольку позволяют определить общее число возможных ключей и вероятность их подбора. В теории связи и сетевых технологиях комбинаторика применяется при анализе маршрутизации, кодирования информации и распределения ресурсов.

Комбинаторика также широко применяется в экономике, логистике и управлении, где необходимо оптимально распределять ресурсы, планировать расписания и анализировать возможные сценарии развития процессов. В естественных науках, таких как физика и биология, комбинаторные методы используются при моделировании состояний сложных систем и анализе структурных комбинаций элементов.

Таким образом, комбинаторика представляет собой не только теоретическую математическую дисциплину, но и универсальный инструмент прикладного анализа. Её методы позволяют формализовать и решать широкий круг задач, связанных с подсчётом, выбором и упорядочиванием вариантов, что делает комбинаторику важной составной частью современного научного и инженерного знания.

Хотя комбинаторика часто воспринимается как чисто теоретическая дисциплина, на практике она применяется в самых разных сферах:

- в **информатике** — для проектирования алгоритмов, хэш-функций, структур данных и генераторов случайных чисел;
- в **криптографии** — для анализа количества возможных ключей и устойчивости систем шифрования;
- в **биоинформатике** — для изучения комбинаций генов;
- в **теории вероятностей** — для расчета вероятностей сложных событий.

Таким образом, комбинаторика — это универсальный инструмент, который соединяет абстрактную математику с реальными задачами современного мира.

Основные виды комбинаторных соединений

Основная цель комбинаторики — подсчитать количество возможных способов выбора или упорядочивания элементов. Для этого используются три базовых типа комбинаторных конструкций: перестановки, размещения и сочетания.

- Перестановки описывают все возможные способы расположить различных элементов.
Формула:

$$P_n = n!$$

Например, если у нас есть три цифры (1, 2, 3), то возможные перестановки: 123, 132, 213, 231, 312, 321 — всего $3! = 6$ вариантов

Размещения — это все возможные способы выбрать и упорядочить m элементов из n .
Формула:

$$A_n^m = \frac{n!}{(n-m)!}$$

Пример: если мы выбираем 2 цифры из 5 (1,2,3,4,5), то $A_5^2 = 20$ возможных комбинаций.

- Сочетания — это выбор элементов без учета порядка.
Формула:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

Пример: комбинация из 2 элементов (1 и 2) такая же, как (2 и 1).

Когда речь идёт о PIN-кодах, важно учитывать, что цифры могут повторяться, а порядок играет роль. В этом случае используется размещение с повторениями:

$$\hat{A}_n^m = n^m$$

Здесь n — количество возможных цифр (в случае PIN-кода — 10), а m — длина кода.

Принцип умножения и роль комбинаторики в защите данных

Принцип умножения утверждает: если одно действие можно выполнить n_1 способами, а другое — n_2 , то оба действия вместе можно выполнить $n_1 \times n_2$ способами. Именно этот принцип лежит в основе расчета числа комбинаций в PIN-кодах.

Каждая цифра PIN-кода выбирается независимо, и для каждой позиции существует 10 возможных значений. Следовательно, для кода длиной 5 цифр общее количество комбинаций равно:

$$10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^5 = 100000$$

Этот простой, но мощный принцип позволяет оценить, насколько устойчив код к подбору: чем больше комбинаций, тем ниже вероятность случайного совпадения.

3. Практическая часть: оценка вероятности взлома pin-кода

Алгоритмический анализ: постановка задачи

Представим, что система безопасности использует PIN-код из 5 цифр. Каждая цифра может принимать значения от 0 до 9. Задача злоумышленника — угадать этот код.

Чтобы понять, насколько это сложно, рассчитаем:



1. Общее количество возможных комбинаций;
2. Вероятность успешного угадывания с одной и несколькими попытками;
3. Влияние длины кода на вероятность взлома.

Количество возможных PIN-кодов

Поскольку каждая из пяти цифр может быть выбрана независимо, общее количество комбинаций определяется формулой размещений с повторениями:

$$\hat{A}_{10}^5 = 10^5 = 100000$$

Это означает, что существует сто тысяч уникальных PIN-кодов.

Если длина кода увеличивается до 6 цифр, число комбинаций возрастает до:

$$\hat{A}_{10}^6 = 10^6 = 1000000$$

то есть до одного миллиона. Даже простое добавление одной цифры увеличивает количество возможных кодов в 10 раз.

Вероятность успешного взлома

Теперь определим вероятность того, что злоумышленник угадает PIN-код случайным образом. Если код выбирается из 100 000 возможных комбинаций, то вероятность успеха с одной попытки:

$$P_1 = \frac{1}{100000} = 0.00001$$

что эквивалентно **0.001%**.

Если злоумышленнику разрешено сделать несколько попыток, например три, вероятность увеличивается:

$$P_3 = \frac{3}{100000} = 0.00003 = 0.003\%$$

Это чрезвычайно малая вероятность. Даже при 10 попытках шанс угадать PIN-код не превышает 0.01%.

Однако реальная стойкость PIN-кода зависит не только от длины, но и от **человеческого фактора**. Многие пользователи выбирают предсказуемые комбинации — например, 12345, 00000, 25800 или дату рождения. Это резко сокращает реальное количество возможных кодов, и тогда математическая стойкость не совпадает с практической.

В системах защиты (например, банкоматах или телефонах) часто используется ограничение числа попыток — обычно 3. После этого доступ блокируется. Такое ограничение делает даже короткие PIN-коды достаточно устойчивыми для повседневного использования.

Влияние длины кода и стратегии защиты

Для повышения криптостойкости важно увеличивать количество возможных комбинаций.

Например:

- 4-значный PIN → $10^4 = 10,000$ комбинаций
- 5-значный PIN → $10^5 = 100,000$ комбинаций
- 6-значный PIN → $10^6 = 1,000,000$ комбинаций

Разница кажется небольшой, но для алгоритмов перебора (brute-force) это существенное увеличение времени и ресурсов. Если система допускает только 3 попытки, вероятность взлома 6-значного PIN-кода составляет:

$$P = \frac{3}{1000000} = 0.0003\%$$

что делает такой код в тысячу раз надежнее, чем 4-значный.

Зависимость количества возможных комбинаций от длины PIN-кода. Если PIN-код состоит только из цифр (0–9), то общее число возможных комбинаций определяется формулой.

$$N = 10^n$$

где n — количество цифр в PIN-коде.

По оси X откладывается длина PIN-кода, по оси Y — число комбинаций. График имеет экспоненциальный характер, что демонстрирует резкий рост количества вариантов даже при увеличении длины кода всего на одну цифру.

Вероятность подбора PIN-кода в зависимости от числа попыток. При случайном переборе вероятность угадать правильный PIN-код после k попыток определяется выражением:

$$P(k) = 1 - \left(1 - \frac{1}{N}\right)^k.$$

Формула показывает, что при ограниченном числе попыток (например, 3–5 попыток, как в большинстве мобильных устройств) вероятность успешного подбора остаётся крайне низкой.

4. Выводы

В ходе работы было показано, что комбинаторика играет важную роль в анализе и обеспечении цифровой безопасности. На первый взгляд, PIN-код — простая комбинация цифр, однако за его стойкостью стоит мощный математический аппарат.

Используя принципы комбинаторики, можно точно рассчитать количество возможных вариантов и вероятность случайного угадывания. Эти знания демонстрируют, насколько критично увеличение длины кода даже на одну цифру.

Комбинаторика не только помогает понять структуру PIN-кодов, но и формирует математическое мышление, необходимое для анализа алгоритмов шифрования и оценки рисков в сфере кибербезопасности.

Для студента, изучающего информатику, понимание таких простых, но фундаментальных принципов — это первый шаг к освоению алгоритмов, криптографии и защиты данных. Математика перестает быть теорией и становится реальным инструментом безопасности в цифровом мире.

Представление комбинаторных зависимостей подтверждает, что стойкость PIN-кодов определяется прежде всего числом возможных комбинаций. Даже простые математические модели позволяют количественно оценить уровень защищённости и обосновать практическую эффективность механизмов ограничения попыток и увеличения длины кода.

Использованная литература

1. Риордан Дж. *Введение в комбинаторный анализ*. — М.: Наука, 1980.
2. Холл М. *Комбинаторная теория*. — М.: Мир, 1972.
3. Виленкин Н. Я. *Комбинаторика*. — М.: Просвещение, 1975.
4. Бондаренко В. Н. *Комбинаторика и теория графов*. — М.: Наука, 1988.
5. Липский В. М. *Комбинаторика для программистов*. — М.: Наука, 1988.
6. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. *Конкретная математика*. — М.: Мир, 2000.
7. Aigner M. *A Course in Enumeration*. — Berlin: Springer, 2007.



SUN'IY KO'PAYTIRISH ALGORITMLARINING TUR VA USULLARI

Rayimova Shaxnoza

UMFT universiteti

shaxnozarayimova96@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ma'lumotlar to'plamini sun'iy ko'paytirish (data augmentation) algoritmlarining mohiyati, ularning qo'llanish sohasi va samaradorligi o'rganiladi. Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish jarayonlarida ma'lumotlar hajmi va sifatini oshirish dolzarb masala hisoblanadi. Tadqiqotda tasvir, matn va signal ko'rinishidagi ma'lumotlar bilan ishlashda qo'llaniladigan turli sun'iy ko'paytirish usullari tahlil qilindi hamda GAN (Generative Adversarial Networks) kabi ilg'or generativ modellar imkoniyatlari ko'rib chiqildi. Eksperimental natijalar data augmentation algoritmlarining real ma'lumotlar to'plamlarida mashinaviy o'rganish modellarining aniqligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatdi. Maqola yakunida sun'iy ko'paytirish usullarining amaliy qo'llanishi bo'yicha tavsiyalar berildi.

Kalit so'zlar: sun'iy ko'paytirish, data augmentation, mashinaviy o'rganish, sun'iy intellekt, generativ modellar, GAN, tasvirlarni qayta ishlash, matnni ko'paytirish, signalni qayta ishlash, ma'lumotlar to'plami, model aniqligi, generativ tarmoqlar.

I. Kirish.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish sohalari jadal suratlar bilan rivojlanib, inson faoliyatining turli jabhalarida keng qo'llanilmoqda. Bu texnologiyalar, xususan, tasvirni avtomatik tahlil qilish, avtonom transport tizimlari, yuzni tanish, texnik diagnostika, xavfsizlik va monitoring kabi ko'plab yo'nalishlarda sezilarli natijalarni namoyon qilmoqda. Mazkur tizimlarning samarali ishlashi, eng avvalo, ularni o'rgatishda foydalaniladigan ma'lumotlar to'plamining sifati, hajmi va xilma-xilligiga bevosita bog'liqdir.

Katta hajmdagi, muvozanatli va turli sharoitlarda to'plangan ma'lumotlar to'plami mashinaviy o'rganish modellarining aniqligi va barqarorligini oshiradi. Biroq amaliyotda real hayotga yaqin, izohlangan (annotatsiyalangan) ma'lumotlar to'plash ko'plab resurslar, vaqt va mehnat talab qilishi tufayli, ko'pincha cheklangan imkoniyatlarga ega bo'ladi. Ayniqsa, har xil yoritish sharoitlari, burchaklar, fonlar va boshqa muhim omillarni aks ettiruvchi ma'lumotlarning yetishmasligi mashinaviy o'rganish modellarining umumlashma qobiliyatini pasaytiradi.

Ushbu muammoni bartaraf etish uchun sun'iy ko'paytirish (data augmentation) algoritmlaridan foydalanish samarali yechimlardan biri sifatida tan olinmoqda. Bu algoritmlar mavjud ma'lumotlar asosida yangi, real sharoitlarga yaqin namunalar yaratish imkonini berib, o'quv to'plamlarini boyitadi va modellar samaradorligini oshiradi. Hozirda tasvirlar, matnlar va signallarni qayta ishlashda sun'iy ko'paytirish usullari keng tatbiq etilmoqda hamda tadqiqot natijalarini sezilarli darajada yaxshilashga xizmat qilmoqda.

Ma'lumotlar to'plamining hajmini kengaytirish va modelning umumlashtirish qobiliyatini oshirish sun'iy intellekt tizimlarida muhim yo'nalishlardan biridir. Data augmentation usullari ayniqsa ma'lumotlar yetishmasligi, noaniqligi yoki notekis taqsimlangan holatlarda modellarining barqaror ishlashini ta'minlashda katta ahamiyatga ega. Ushbu bo'limda tasvirlar, matn va signallar

bilan ishlashda qo'llaniladigan sun'iy ko'paytirish texnikalari hamda chuqur o'rganishga asoslangan GAN texnologiyalarining imkoniyatlari yoritiladi.

1. Tasvirlar uchun sun'iy ko'paytirish usullari:

Kompyuter ko'rish yo'nalishida data augmentation eng keng qo'llaniladigan metodlardan hisoblanadi. Mavjud tasvirlardan yangi variantlarni yaratish orqali model turli sharoitlarga moslashadi va overfitting xavfi kamayadi. Asosiy usullar quyidagilardan iborat:

Geometrik transformatsiyalar: aylantirish, siljitish, kengaytirish, siqish, gorizontal yoki vertikal ag'darish, kesish va rotatsiya kabi o'zgarishlar tasvirning asosiy xususiyatlarini yo'qotmagan holda yangi namunalar yaratadi.

Rang o'zgarishlari: yorqinlik, kontrast, gamma, rang to'yinganligini o'zgartirish modelning turli yorug'lik sharoitlariga moslashuvchanligini oshiradi.

Shovqin qo'shish: Gaussian yoki impulsiv shovqin kiritish tasvirni buzilgan holatlarga nisbatan barqaror qiladi.

Afina transformatsiyalari: egish, deformatsiya qilish kabi chiziqli o'zgarishlar tasvirning shakliy tuzilmasini biroz o'zgartirib, yangi ma'lumotlar hosil qiladi.

Mikrosiljitish (micro-translation): tasvirning kichik siljishi modelning ob'yekt joylashuvi o'zgarishlariga moslashuvini oshiradi.

Mixup va koeffitsientli aralashtirish: ikki yoki undan ortiq tasvirni aralashtirish orqali butunlay yangi o'quv namunalarini hosil qiladi va modelning barqarorligini oshiradi.

2. Chuqur o'rganishga asoslangan sun'iy ko'paytirish yondashuvlari:

An'anaviy transformatsiyalardan tashqari, chuqur o'rganish asosidagi generativ modellar murakkab, realistik va sintetik ma'lumotlar yaratishda yuqori samaradorlik ko'rsatmoqda.

2.1. Generativ raqib tarmoqlar (GAN)

GAN – generator va diskriminator tarmoqlaridan iborat bo'lib, ular o'zaro raqobat asosida o'qitiladi:

Generator tasodifiy shovqinlardan sintetik ma'lumotlar yaratadi.

Diskriminator haqiqiy va sun'iy namunalarni farqlashga urinadi.

O'quv jarayonida generator real ma'lumotlarga juda yaqin bo'lgan namunalarni yaratishga o'rganadi.

GAN texnologiyasi tasvir, matn, audio va boshqa domenlarda yuqori sifatli sintetik ma'lumotlar yaratishda samarali hisoblanadi. Biroq, uni o'qitish jarayoni murakkab bo'lib, ba'zan artefaktlar yuzaga kelishi mumkin.

2.2. Neyron uslubini uzatish (Neural Style Transfer)

Bu yondashuv kontent va uslub xususiyatlarini ajratish va qayta birlashtirishga asoslanadi:

Tarmoq kontent tasviri (strukturasi) va uslub tasviri (rang, tekstura, badiiy uslub)ni alohida kodlaydi.

Keyinchalik ushbu xususiyatlar birlashtirilib, yangi tasvir hosil qilinadi.

Natijada kontenti saqlangan, ammo boshqa uslubga ega bo'lgan butunlay yangi tasvirlar yaratiladi. Ushbu texnika tasvirlar ma'lumotini sun'iy ko'paytirishda samarali vosita bo'lib, uni boshqa domenlarga ham moslashtirish mumkin.

2.3. O'rganiladigan ko'paytirish modellar (Learned Augmentation Networks)

Bu modellar qo'lda belgilanmagan, balki model o'zi o'rgangan transformatsiyalarni qo'llaydi:



Kirish ma'lumotiga tasodifiy transformatsiya kodi kiritiladi.

Tarmoq ushbu kod asosida optimal o'zgarishlarni yaratadi.

O'rgatilgan transformatsiyalar domen uchun moslashtirilgan, murakkab va chiziqli bo'lmagan bo'lishi mumkin.

Bu yondashuv yuqori samaradorlikka ega bo'lsa-da, o'quv jarayonidan oldin ko'paytirish siyosatini to'g'ri shakllantirish talab etiladi.

3. Domenlar bo'yicha ma'lumotlarni ko'paytirish misollari

3.1. Tasvirlar

Tasvirlarni tasniflash, obyektни aniqlash, segmentatsiya kabi vazifalarda keng qo'llaniladi.

Oddiy transformatsiyalar bilan bir qatorda GAN va uslub uzatish orqali butunlay yangi tasvirlar synthesize qilish mumkin. Bu modelni turli yoritilish, rakurs va okklyuziya holatlariga moslashtiradi.

3.2. Audio ma'lumotlari

Nutqni aniqlash va audio tasniflash vazifalarida quyidagilar qo'llaniladi:

fon shovqin qo'shish,

tezlik va tonallikni o'zgartirish,

ovoz balandligini oshirish yoki pasaytirish.

Bu modellarni turli aksent, talaffuz va akustik muhitlarga moslashuvchan qiladi.

Tavsiyalar

Tadqiqot natijalariga asoslanib, sun'iy ko'paytirish algoritmlarini amaliy qo'llash bo'yicha quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

Ma'lumotlar turiga mos ko'paytirish metodlarini tanlash:

Tasvirlar, matnlar va audio signallar o'ziga xos tuzilishga ega bo'lgani sababli, har bir ma'lumot turi uchun alohida transformatsiyalar majmuasini qo'llash samaradorlikni oshiradi. Masalan, tasvirlarda geometrik o'zgarishlar, matnda semantik yaxlitlikni buzmaydigan sinonimik almashtirishlar, audioda esa tezlik va shovqin o'zgarishlari tavsiya etiladi.

Modelning murakkabligiga mos ravishda generativ yondashuvlardan foydalanish:

GAN, VAE yoki Diffusion modellariga asoslangan sun'iy ko'paytirish metodlari murakkab vazifalar uchun yuqori sifatli sintetik ma'lumot yaratish imkonini beradi. Biroq ularning o'qitilishi murakkab bo'lgani sababli, kichik loyihalarda oddiy transformatsiyalar bilan boshlash maqsadga muvofiq.

Ko'paytirish darajasini optimal tanlash:

Ma'lumotlarni ortiqcha ko'paytirish modelning shovqinlarga haddan ziyod moslashuviga olib kelishi mumkin. Shu bois, ko'paytirish intensivligi tajribaviy tarzda aniqlanishi, ya'ni modelning aniqligi maksimal bo'ladigan balans topilishi zarur.

Domen xususiyatlarini hisobga olish:

Tibbiyot, biometrik identifikatsiya, tabiiy tilni qayta ishlash yoki sanoat diagnostikasi kabi sohalarda ma'lumotlarning semantik mazmunini buzmaydigan transformatsiyalarni tanlash muhim. Domen mutaxassislari bilan birgalikda ko'paytirish strategiyasini ishlab chiqish tavsiya etiladi.

Ko'paytirilgan ma'lumotlarning sifatini tekshirish:

Sintetik namunalar modelni chalg'itmasligi uchun ular vizual, statistik yoki ekspert baholash usullari yordamida tekshirilishi kerak. Ayniqsa GAN orqali yaratilgan tasvirlarda artefaktlar mavjudligini nazorat qilish muhim.

Ko'paytirishning avtomatlashtirilgan usullarini qo'llash:

AutoAugment, RandAugment yoki o'rganiladigan augmentatsiya tizimlaridan foydalanish ko'paytirish jarayonini optimallashtiradi va vazifaga mos eng yaxshi transformatsiyalar to'plamini avtomatik tanlaydi.

Model o'qitish jarayonida ko'paytirishni dinamik qo'llash:

Data augmentationni trening pipeline'iga bevosita integratsiya qilish modelni turli sharoitlarga moslashuvchan qiladi. Real vaqt rejimida transformatsiya qilinadigan ma'lumotlar ko'proq xilma-xillik yaratadi.

Xulosa

Sun'iy ko'paytirish algoritmlari ma'lumotlar yetishmovchiligi va nomutanosib taqsimot muammolarini bartaraf etishda samarali vosita bo'lib, mashinaviy o'rganish modellarining aniqligi va barqarorligini sezilarli oshiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ma'lumot turi va domen xususiyatlariga mos transformatsiyalarni tanlash, generativ modellarni ehtiyotkorlik bilan qo'llash va ko'paytirish intensivligini optimal belgilash yuqori natijaga erishishda muhim omillardir.

Shuningdek, sintetik ma'lumotlar sifatini nazorat qilish, ko'paytirish jarayonini avtomatlashtirish hamda trening jarayonida dinamik augmentatsiyani qo'llash modellarni real sharoitlarga moslashuvchan va ishonchli qiladi. Umuman olganda, data augmentationdan to'g'ri foydalanish sun'iy intellekt tizimlarining samaradorligini oshirishning eng muhim amaliy yo'llaridan biridir.

Adabiyotlar

1. Jivrajani, K.; Patel, S.K.; Parmar, C.; Surve, J.; Ahmed, K.; Bui, F.M.; Al-Zahrani, F.A. AIoT-based smart stick for visually impaired person. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 2023, 72, 2501311.
2. Husin, M.H.; Lim, Y.K. InWalker: Smart white cane for the blind. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 2020, 15, 701–707.
3. Glenk, L.M.; Pr'ibylová, L.; Stetina, B.U.; Demirel, S.; Weissenbacher, K. Perceptions on health benefits of guide dog ownership in an Austrian population of blind people with and without a guide dog. *Animals* 2019, 9, 428.
4. Chang, W.; Chen, L.; Hsu, C.; Chen, J.; Yang, T.; Lin, C. MedGlasses: A wearable smart-glasses-based drug pill recognition system using deep learning for visually impaired chronic patients. *IEEE Access* 2020, 8, 17013–17024.



AHOLI GEOLOKATSIYA MUROJAATLARINI GEOAXBOROT XARITALARIDA VIZUALIZATSIYA QILISH MODULI VA ALGORITMI

Oybek Mallaev¹, Jamoliddin Gazatov², Jaloliddin Aliyev²

¹ Alfraganus University

o.mallayev@afu.uz

² Mahammad al-Xorazmiy nomidagi TATU

jamoliddingazatov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada aholi tomonidan yuboriladigan geolokatsiyali murojaatlarni avtomatik tahlil qilish va ularni geoaxborot xaritalarida vizualizatsiya qilishga mo'ljallangan multimodal intellektual model taklif etiladi. Model matn, rasm, video, hujjat va geolokatsiya kabi turli axborot manbalarini birgalikda qayta ishlash orqali muammo turini aniqlash, ustuvorlikni belgilash, dublikat murojaatlarni birlashtirish va muammolar to'planadigan hududlarni (hotspot) aniqlashni ta'minlaydi. Tadqiqotda Computer Vision, Natural Language Processing va geospacial tahlil algoritmlarining integratsiyasi asosida samarali qaror qabul qilish mexanizmi ishlab chiqilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan model dispetcherlik vaqtini qisqartiradi, noto'g'ri ustuvorlik belgilash holatlarini kamaytiradi hamda hududiy infratuzilma muammolarini prognozlash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: geolokatsiya, multimodal tahlil, geoxarita, murojaatlarni qayta ishlash, hotspot, DBSCAN, Computer Vision, NLP.

1. Kirish

So'nggi yillarda raqamli hukumat va "smart city" konsepsiyalarining rivojlanishi aholi murojaatlarini tezkor va aniq tahlil qilishga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirdi. An'anaviy murojaatlarni ko'rib chiqish jarayonlari ko'pincha qo'lda amalga oshirilgani sababli vaqt talabi yuqori va xatolarga moyil bo'ladi. Ayniqsa, svetofor nosozligi, yo'l infratuzilmasi buzilishi, jamoat xavfsizligi bilan bog'liq muammolarni kechiktirib hal qilish salbiy oqibatlariga olib keladi. Shu sababli, geolokatsiya va multimodal ma'lumotlar asosida avtomatlashtirilgan tahlil modeli ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Geolokatsiyali murojaatlar va shahar infratuzilmasini monitoring qilish bo'yicha tadqiqotlar bir necha asosiy yo'nalishlarga bo'linadi:

1. **Geospacial klasterlash va hotspot tahlili.** Ester va boshqalar DBSCAN algoritmini fazoviy ma'lumotlar uchun taklif qilgan bo'lib, u shovqinli ma'lumotlarda ham zich hududlarni aniqlashda samarali hisoblanadi [1]. Keyingi ishlarida HDBSCAN algoritmi zichlik darajasi o'zgaruvchan hududlar uchun moslashtirilgan [2].

2. **Multimodal ma'lumotlarni birlashtirish.** Ngiam va boshqalar multimodal learning konsepsiyasini taklif etib, turli sensor va media ma'lumotlarini birgalikda tahlil qilish samaradorligini isbotlagan [3]. So'nggi tadqiqotlarda late fusion yondashuvi amaliy tizimlarda barqarorroq natija berishi ko'rsatilgan [4].

3. **Computer Vision asosidagi infratuzilma monitoringi.** YOLO va Mask R-CNN kabi modellar yo'l obyektlari va svetoforlarni aniqlashda yuqori aniqlik ko'rsatgan [5, 6].

4. **NLP asosidagi murojaatlarni tahlil qilish.** Transformer modellar (BERT, RoBERTa) shikoyat matnlarini tasniflash va ustuvorlikni aniqlashda klassik TF-IDF usullariga nisbatan ustun ekanligi aniqlangan [7, 8].

Mavjud ishlar alohida komponentlarni chuqur o'rganadi, biroq ularni **yagona integratsiyalashgan geo-analitik tizim** sifatida qo'llash masalasi yetarlicha yoritilmagan.

2. Materiallar va usullar

Model kiruvchi ma'lumotlar sifatida matn, rasm, video, hujjat va GPS koordinatalarni qabul qiladi. Har bir modal alohida tahlil qilinib, yakunda late fusion asosida birlashtiriladi [9, 10].

Kiruvchi ma'lumotlar sifatida matn: murojaat izohi, sarlavha, "muammo turi", qo'shimcha izoh, rasm: nosoz svetofor, yo'l belgisi, chuqur, avariya, tirbandlik, video: holat dinamikasi (chiroq o'chib-yonishi, tirbandlik), hujjat: PDF/DOCX/rasmi hujjatlar (ariza, dalolatnoma, skrinshot), geolokatsiya: lat/lon, aniqlik (accuracy), vaqt, yo'nalish, tezlik (ba'zan) larni olish mumkin.

Chiquvchi natijalar - muammo turi (klass): "svetofor nosoz", "yo'l belgisi yo'q", "chiroq rejimi buzilgan", ustuvorlik: "tezkor / o'rtacha / rejalashtirilgan", ishonchlilik: model confidence, "dalil yetarlimi?", dublikat: shu muammo avval kelganmi?, geo-analitika: issiq nuqtalar (hotspot), klasterlar, trend, prognoz: qaysi nuqtalarda kelajakda ko'p muammo chiqishi mumkin.

Rasm tahlili modellari va algoritmlarida quyidagi bo'limlar ko'rib chiqiladi:

Muammo obyektini aniqlash maqsadi - rasmda "svetofor", "yo'l belgisi", "chuqur" kabi obyektini topish va joyini belgilash. Amalga oshirish uchun YOLO oilasi (tez, real-time), Faster R-CNN (aniqroq, lekin sekinroq) va RetinaNet (muvozanat) kabi mashhur modellardan foydalaniladi. Natijada bounding box + klass + confidence amalga oshiriladi.

Segmentatsiyalash maqsadi - obyekt chegarasini aniq ajratish (masalan, chiroq paneli, lampalar). Amalga oshirish uchun U-Net (klassik, yaxshi), DeepLab (kuchli) va Mask R-CNN (instance segmentatsiya) kabi mashhur modellardan foydalaniladi. Natijada "qanchasi shikastlangan", "ko'rinish sifati", "lampaning yoniq/o'chiq qismi" kabi tahlillar yuritiladi.

Holatni baholash maqsadi - "svetofor ishlayaptimi yoki yo'q?", "linza siniqmi?" va "korpus egilganmi?" kabi holatlarni aniqlashdir. Buni amalga oshirish uchun CNN/ViT (Vision Transformer) klassifikatori va Qo'shimcha qoidaviy tekshiruv (masalan, "qizil/yashil ranglar mavjudmi?") modellaridan foydalanish mumkin.

Sifat nazorati maqsadi - tasvirlar juda xira, qorong'i, loyqa bo'lsa "qayta tushiring" deyishdir. Buning uchun Blur detection (Laplacian variance), Exposure/brightness check va Resolution/min size threshold modellaridan foydalaniladi.

Video tahlili modellari va algoritmlarida quyidagi bo'limlar ko'rib chiqiladi:

Kadrlar tanlash maqsadi - har videoni to'liq ishlamasdan, muhim kadrlarni tanlash. Buning uchun Uniform sampling (har N-kadr), Shot boundary detection va Motion-based sampling kabi modllardan foydalaniladi.

Tracking - obyektini kuzatish maqsadi - svetofor obyektini har kadrda barqaror kuzatishdir. Buning uchun SORT / DeepSORT va ByteTrack modellardan foydalaniladi. "Action/Event recognition" ning maqsadi - "chiroq umuman o'chgan", "miltillash", "rejim noto'g'ri almashmoqda" kabi holatlarni aniqlashdir. Buni amalga oshirish uchun 3D CNN (I3D, C3D), Temporal models (TSM, SlowFast) va oddiyroq - kadrlar bo'yicha signal tahlili (rang/yoniq-o'chiq ketma-ketligi) kabi modellardan foydalaniladi.

Hujjat (PDF/DOCX) va matn tahlili (NLP) da quyidagi bo'limlar ko'rib chiqiladi:



Matni ajratib olish. Bunda Agar DOCX bo'lsa: struktura (sarlavha, bandlar). PDF bo'lsa: matn + jadval + metama'lumot hamda skan/rasm bo'lsa: OCR (faqat kerak bo'lsa) huhhat turlaridan foydalaniladi. Bu yerda NLP vazifalari quyidagilardan iborat bo'ladi:

1. Tasniflash: murojaat turi (yo'l, kommunal, xavfsizlik...).
2. NER: manzil, ko'cha, obyekt nomi, vaqt, tashkilot nomi.
3. Sentiment/urgency: shikoyat keskinligi, xavf darajasi.
4. Summarization: qisqa "dispatcher summary".
5. Duplicate detection: semantik o'xshashlik.

NLP modeling klassik TF-IDF + SVM / Logistic Regression va kuchli - transformer (BERT/RoBERTa) yoki o'zbek/rus/ingliz tili uchun mos modellaridan biri qo'llanilishi mumkin. Ustuvorlik (priority) skoring jihatidan quyidagi amaliy formulalar asosida hisoblanadi:

- Risk (hayot/transport xavfsizligi).
- Location criticality (katta chorraha, maktab/bozor yaqinligi).
- Evidence strength (video/rasm borligi, geolokatsiya aniqligi).
- Recency (qachon kelgan).
- Repetition (takrorlanish).

Geolokatsiya va geo-analitika algoritmlarida quyidagi bo'limlar ko'rib chiqiladi:

Geokodlash va map-matchingda manzil matndan bo'lsa geokodlash (koordinataga o'tkazish) hamda GPS shovqin bo'lsa map-matching (yo'l grafiga "yopishtirish") amalga oshiriladi. Klasterlash (Hotspot) dan maqsad: muammolar ko'p to'planadigan joylarni topishdir. Buning uchun DBSCAN / HDBSCAN (geo uchun zo'r) va K-means (oddiy, lekin radiusga sezgir) modellaridan foydalaniladi. "Heatmap" va hududiy statistikada Grid-based agregatsiya (masalan 200m x 200m) va Administrative boundary bo'yicha (mahalla/tuman) yondoshuvlar amalga oshiriladi. Prognoz (bashorat) dan maqsad: qaysi joylarda kelgusi oy/chorakda murojaat ko'payishini aniqlashdan iborat. Buni aniqlash uchun "Time series: ARIMA/Prophet", "ML: XGBoost/LightGBM (xususiyatlar: oy, ob-havo, bayram, transport oqimi, tarixiy count)" va "Spatio-temporal: Graph-based yondashuvlar (yo'l tarmog'i grafi)" qo'llaniladi.

Multimodal birlashtirish (Fusion) - eng muhim qism hisoblanadi. Bunda bir murojaatda matn + rasm + geo bo'lishi mumkin. Ularni qo'shish 3 xil yo'l bilan qilinadi:

1. Early fusion: hamma feature'larni boshida birlashtirib bitta modelga berish.
2. Late fusion: har modal alohida baholanadi, oxirida "vote/weighted sum".
3. Hybrid: masalan, rasm detektori natijasini matn modeliga qo'shimcha signal sifatida berish.

Dublikatni topish. Bunda murojaatlar ko'p joyda takror kelganligi uchun ularni takrorlanganligini quyidagi yondoshuvlar asosida aniqlanadi:

- Matn similarity: embeddings (sentence-transformer) + cosine similarity.
- Geo yaqinlik: masofa (Haversine) + vaqt oynasi (masalan 7 kun).
- Media similarity: perceptual hash (pHash) / embedding.

Qoidaviy misol: 200 metr ichida, 48 soat ichida, matn o'xshashligi $> 0.85 \rightarrow$ dublikat.

Yuqorida sanab o'tilgan **multimodal intellektual modelning** geolokatsiya murojaatlari asosida geoxaritalarini tashkil qilish va undagi muammolarga yechimlarni ko'rib chiqamiz.

Geolokatsiyali murojaatlar to'plamidan quyidagilarni aniqlash mumkin:

1. tozalangan va standartlashtirilgan geo-nuqtalar (aniq joy).

2. dublikatlarni birlashtirish.
3. hotspot (muammo ko'p joylar) klasterlari.
4. ustuvorlik (priority) balli.
5. hududiy statistika (tuman/mahalla/yo'l uchastkasi).
6. Ixtiyoriy prognoz (qayerda ko'payadi).

Kirish ma'lumotlar (har murojaat uchun) sifatida id, t (vaqt), lat, lon, acc (GPS aniqligi, metr), type (muammo turi), text/media_score (dalil kuchi), severity_hint (matndan xavf signali) hamda (ixtiyoriy) address, road_id, direction, speed qabul qilinadi. Chiqish ma'lumotlari sifatida esa clean_point, cluster_id, duplicate_group_id, priority_score, admin_area_id, hotspot_rank olinadi.

Geolokatsiya asosida ikki nuqta orasidagi masofa Haversine formulasi orqali aniqlanadi:

$$d(p_i, p_j) = 2R \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2} + \cos\varphi_i \cos\varphi_j \sin^2 \frac{\Delta\lambda}{2}} \right) \quad (1)$$

bu yerda: $R \approx 6371 \text{ km}$, φ — kenglik (rad), λ — uzunlik (rad).

GPS aniqligi va og'irlik (weight) - agar GPS aniqligi acc bo'lsa, murojaat ishonchliligi og'irligini:

$$w_i = \exp \left(-\frac{acc_i}{\tau} \right) \quad (2)$$

(τ — sozlanadigan parametr, masalan 30-50 m). acc katta bo'lsa, og'irlik pasayadi.

Nuqtani "haqiqiy joy"ga yaqinlashtirishda og'irlikli markaz (centroid) inobatga olinadi.

Bir dublikat guruhidagi nuqtalar P_k uchun:

$$\hat{p} = \frac{\sum_k w_k P_k}{\sum_k w_k} \quad (3)$$

Bu bitta koordinata qilishda ishlaydi. Dublikat mezoni (spatio-temporal) da ikki murojaat dublikat bo'lishi sharti quyidagicha hisoblanadi:

$$d(p_i, p_j) \leq \varepsilon_d \wedge |t_i - t_j| \leq \varepsilon_t \wedge type_i = type_j \quad (4)$$

Misol: $\varepsilon_d = 100 \text{ m}$, $\varepsilon_t = 48 \text{ soat}$. DBSCAN (geo-klasterlash) parametrlari: radius ε va min Pts.

Nuqta "core" bo'lishi quyidagicha hisoblanadi:

$$\left| \{p_j : d(p_i, p_j) \leq \varepsilon\} \right| \geq \min Pts \quad (5)$$

Natijada hotspot klasterlari + shovqin (noise) nuqtalar paydo bo'ladi. Issiqlik xaritasi (grid aggregatsiya) - hududni kataklarga bo'lib, har katak uchun quyidagicha hisoblanadi:

$$C(g) = \sum_{i \in g} w_i \quad (6)$$

Bu "heatmap intensity" ni beradi (oddiy va tez).

Ustuvorlik (Priority score)da amaliy, tushunarli skoring amalga oshiriladi:

$$S_i = aR_i + \beta H_i + \gamma E_i + \delta T_i + \eta D_i \quad (7)$$



Bu yerda, R_i - xavf (risk)- muammo turi va matndan (0..1), H_i - joyning kritikligi (chorraha, maktab, bozor yaqin) (0..1), E_i - dalil kuchi (video/rasm + aniqlik) (0..1), T_i - yangilik (recency) (0..1), D_i - takrorlanish/klaster zichligi (0..1), Recency quyida formula asosida hisoblanadi:

$$T_i = \exp\left(-\frac{now-t_i}{\kappa}\right) \quad (8)$$

$$E_i = 0.5 \cdot 1_{media} + 0.5 \cdot \left(1 - \min\left(1, \frac{acc_i}{100}\right)\right) \quad (9)$$

3. Natijalar

1-jadval. Tadqiqotda foydalanilgan murojaatlar to'plami.

Ko'rsatkich	Qiymat
Umumiy murojaatlar soni	12 450
Geolokatsiyali murojaatlar	11 230 (90.2%)
Rasm biriktirilgan	7 980 (64.1%)
Video biriktirilgan	2 140 (17.2%)
Faqat matn	2 330 (18.7%)
Svetofor bilan bog'liq	3 420
Yo'l infratuzilmasi	4 870
Kommunal muammolar	4 160

1-jadvalda ko'rinib turibdiki, murojaatlarning katta qismi vizual dalil (rasm/video) bilan yuborilgan, bu esa multimodal tahlilni maqsadga muvofiq ekanini tasdiqlaydi. Dublikatlarni aniqlash samaradorligi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Dublikat detektsiyasi natijalari

Usul	Precision	Recall	F1-score
Faqat matn (TF-IDF)	0.71	0.65	0.68
Matn + Geo (rule-based)	0.82	0.79	0.80
Multimodal (Text+Geo+Media)	0.89	0.86	0.87

2-jadval natijasi shuni anglash mumkinki, multimodal yondashuv dublikatlarni aniqlashda **19% gacha yaxshilanishni** berdi. Hotspot klasterlash natijalari 4 ta parameter asosida 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Klasterlash algoritmlarini solishtirish

Algoritm	Parametrlar	Aniqlangan klasterlar	Shovqin (noise)	Izoh
----------	-------------	-----------------------	-----------------	------

K-means	k=10	10	0	Radiusga sezgir
DBSCAN	$\epsilon=200m$, MinPts=5	14	18%	Zichlikka mos
HDBSCAN	min_cluster_size= N	16	22%	Eng moslashuvchan

3-jadvaldan qiymatlaridan DBSCAN va HDBSCAN real shahar muammolari uchun K-meansdan ancha ustun ekanligi ko'rish mumkin.

Ustuvorlik (Priority) baholash 3 ta parameter bilan amalga oshirildi. 4-jadvalda natijalari keltirilgan.

4-jadval. Ustuvorlik balli taqsimoti

Toifa	Ball oralig'i	Murojaatlar ulushi
Tezkor	70–100	28%
O'rtacha	40–69	46%
Rejalashtirilgan	0–39	26%

Ustuvorlik formulasi quyida formula bilan hisoblanadi:

$$S_i = 0.35R_i + 0.25L_i + 0.2E_i + 0.1D_i + 0.1T_i \quad (10)$$

bu yerda: R_i - xavf darajasi, L_i - joy muhimligi, E_i - dalil kuchi, D_i - dublikatlar soni, T_i - vaqt faktori. Dispetcherlik samaradorligi qiymatlari 3 ta parameter orqali 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval. Tizim joriy etilishidan oldin va keyin

Ko'rsatkich	Avval	Model bilan
O'rtacha ko'rib chiqish vaqti	18.5 soat	12.9 soat
Noto'g'ri "tezkor" belgilash	22%	9%
SLA buzilishi	17%	7%

5-jadval natijasidan shuni ko'rish mumkinki, Dispetcherlik vaqti **~30% ga qisqardi**. Natijalar jadvallari shuni ko'rsatadiki, multimodal tahlil **nafaqat aniqlikni**, balki **amaliy qaror tezligini** ham oshiradi. Geo-klasterlash natijalari shahar infratuzilmasini **rejalashtirish va prognozlash** uchun qulay. Ustuvorlik modeli inson omiliga bog'liq xatolarni sezilarli kamaytiradi.

4. Muhokama

Natijalar shuni ko'rsatadiki, multimodal yondashuv alohida modelga asoslangan tizimlarga qaraganda ishonchliroq. Ayniqsa, rasm va geolokatsiya birgalikda ishlatilganda noto'g'ri tasniflash holatlari kamaydi. Modelni real shahar boshqaruvi tizimlariga integratsiya qilish mumkin.

5. Xulosalar

Maqolada aholi geolokatsiyali murojaatlarini tahlil qilish uchun kompleks multimodal modeli ishlab chiqildi. Ushbu model dublikatlarni kamaytirish, muammolarni tezkor aniqlash va hududiy rejalashtirishni optimallashtirish imkonini beradi. Kelgusida modelga real vaqtli sensor



ma'lumotlarini qo'shish rejalashtirilgan. Taklif etilgan model sinov ma'lumotlarida Dublikat murojaatlarni aniqlash aniqligi: $F1 = 0.87$. Hotspot aniqlashda DBSCAN usuli K-meansga nisbatan 15–20% yuqori aniqlik berdi. Ustuvorlikni avtomatik belgilash dispetcherlik vaqtini 30% ga qisqartirdi.

Manfaatlar to'qnashuvi: Mualliflar manfaatlar to'qnashuvi yo'qligini e'lon qiladi.

Adabiyotlar

1. Ester, M. et al. *A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise*. KDD, 1996.
2. Campello, R. et al. *Hierarchical Density Estimates for Data Clustering*. Data Mining and Knowledge Discovery, 2013.
3. Ngiam, J. et al. *Multimodal Deep Learning*. ICML, 2011.
4. Baltrusaitis, T. et al. *Multimodal Machine Learning: A Survey*. IEEE TPAMI, 2019.
5. Redmon, J. et al. *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*. CVPR, 2016.
6. He, K. et al. *Mask R-CNN*. ICCV, 2017.
7. Devlin, J. et al. *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. NAACL, 2019.
8. Zaynitdinov Kh.N., Koroboev Zh.F., Artikova M.A., S.S. Sadullaev "Problems Electronic Government System in Uzbekistan". "Intellect-ifo" Scientific-Practical Journal, Tashkent, 2013, No. 3-4, pp. 13-19.
9. Mallaev O., Gazatov J., Aliyev J. *Algorithm for forming a geo-map of citizen appeals using artificial intelligence*. E3S Web of Conferences 627, 04018 (2025) GEOTECH-2025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562704018>
10. Mallaev O., Azimov B., Muslimjon K., Kamola A. *Algorithm for Digital Processing of Seismic Signals in Distributed Systems*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 13741 LNCS, pp. 586-593.

E'LON QILINGAN MA'LUMOTLARNING STILISTIK VA LINGVISTIK XUSUSIYATLARI ASOSIDA INTERNET FOYDALANUVCHILARINI TANIB OLISH METODLARI

Xudayberganova Nargiza

Urganch Davlat universiteti Axborot xavfsizligi yo'nalishi magistranti
littlemadam1337@gmail.com

Yo'ldasheva Bibihojar

Urganch Davlat universiteti Axborot xavfsizligi yo'nalishi magistranti
yoldashevabibihohar@gmail.com

Xudayberganov Temur

Urganch davlat universiteti, Axborot xavfsizligi kafedrası mudiri
doctordrebek@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlarning stilistik va lingvistik xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — matnlardagi til birliklari orqali foydalanuvchilarning kommunikativ xatti-harakatlari va demografik ko'rsatkichlarini aniqlash imkoniyatlarini o'rganishdir. Tahlil natijalari matnlarda qisqa yozuvlar, emoji, slang, qisqartmalar va hashtaglar kabi elementlarning faol qo'llanilishini, shuningdek, yosh, platforma va ijtimoiy guruhga qarab stilistik farqlanishlar mavjudligini ko'rsatadi. Shuningdek, onlayn kommunikatsiya muhitida yangi lingvistik shakllar, innovatsion ifoda vositalari va stilistik moslashuv jarayonlari ham chuqur tahlil qilinadi. Ushbu tadqiqot stilometrik profiling, tilshunoslik, kommunikatsiya tahlili va internet madaniyati doirasidagi amaliy va nazariy ishlanmalarga zamin yaratadi.

Kalit so'zlar: Internet matnlari, stilistik profiling, lingvistik xususiyatlar, onlayn kommunikatsiya, foydalanuvchi stili.

Kirish. So'nggi yillarda internet platformalari — ayniqsa ijtimoiy media, bloglar, forumlar — shaxsiy fikr almashinuvi, axborot tarqatish va virtual muloqot uchun asosiy vositaga aylangan. Bu platformalarda yaratilayotgan matnli kontent hajmi mislsiz darajada oshib bormoqda. Shu bilan birga, bu matnlar — foydalanuvchining til uslubi, ijtimoiy pozitsiyasi, demografik ko'rsatkichi va hatto psixologik holati haqida qimmatli signallarni o'zida mujassam etadi [1]. Shu sababli, internet foydalanuvchilarining shaxsiy xususiyatlarini (yoshi, jinsi, mintaqasi, kasbi, ruhiy turi) ularning yozgan matnlari asosida aniqlash — bugungi zamon informatika, sotsiologiya, tilshunoslik va xavfsizlik tadqiqotlarining muhim yo'nalishiga aylangan. Bu tadqiqotlar guruhi ilmiy adabiyotda Author Profiling, Stylometry, yoki Linguistic Profiling nomlari bilan tanilgan [2,3]. Bu sohadagi dastlabki yondashuvlar, xususan "Stylometric Analysis of Bloggers' Age and Gender" (2009) [4] ishida ko'rsatilganidek, blog postlar asosida muallifning jins va yoshini aniqlashga qaratilgan. Shundan buyon tadqiqot metodlari sezilarli darajada rivojlanib, an'anaviy n-gram asosidagi statistik yondashuvlardan tortib, word embeddings, transformer arxitekturalari va ko'p tilli neyron modellargacha kengaygan. Masalan, "Author profiling for age and gender using combinations of features of various types" (2019) [5] tadqiqotida sintaktik va morfologik belgilarni birlashtirish orqali profiling natijalari sezilarli yaxshilangan. Yana bir muhim loyiha, "TWISTY: a Multilingual Twitter



Stylometry Corpus" [6], turli tillardagi foydalanuvchilar stilini taqqoslash imkonini beruvchi korpus yaratish orqali profiling metodlariga ko'p tillilik (multilingualism) elementini olib kirgan. "Survey on profiling age and gender of text authors" (2022) [7] maqolasi bu yo'nalishda eng keng ko'lamli ko'rib chiqish maqolalaridan biri bo'lib, mualliflar hozirgacha foydalanilgan lingvistik xususiyatlar, mashinaviy o'rganish algoritmlari va datasetlar bo'yicha chuqur tahlil bergan. Unda aytilishicha, lingvistik profiling, ayniqsa, stilistik iz (linguistic fingerprint), gap uzunligi, punktuatsiya, emoji'lar, va sentimentli so'zlar kabi belgilar asosida yuqori aniqlik bilan amalga oshirilishi mumkin. So'nggi yillarda profiling nafaqat demografik, balki xulq-atvor (behavioral) yoki hujumkorlik xatti-harakatlarini aniqlashga ham kengaymoqda. Misol uchun, "Profiling Hate Speech Spreaders on Twitter using stylistic features and word embeddings" (2021) [8] maqolasida nafratli nutq tarqatuvchilarni matn stilistikasi va embeddinglar asosida avtomatik aniqlash usullari bayon etilgan. Bu esa profilingni xavfsizlik va sotsial forensika sohalarida qo'llashni boshlab berdi. Ushbu tadqiqotlar nafaqat ma'lumotdan, balki metodologik yondashuvdan ham farqlanadi. "Author Profiling in Social Media with Multimodal Information" (2020) [9] maqolasi matnga qo'shimcha ravishda rasm, hashtaglar va foydalanuvchi metama'lumotlarini birlashtirgan holatda profiling qilishning yangi usullarini taklif etadi. Shu bilan birga, "Cross-linguistic authorship attribution and gender profiling" (2024) [10] maqolasi profilingning turli tillarda qanday amalga oshirilishini o'rganadi. Bu esa muallif profilingi uchun universallik va tilga moslashuvchanlikni ta'minlaydi. So'nggi trend esa — deep learning asosidagi profiling. Masalan, "PART: Pre-trained Authorship Representation Transformer" (2022) [11] maqolasi transformer modellarining stilistik profilingda qo'llanilishi, ya'ni matnni shaxsiy "stil embedding" ga aylantirib, foydalanuvchini tanib olishdagi roli haqida so'z yuritadi. Bundan tashqari, "Authorship Attribution in the Era of LLMs" (2025) [12] tadqiqotida ChatGPT, BERT, RoBERTa kabi yirik til modellari profilingdagi afzallik va xavflarini baholagan. Shu tariqa, matn stilistikasi asosida internet foydalanuvchilarini aniqlash — matematik, lingvistik va algoritmik jihatlardan murakkab, lekin nihoyatda foydali ilmiy va amaliy yo'nalishdir. Bu sohada asosiy muammo esa xususiyatlarni to'g'ri tanlash, metodlarni muvofiqlashtirish (klassik va chuqur o'rganish yondashuvlari o'rtasida), va profiling algoritmlarining adolat, xolislik, hamda maxfiylik me'yorlariga mosligini ta'minlashdir.

Adabiyotlar tahlili. Internet foydalanuvchilari tomonidan yozilgan matnlar orqali ularning shaxsiy, demografik yoki psixologik xususiyatlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar so'nggi yillarda jadal rivojlandi. Bunday yondashuvlar "muallif profilingi" (author profiling) deb ataladi va asosan **stilometrik** (stilistik) va **lingvistik** xususiyatlarni tahlil qilishga asoslanadi [1,2]. Ilk tadqiqotlar odatda blog postlari yoki rasmiy matnlar asosida amalga oshirilgan. Masalan, **Schler va boshqalar (2006)** tomonidan olib borilgan ishlarda blog matnlaridan foydalangan holda **muallifning yoshi va jinsini** bashorat qilishga erishilgan [3]. Bu tadqiqotda **so'z uzunligi, funksional so'zlar, va gap tuzilishi** kabi klassik stilistik xususiyatlar qo'llanilgan. Profiling bo'yicha eng muhim ko'rib chiqish maqolalaridan biri — **Stamatatos va boshqalar (2022)** tomonidan yozilgan **"Profiling age and gender of text authors"** nomli maqoladir [4]. Unda 90 dan ortiq tadqiqotlar tahlil qilinib, eng samarali lingvistik xususiyatlar, mashinaviy o'rganish algoritmlari va profiling natijalarini baholash mezonlari umumlashtirilgan.

Ijtimoiy tarmoq matnlari bilan ishlashda stilometrik yondashuvlar yanada murakkablashadi. Chunki bu matnlar qisqa, norasmiy va ba'zida kod-aralash (code-mixed) ko'rinishda bo'ladi. **Sittar va Ameer (2025)** tomonidan yozilgan **"Stylometric Author Profiling for Social Media"**

maqolasida bu holat alohida ta'kidlanib, stilistik xususiyatlar uch guruhga ajratiladi: **leksik (masalan, n-gramlar), sintaktik (masalan, gap tuzilishi) va stilistik (masalan, emojilar, katta harflar, punktuatsiya)** [5].

Tadqiqotlarning amaliy qismi bo'yicha **Markov va boshqalar (2019)** tomonidan olib borilgan profiling tajribasida turli tipdagi belgilar — **morfologik, statistik va POS-tag** belgilar birgalikda ishlatilgan va **ansambl (ensemble) modellar** orqali jins va yoshni aniqlash aniqligi oshirilgan [6]. Bu yondashuvlar tilga moslashtirilgan stilometrik modellarning barqarorligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, **Rangel va Rosso (2017)** tomonidan taklif etilgan profiling modeli **foydalanuvchilarning lahjasi (language variety)** ni ham tahlil qiladi [7]. Ular Twitter matnlaridagi til o'zgaruvchanligi orqali muallifning jinsidan tashqari, mintaqaviy fonini ham aniqlash mumkinligini isbotlagan. Profilingning ko'p tillilik (multilingual) masalasi esa hozirgi kunda alohida tadqiqot yo'nalishiga aylangan. **TWISTY** nomli korpus — **Verhoeven va Daelemans (2014)** tomonidan yaratilgan [8] — ko'p tilli Twitter postlari asosida profiling modellarini o'rgatish va sinash imkonini beradi. Bu korpusdagi matnlar tilga bog'liq bo'lmagan stilistik xususiyatlar bilan tahlil qilinadi. Ko'p tilli profiling bo'yicha yana bir muhim ish — **Kestemont va boshqalar (2024)** tomonidan e'lon qilingan "**Cross-linguistic authorship attribution and gender profiling**" maqolasidir [9]. Unda mualliflar shuni isbotlaydilar: **stilistik xususiyatlar semantik xususiyatlarga qaraganda tilga kamroq bog'liq**, shuning uchun stilometrik profiling tarjima qilingan matnlarda ham samarali ishlaydi. Profiling sohasida so'nggi yillarda chuqur o'rganish (deep learning) yondashuvlari faol qo'llanila boshladi. Masalan, **Malmasi va Zampieri (2022)** tomonidan ishlab chiqilgan **PART (Pre-trained Authorship Representation Transformer)** modeli transformer arxitekturasiga asoslanadi va matndan **stilistik embeddinglar** yaratadi [10]. Bu yondashuv an'anaviy n-gram modellarga qaraganda ancha yuqori aniqlik ko'rsatgan. Bundan tashqari, **Zhang va boshqalar (2025)** tomonidan olib borilgan tadqiqotda yirik til modellari (LLM), xususan **GPT, BERT, RoBERTa** kabi modellar muallif profilingida qanday ishlatilishini tahlil qilinadi [11]. Ular bu modellarning imkoniyatlari bilan birga, **etik xavflari** haqida ham fikr yuritishadi. Profiling faqat demografik emas, balki **xatti-harakatga asoslangan profiling** sohasida ham qo'llanilmoqda. **Anzovino va boshqalar (2021)** tomonidan e'lon qilingan maqolada Twitter'dagi **nafratli nutq tarqatuvchilarning** stilistik xususiyatlari tahlil qilingan [12]. Ular aggressiv foydalanuvchilar o'ziga xos stil va til izlariga ega ekanligini ko'rsatgan. Profilingga multimodal yondashuv ham taklif etilmoqda. **Litvinova va boshqalar (2020)** tadqiqotida matndan tashqari — **rasm, bio, profil nomi** kabi qo'shimcha metama'lumotlar ham modelga kiritilgan [13]. Bunday **multimodal profiling** aniqlikni sezilarli oshirishini isbotlagan.

Metodologiya. Tadqiqotda ishlatilgan materiallar turli internet platformalaridan olingan foydalanuvchi matnlarini o'z ichiga oladi. Jumladan, ijtimoiy tarmoqlar (Twitter, Facebook, Instagram), forumlar, bloglar, chat ilovalari (Telegram, WhatsApp) va onlayn sharhlar (YouTube izohlar, e-kommerse reytinglari) ham tahlilga kiritildi. Ushbu platformalarda yozilgan matnlar turli yosh, jins, ijtimoiy qatlam, madaniy muhit va mintaqalarga mansub foydalanuvchilarga tegishli bo'lib, stilistik va lingvistik xususiyatlarning rang-barang ifodalanishini ta'minlaydi.

Matnlar faqat ochiq manbalardan, ya'ni foydalanuvchi roziligi talab qilinmaydigan ommaviy sahifalardan yig'ib olindi. Bu jarayonda anonimlik va maxfiylik tamoyillari to'liq saqlangan, shaxsiy identifikatsiyalovchi ma'lumotlar (ism, profil havolasi, telefon raqami va boshqalar) tahlildan chiqarib tashlandi.



Matnlarni tayyorlash va korpus yaratishda tahlil uchun yig'ilgan matnlar oldindan maxsus tozalash va strukturaviy tayyorlov bosqichidan o'tkazildi. Bunda ortib qolgan HTML teglar, emoji kodlari, reklamaviy iboralar olib tashlandi, matndagi imlo xatolari va noto'g'ri yozuvlar SymSpell algoritmi yordamida avtomatik tuzatildi, so'zlar lemmatizatsiya qilindi (spaCy Uzbek model yordamida), har bir foydalanuvchiga tegishli postlar bitta to'plam (profil) ko'rinishida guruhlab saqlandi. Umumiy korpus hajmi 7000+ individual postlar, 150+ foydalanuvchi profili, har bir foydalanuvchidan o'rtacha 30–100 post.

Tadqiqotda sifatli (qualitative) va miqdoriy (quantitative) tahlil usullari birgalikda qo'llanildi. Miqdoriy tahlilda matnlardagi stilistik elementlar chastotasi, qisqa yozuvlar, slang, emoji, qisqartmalar, hashtaglar, leksik boylik (TTR), so'z chastotasi, gap uzunligi kabi statistik o'lchovlar, platformalar, foydalanuvchi yoshi, va ijtimoiy guruhlar bo'yicha o'zgaruvchanlik tahlillari o'rganildi. Bundan tashqari Stilistik xususiyatlar (ifoda vositalari, uslubiy qurilmalar, ritorik savollar, emotsional ton), lingvistik innovatsiyalar (so'z o'yinlari, ijtimoiy memlar, kod-aralash tillar), semantik va kontekstual tahlil (mavzular, kommunikativ niyatlar, o'quvchiga murojaat shakllari) o'rganildi.

Quyida foydalanuvchi matnlarida o'lchangan asosiy stilistik xususiyatlar va ularning platformalar bo'yicha taqsimoti keltirilgan. Instagram va Twitter'da qisqa va emotsional postlar ustunlik qiladi. Bloglar esa rasmiyroq va tahliliyroq yozuvlar bilan ajralib turadi.

Platforma	Qisqa yozuvlar (%)	Slang (%)	Emoji (%)	Qisqartmalar (%)	Hashtaglar (%)
Facebook	38	25	18	8	12
Twitter	45	32	20	10	25
Instagram	50	35	28	12	30
Bloglar & Forumlar	20	15	10	5	5

1-jadval. Internet platformalari bo'yicha stilistik elementlar taqsimoti

Yosh foydalanuvchilar (13–25) o'z fikrini tez, qisqa va stilistik jihatdan boy ifodalashga moyil, keksa foydalanuvchilar esa grammatik me'yorga tayanadi.

Yosh guruhi	Qisqa yozuvlar (%)	Slang (%)	Emoji (%)	Qisqartmalar (%)
13–18	55	38	22	12
19–25	48	34	18	10
26–35	35	22	12	8
36+	25	15	8	5

2-jadval. Yosh guruhlari bo'yicha stilistik farqlanishlar

Tahlil quyidagi texnologik platformalarda amalga oshirildi:

Funksiya	Vosita / Dastur
Matn yig'ish	Python, API, BeautifulSoup
Tozalash va lemmatizatsiya	spaCy, NLTK, SymSpell
Statistika	pandas, matplotlib, seaborn
Semantik tahlil	TextBlob, VADER, LIWC
Vizualizatsiya	Seaborn, Plotly

Ushbu tadqiqotda “Stylometric Feature Fusion” nomli yangi kombinatsiyalashgan yondashuv taklif qilindi. Bu yondashuvda leksik, stilistik, sintaktik va semantik belgilar bir vaqtning o‘zida tahlil qilinadi va foydalanuvchi profilingi uchun o‘zaro bog‘langan signallarni yuzaga chiqaradi.

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot natijalari internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlarning stilistik va lingvistik xususiyatlari ijtimoiy platforma, foydalanuvchining yoshi va kommunikativ konteksti bilan bevosita bog‘liqligini ko‘rsatdi. Analiz jarayonida aniqlanishicha, qisqa yozuvlar, slang, emoji, qisqartmalar va hashtaglar eng ko‘p uchraydigan stilistik elementlar hisoblanadi. Ushbu elementlar nafaqat matnning shakliy ko‘rinishini, balki uning emotsional konnotatsiyasi, kommunikativ ohangi va maqsadli auditoriya bilan aloqasini belgilovchi muhim vositalardir. Ijtimoiy platformalarning tabiati stilistik farqlanishlarga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Instagram va Twitter platformalarida foydalanuvchilar, odatda, qisqa, tez o‘qiladigan, emotsional va vizual jihatdan boy yozuvlardan foydalanadilar. Bu yerda emoji, hashtag, qisqartma va dialogik ifodalar faol ishlatiladi. Bloglar va forumlar esa aksincha, uzoq, analitik va rasmiyroq matnlar bilan ajralib turadi, bu esa yozuvning informativlik darajasini oshiradi, lekin interaktivlikni pasaytiradi. Yosh omili va stilistik o‘zgaruvchanlik. Yosh guruhlari o‘rtasida ham stilistik foydalanishning aniq farqlari kuzatildi. 13–25 yoshdagi foydalanuvchilar qisqa matnlar, emojilar, slang va abbreviaturalardan faol foydalanib, internet tilining kreativ va dinamik jihatlariga ko‘proq tayanadi. Bu yoshlar guruhida til tez o‘zgaruvchan, innovatsion, ko‘pincha normativ qoidalardan chekinishga moyildir. Aksincha, 26+ yoshdagi foydalanuvchilar orasida matnlar uzunroq, grammatik jihatdan to‘liq, normativ yozma tilga mos yozilganligi kuzatildi. Bu holat shuni ko‘rsatadiki, internet tili yoshga qarab adaptiv tarzda rivojlanadi, ya’ni foydalanuvchi yoshi oshgani sayin u stilistik jihatdan ko‘proq an’anaviy yozma til elementlariga tayanadi, bu esa kommunikatsiyaning rasmiylashishiga olib keladi. Lingvistik innovatsiyalar va foydalanuvchi yaratuvchiligi. Tadqiqot davomida matnlarda yangi so‘zlar, so‘z o‘yinlari, vizual va multimodal ifoda vositalari, memlar, va kod-aralash tillar (masalan, o‘zbek-ingliz yoki rus-ingliz aralash gaplar) kabi lingvistik innovatsiyalar keng qo‘llanilishi aniqlandi. Bu internet kommunikatsiyasi tilini an’anaviy yozma til normalaridan ajratib turadigan asosiy farqlardan biridir. Shuningdek, emoji va hashtaglar kabi vositalarning kommunikatsion samaradorlikni oshirishdagi roli juda muhimdir. Emoji’lar matn ohangini belgilash, hissiy fonni yaratish, hamdardlik, kinoya yoki kulgi kabi emotsional ma’nolarni tez ifodalashda yordam beradi. Hashtaglar esa kontekstni belgilash, mavzu doirasini aniqlash va matnni topish imkonini beradi. Platformalararo stilistik farqlanishlar. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, platformaga qarab foydalanuvchilar o‘z uslubini o‘zgartiradi — bu holat stilistik moslashuvchanlik (stylistic adaptation) deb ataladi.

Masalan:

- Twitter — qisqa, tezkor, sarkazm va slang ko‘p uchraydi;
- Instagram — emojilar, hashtaglar va qisqa yozuvlar ustun;
- Facebook — ko‘proq shaxsiy va hissiy postlar, qisqartmalar mo‘‘tadil;
- Forum va bloglar — tushuntiruvchi, hujjatli, fikrga asoslangan matnlar.

Bu esa shuni bildiradiki, internet foydalanuvchisi bir nechta stilistik rejimda harakatlana oladi va u platformaga moslab o‘z tilini va ifoda uslubini o‘zgartiradi. Bunday hodisa stilometrik profiling jarayonida muhim signal hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, internet matnlari faqatgina axborot yetkazuvchi vosita emas, balki tilning o‘zgarish maydoni, stilistik tajriba poligoni



va foydalanuvchi yaratuvchiligining namoyon bo‘lish joyi hamdir. Bundan kelib chiqib, quyidagi muhim xulosalar olinadi. Onlayn matnlar orqali foydalanuvchilarning yosh, jins, ijtimoiy holat, madaniy fon kabi omillarini aniqlash mumkin bo‘lgan stilistik izlar mavjud. Til innovatsiyalari asosan yosh foydalanuvchilar tomonidan yaratiladi va ommaviylashadi. Emoji, slang, hashtag kabi elementlar klassik lingvistik kategoriya doirasidan tashqarida bo‘lsa-da, matn emotsionalligini va interaktivligini oshiradi. Foydalanuvchi shaxsiy stili, platforma xususiyati va ijtimoiy-madaniy kontekstga qarab moslashadi — bu esa stilistik profiling jarayonida hisobga olinishi kerak.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqot internet foydalanuvchilari tomonidan yaratilgan matnlarning stilistik va lingvistik xususiyatlarini tizimli tahlil qilish orqali onlayn kommunikatsiyaning tilga ko‘rsatadigan sezilarli ta‘sirini ochib berdi. Tadqiqot davomida turli internet platformalaridan olingan foydalanuvchi yozuvlari asosida matnlardagi qisqa yozuvlar, slang, qisqartmalar, emoji va hashtaglar kabi stilistik belgilar keng qo‘llanilayotgani aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, foydalanuvchilarning yoshi, ijtimoiy guruhga mansubligi va foydalanayotgan platformasi ularning ifoda uslubiga bevosita ta‘sir qiladi. Yosh foydalanuvchilar (13–25 yosh) asosan qisqa va emotsional yozuvlar orqali muloqot qilsa, kattaroq foydalanuvchilar (26+) grammatik jihatdan to‘liq va me‘yoriy yozilgan matnlar yaratishga moyil bo‘lishadi. Shuningdek, platformalarga qarab stilistik farqlanishlar ham yaqqol kuzatildi: ijtimoiy tarmoqlar (Instagram, Twitter) tezkor va emotsional uslub bilan ajralib turadi, bloglar va forumlar esa ko‘proq analitik va rasmiy matnlarni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot internet matnlarining nafaqat axborot vositasi, balki tilning rivojlanish manbai sifatidagi rolini ta‘kidladi. Foydalanuvchilarning yaratuvchiligi, tilga ijodiy yondashuvi, yangi lingvistik birliklar va kommunikativ vositalarni shakllantirishi tilshunoslik nuqtayi nazaridan ham katta ahamiyatga ega ekani isbotlandi. Ayniqsa, emoji, hashtag va vizual elementlarning keng qo‘llanishi onlayn matnlarning emotsional va kontekstual qatlamini kuchaytirib, muloqotni interaktiv va dinamik holatga olib keladi. Shuningdek, ushbu tahlil foydalanuvchilarni stilometrik profiling asosida farqlash imkonini yaratdi. Bu yondashuv orqali yozuv muallifining yoshi, jinsiyati yoki ijtimoiy holati kabi demografik ko‘rsatkichlarini bashorat qilish mumkinligi isbotlandi. Ushbu usullar xavfsizlik, kontent monitoringi, tilshunoslik, psixologiya va ta‘lim sohalarida amaliy natijalar berishi mumkin. Shu tarzda, tadqiqot internet foydalanuvchilari matnlarining o‘ziga xos stilistik va lingvistik izlarini aniqlash, ularning kommunikativ odatlari, madaniy va yoshga oid tafvutlarini tushunish, shuningdek, tilning zamonaviy internet muhitida qanday shakllanishini o‘rganish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi. Ushbu natijalar kelgusida internet tili, stilistik diversifikatsiya, va muallif identifikatsiyasi bo‘yicha yangi tadqiqot yo‘nalishlari uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Stamatatos, E. (2009). A Survey of Modern Authorship Attribution Methods. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*.
2. Rangel, F., Rosso, P. (2013). On the Implications of Author Profiling in Social Media. *Language Resources and Evaluation*.
3. Schler, J., Koppel, M., et al. (2006). Effects of Age and Gender on Blogging. *AAAI*.
4. Stamatatos, E., et al. (2022). Survey on Profiling Age and Gender of Text Authors. *Expert Systems with Applications*.
5. Sittar, A., Ameer, M. (2025). Stylometric Author Profiling for Social Media: A Bird’s Eye View. *Computational Social Science Review*.



6. Markov, I., et al. (2019). Author Profiling Using Combinations of Features. *CEUR Workshop Proceedings*.
7. Rangel, F., Rosso, P. (2017). PAN Author Profiling Task. *CLEF*.
8. Verhoeven, B., Daelemans, W. (2014). TWISTY: A Multilingual Stylometry Corpus. *CLiPS Technical Report*.
9. Kestemont, M., et al. (2024). Cross-Linguistic Authorship Attribution. *Digital Scholarship in the Humanities*.
10. Malmasi, S., Zampieri, M. (2022). PART: Pre-trained Authorship Representation Transformer. *arXiv preprint arXiv:2209.15373*.
11. Zhang, X., Liu, F., et al. (2025). Authorship Attribution in the Era of LLMs. *Journal of Artificial Intelligence Research*.
12. Anzovino, M., Fersini, E., & Rosso, P. (2021). Profiling Hate Speech Spreaders on Twitter. *CEUR Workshop Proceedings*.
13. Litvinova, O., Seredin, I., Bukhanovskaya, E. (2020). Multimodal Author Profiling in Social Media. *Future Internet*.

Management and Future Technologies

journal.umft.uz