

September, 2025

Volume 2, Issue 3



№ 007

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. Alov Raxmatillo
t.f.d., prof. Marat Raxmatullayev
t.f.d., prof. Dilnoz Muxamediyeva
i.f.d., prof. Toxir Hasanov
i.f.d., prof. To'lqin Boboqulov
t.f.d., prof. Jamshid Sul'tonov
f-m.f.d. prof. Dildora Muhamediyeva
i.f.d., prof. Sherzod Rajabov
p.f.d., prof. 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

Musayev Muhammadjon; Jurayev Dilshod

**PROGRESSIV TRANSFORMER ALGORITMLARI ASOSIDA UZLUKSIZ IMO-
ISHORA TILI HARAKAT NUQTALARINI HOSIL QILISH**

6

Khamdamov Utkir, Khalilov Sirojiddin, Omonullayeva Faragiza, Akhmedov Farrukh,
Umarov Mukhriddin

**DEEP LEARNING MODEL FOR HUMAN FACE ANIMITY DETECTION IN A
DISTANCE LEARNING PLATFORM**

23

Rahmatullayev Ilhom; Abduraximov Baxtiyor

**NEWSA OQIMLI SHIFRLASH ALGORITMINING APPARAT DARAJADAGI
SAMARALI TADBIQI VA ARXITEKTURAVIY TAHLILI**

34

Turgunov Bekzod

**AVTONOM HARAKATLANISH TIZIMLARIDA OBYEKTGACHA MASOFANI
O'LCHASH ANIQLIGINI OSHIRISH YECHIMINI ISHLAB CHIQISH**

47

Shukurov Kamoliddin; Ochilov Mannon; Xasanov Umidjon

**NUTQ SIGNALLARIGA INTELLEKTUAL ISHLOV BERISH TIZIMLARIDA
SO'ZLOVCHILARNI AJRATISHNING AHAMIYATI**

58

Botir Elov; Abdulla Abdullayev

O'ZBEK MATNLARI SENTIMENT TAHLIL TIZIMI: ARXITEKTURA VA LOYIHALASH

67

Aybek Xaytbayev

**5G TARMOQLARIDA CHEGARAVIY HISOBLASH RESURSLARINI
BOSHQARISHGA MO'LJALLANGAN AQLLI TIZIM**

88

Abduraximov Baxtiyor; Allanov Orif; Turdibekov Baxtiyor

**BLOKCHAIN TEXNOLOGIYASIDA FOYDALANILADIGAN KRIPTOGRAFIK XESH
FUNKSIYALAR TAHLILI**

102

Maksud Sharipov; Ogabek Sobirov

**DEVELOPMENT OF A LEMMATIZATION ALGORITHM: INTERPRETING OPEN
COMPOUND WORDS**

110

Saidkulov Elyor; Ibrohimova Zulayho

**DOIRANI GEOMETRIK SHAKILLAR BILAN TO'LDIRISH YORDAMIDA OROL
DENGIZINING FRAKTAL O'LCHOVINI ANIQLASH**

117

Элмурод Уринов; Шохруз Тургуналиев СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ УМНЫХ ДОМАШНИХ УСТРОЙСТВ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ	128
Saidkulov Elyor FRAKTAL TUZILISHLI YER SIRTINI GEOMETRIK MODELLASHTIRISH VA VIZUALLASHTIRISH	137
Musaev Anvar KIBERXAVFSIZLIK VA AXBOROT XAVFSIZLIGINING O'ZIGA HOS XUSUSIYATLARI	145
Umarov Muhridin; Melibayeva Xilola; Xudoyberdiyev Shaxriyor; Giyasova Gulnoza; Samarov Sherzod GRAFIK PROTSESSORLARDA TASVIRLARDAN YO'L BELGILARINI TANIB OLUVCHI DASTURIY VOSITALARINING FUNKSIONAL STRUKTURASI	150
Abdulxayev Nodir UNITY PLATFORMASIDA YARATILGAN VIRTUAL REALLIK SIMULYATSIYASIDA INSON HARAKATINI REAL VAQTDAN HIS QILISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQUV	161
Botir Elov; Mastura Primova O'ZBEK MATNLARI UCHUN N-GRAM TIL MODEL	166
Xalilov Sirojiddin SUN'IY INTELLEKT USULLARI YORDAMIDA VIDEOTASVIRDAN SHAXSNING YUZ TASVIRI HAMDA OBEYKTLARNI ANIQLASH ALGORITMLARI	177
Jumaboyeva Pokiza SUN'IY INTELLEKT ASOSIDAGI O'ZBEK IMO-ISHORA TILINI TANIB OLISH VA TABIY TILGA INTEGRATSIYA QILISH	188
Xudoyberdiyev Rahmatillo SUN'IY YO'LDOSH ALOQA KANALLARI MODELLASHTIRISH USULLARI VA SIMULYATSIYA TEXNOLOGIYALARI	194
Xolmatov Orzumurod TABIY TILNI QAYTA ISHLASHGA ASOSLANGAN SAVOLLARGA JAVOB BERISH YONDASHUVLARI VA ALGORITMLARI TAHLILI	202
Axmedov Farrux O'ZBEK TILIDA MATNDAN NUTQ SINTEZLASH UCHUN MODEL TANLOVI VA UNING O'QITILISHI	212

Fotima Alimova INTEGRATING BPMN, DMN, AND UML FOR COMPARATIVE ASSESSMENT OF PUBLIC AND COMMERCIAL DIGITAL SERVICES	222
Sotvoldiyeva Dildora; Abdullayeva Mohigul MADANIY MEROSNI RAQAMLASHTIRISH: FOTOGRAMMETRIYA VA 3D SKANERLASHNING AHAMIYATI, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR	230
Akmuradov Baxtiyor; Berdimuradov Mirzohid SERVERLARDA YUKLAMANI TAQSIMLASH ALGORITIMLARINI TADQIQ QILISH	241
Xudayberganov Temur; Davlatmurotov Valijon BIOMETRIK AUTENTIFIKATSIYA JORIY ETISH ASOSIDA XAVFSIZLIK DARAJASINI OSHIRISH MODEL VA ALGORTIMLARI TAHLILI	252
Sharipov Maksud; Adinayev Xushnodbek DEVELOPING A CONDITIONAL RANDOM FIELD (CRF) MODEL FOR DETECTING INTERROGATIVE SENTENCES IN UZBEK TEXTS	257
Amirkulov Marufjon WORKING WITH PARALLEL CORPORA: APPROACHES AND TOOLS IN COMPUTATIONAL LINGUISTICS	263
Shohida Yusupova; Ogabek Matyoqubov ADVANCING EDUCATIONAL METHODS THROUGH ICT INTEGRATION	269
Omonullayeva Farangiza JURNALISTIK FAOLIYATNI MONITORING QILISH VA JURNALISTLAR REYTINGINI BAHOLASH JARAYONLARINING MODELLARI VA AXBOROT TIZIMINI DOLZABRLIGI	278
Bozorov Jasurbek VIRTUAL TA'LIM TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA O'QITISH METODIKASINI SHAKLLANTIRISH	282
Yarashbek Yusupov, Nargiza Baymatova YUQORI POZITSIYALI FAZA MODULYATSIYA TURLARI UCHUN BIT XATOLIK EHTIMOLLIGINI BAHOLASH USULLARI	286



TEXNIKA FANLARI



PROGRESSIV TRANSFORMER ALGORITMLARI ASOSIDA UZLUKSIZ IMO-ISHORA TILI HARAKAT NUQTALARINI HOSIL QILISH

Musayev Muhammadjon; Jurayev Dilshod

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Sun'iy intellekt kafedrası

E-mail: dilsamtuit@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada og'zaki nutqni uzluksiz imo-ishora tili jumlariga tarjima qiluvchi Progressiv transformer modeli taklif etiladi. Model turli uzunlikdagi jumlar ketma-ketliklarni boshqarish uchun sanoq bo'yicha dekodlash mexanizmidan foydalanadi hamda xatoliklarni kamaytirish maqsadida ma'lumotlarni kengaytirish usullari joriy etiladi. Shuningdek, imo-ishora tilidagi tabiiylik va ifodaviylikni oshirish uchun raqobatli o'qitish va aralash zichlik tarmog'i qo'llaniladi. Taklif etilgan yondashuv tayyorlangan ma'lumotlar to'plamida sinovdan o'tkazilib, BLEU va ROUGE ko'rsatkichlari orqali baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, Progressiv transformer arxitekturasi asosidagi model imo-ishora ishlab chiqarishda samarali bo'lib, kelgusida yanada mukammal imo-ishora tiliga tarjima tizimlari uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: SLT-Sign Language Translation, imo-ishora tili, Progressiv transformer, sanoq bo'yicha dekodlash, MediaPipe - tana harakat nuqtalari, raqobatli o'qitish, ma'lumotni kengaytirish, Aralash zichlik tarmog'i, ma'lumotlar to'plami, BLEU va ROUGE.

Kirish

So'nggi yillarda sun'iy intellekt, chuqur o'qitish va kompyuter ko'rish texnologiyalarining rivojlanishi natijasida imo-ishora tillarini avtomatik qayta ishlash bo'yicha ilmiy izlanishlar jadal sur'atlarda kengaymoqda. Imo-ishora tillari dunyo miqyosida eshitish qobiliyati zaif insonlar uchun asosiy muloqot vositasi hisoblanib, qo'l harakatlari, tana pozitsiyalari, yuz ifodalari va boshqa noverbal signallar orqali murakkab grammatik hamda semantik ma'nolarni ifodalash imkoniyatini beradi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, dunyo aholining taxminan 5 foizi turli darajadagi eshitish nuqsoniga ega. Shu bois, imo-ishora tilini og'zaki tilga va aksincha avtomatik tarjima qila oladigan tizimlar eshitish imkoniyati cheklangan insonlarning ijtimoiy hayotga integratsiyasi va kommunikatsiyasini yengillashtirishda katta ahamiyat kasb etadi.

Imo-ishora tillarining o'ziga xosligi ularning nafaqat vizual tabiatida, balki grammatik va sintaktik jihatdan og'zaki tillardan tubdan farqlanishidadir. Shu sababli imo-ishora tilini og'zaki tilga tarjima qilish jarayoni an'anaviy tabiiy tilni qayta ishlash usullariga qaraganda murakkabroq vazifa sanaladi. Ilgari olib borilgan tadqiqotlarning aksariyati imo-ishora tanib olish (SLR - Sign Language Recognition) va uni og'zaki tilga tarjima qilish yo'nalishiga qaratilgan bo'lsa-da, eshitish imkoniyati cheklangan jamoa uchun yanada dolzarb bo'lgan muammo - og'zaki tilni imo-ishora tiliga avtomatik tarjima qilish (SLT - Sign Language Translation) hisoblanadi. Bu nafaqat real vaqt rejimida muloqotni ta'minlash, balki ta'lim, tibbiyot, huquqiy jarayonlar kabi ko'plab ijtimoiy sohalarda ham samarali qo'llanish imkoniyatini beradi.

Shunga qaramay, mavjud SLT modellarining asosiy kamchiligi ularning faqat yorliqlangan imo-ishoralarni ketma-ket bog'lash orqali jumla tuzishga urinishi bo'lib, natijada hosil bo'lgan imo-ishora animatsiyalari tabiiylikdan yiroq, hissiy ifodasiz va sun'iy ko'rinishga ega bo'lgan. Bu esa foydalanuvchilar tomonidan bunday tizimlarning qabul qilinish darajasini pasaytirgan. Shu sababli zamonaviy izlanishlarda Transformer arxitekturalariga asoslangan ilg'or yondashuvlar, xususan

Progressive transformer hamda Aralash zichlik tarmoqlari modellaridan foydalanish orqali yanada tabiiy, silliq va uzluksiz 3D imo-ishora ketma-ketliklarini yaratish imkoniyatlari keng tadqiq etilmoqda. Ushbu maqola aynan shu yoʻnalishdagi yangi model arxitekturalari, olib borilgan tajribalar, baholash natijalari hamda foydalanuvchilarning real fikrlari tahliliga bagʻishlanadi.

Bogʻliq ishlar tahlili.

Hozirgi kunga kelib imo-ishora tilini qayta ishlash (SLP - Sign Language Processing) sohasi chuqur oʻqitishga asoslangan yondashuvlar, metodologiyalar, yirik hajmdagi multimodal maʼlumotlar toʻplamlari hamda hisoblash quvvatining oshishi tufayli keskin rivojlanmoqda. Agar dastlabki yondashuvlar avatar modellariga yoki qoida asosidagi tizimlarga tayangan boʻlsa, ularning samaradorligi koʻpincha cheklangan va tabiiylikdan yiroq boʻlib chiqqan. Shu bois neyron tarmoqlar, transformer arxitekturalari va generativ modellar tez orada sohada ustunlik qozonib, yangi imkoniyatlar ochib berdi. Natijada, tadqiqotlarning katta qismi imo-ishora tilini tanib olish (SLR - Sign Language Recognition), imo-ishora tilini tarjima qilish (SLT- Sign Language Translation) va imo-ishora tilini generatsiya qilishga qaratildi.

Imo-ishora tilini tanib olish va tarjima qilish boʻyicha olib borilgan izlanishlar ayniqsa 2017-yildan keyin keskin faollashdi. Bu jarayon, bir tomondan, katta hajmdagi maʼlumotlar toʻplamlarining shakllanishi, ikkinchi tomondan, transformer arxitekturalarining samaradorligi bilan bogʻliq boʻldi. Masalan, SLP boʻyicha chop etilgan ilmiy maqolalarda SLR va SLT metodlari tizimli oʻrganilib, ushbu sohadagi ilgʻor natijalar umumlashtirilgan [1]. Keyingi tadqiqotlarda koʻp tilli va ochiq lugʻatli SLT modellariga boʻlgan qiziqish ortgani kuzatildi va transformer asosidagi yondashuvlar ushbu vazifalarda eng samarali metod sifatida qaraldi. Masalan, SignNet II modeli multimodal xususiyatlarni birlashtirish orqali imo-ishora tilidan ogʻzaki tilga va aksincha ikki tomonlama tarjima jarayonida yuqori aniqlikka erishgani taʼkidlanadi [2]. Shuningdek, T2P (text-to-pose) modelining yunon imo-ishora tili uchun ishlab chiqarilgan varianti, matndan imo-ishora poza ketma-ketligini generatsiya qilishda samaradorligi bilan boshqalaridan ajralib turadi [3].

Imo-ishora tilini generatsiya qilish esa sohaning eng murakkab, ammo istiqbolli yoʻnalishlaridan biri boʻlib qolmoqda. Bu yoʻnalishda asosiy muammo tabiiylikni taʼminlash va imo-ishoralardagi xilma-xillikni modellashtirishdir. Masalan, raqobatli yondashuv asosida transformer generator va shartli diskriminator yordamida imo-ishora ketma-ketliklarini yanada tabiiy shaklda hosil qilishga erishilgan [4]. Keyinchalik ishlab chiqilgan MoMP (Mixture of Motion Primitives) arxitekturasi imo-ishora pozalaridagi xilma-xillikni samarali modellashtirish imkonini bergan [5]. Gloss bosqichini yanada takomillashtirish uchun HamNoSys tizimi asosida fonetik imo-ishora tasvirlaridan foydalanish taklif qilindi [6]. Shuningdek, imo-ishora fragmentlarini birlashtirish orqali tabiiyroq ketma-ketliklar hosil qilishga qaratilgan metodlar ham taklif etilib, ular keyinchalik yanada kengaytirildi [7].

Generativ yondashuvlarning yana bir muhim jihati shundan iboratki, ular SLT tizimlarining sifatini oshirish uchun maʼlumotlarni kengaytirish (data augmentation) vositasi sifatida ham qoʻllanmoqda. Masalan, generativ metodlar (SignGAN) yordamida SLT natijalarini 19% gacha yaxshilash mumkinligi koʻrsatilgan [8]. Shuningdek, spatio-temporal transformer modellaridan foydalanib, Kolumbiya imo-ishora tilida BLEU-4 = 46.84 koʻrsatkichiga erishilgan va fazoviy hamda vaqtinchalik bogʻliqliklarni hisobga olishning muhimligi taʼkidlangan [9].

Tarixiy yondashuvlarga murojaat qilsak, dastlabki ishlarda SLT koʻpincha avatar-asosida amalga oshirilgan. Bu metodlar vizual jihatdan realistik imo-ishoralarni hosil qilgan boʻlsa-da, ular



odatda oldindan yozib olingan iboralarga tayangan va shu sababli keng qo‘llash uchun mos emas deb topilgan [10]. Keyinchalik tana va qo‘llarda bo‘lmagan xususiyatlar - masalan, lab harakatlari va boshning joylashuvi kabi xususiyatlar tizimga qo‘shilgan bo‘lsa-da, ular ko‘pincha “hissiyotsiz” va “tabiiylikdan yiroq” sifatida baholangan [11]. MoCap (Motion Capture) texnologiyalariga asoslangan yondashuvlar imo-ishoralarni yanada realistik shaklda yaratishga yordam bergan bo‘lsa-da, ularning yuqori narxi va murakkabligi ularni keng miqyosda qo‘llashni cheklagan [12]. Shu bilan birga, statistik mashina tarjimasini (SMT) usullari ham qo‘llanilgan, ammo qoidalarni qayta ishlashning murakkabligi sababli ularning samaradorligi boshqa modellarga nisbatan past bo‘lgan [13].

Zamonaviy izlanishlarda esa chuqur o‘qitishga asoslangan neyron mashina tarjimasini (NMT) asosiy yo‘nalish sifatida qaralmoqda. Dastlab RNN va encoder–decoder arxitekturalaridan foydalanilgan bo‘lsa-da, fiksatsiyalangan uzunlikdagi oraliq ifodalarni muammosini e‘tibor mexanizmi yordamida hal etildi [14]. Keyinchalik transformer arxitekturasi self-attention mexanizmlaridan foydalanib, butun ketma-ketlikdagi global bog‘liqliklarni samarali modellashtirish imkonini berdi. Bu yondashuv ko‘plab NLP vazifalarida tub burilish yasab, til modellashtirish, multimodal tizimlar, nutq sintezi va video tahlil sohalarida muvaffaqiyatli qo‘llanila boshlandi [15].

Shuningdek, imo-ishora tilini generatsiya qilishda raqobatli o‘qitish va aralash zichlik tarmoqlari keng qo‘llanilmoqda. Raqobatli o‘qitish diskriminatorning teskari aloqasi orqali yaratilgan imo-ishoralarning reallikka yaqinligini oshiradi va “o‘rtachaga qaytish” muammosini kamaytiradi [16]. MDN esa imo-ishoralardagi tabiiy xilma-xillikni modellashtirishda, masalan, qo‘l harakati intensivligi yoki yuz ifodalari o‘zgarishini ifodalashda samarali hisoblanadi [17]. Tadqiqotlarda ko‘rsatilishicha, MDNni transformer arxitekturasi bilan birlashtirish imo-ishora generatsiyasida yanada yuqori reallik va silliqlikka olib keladi [18].

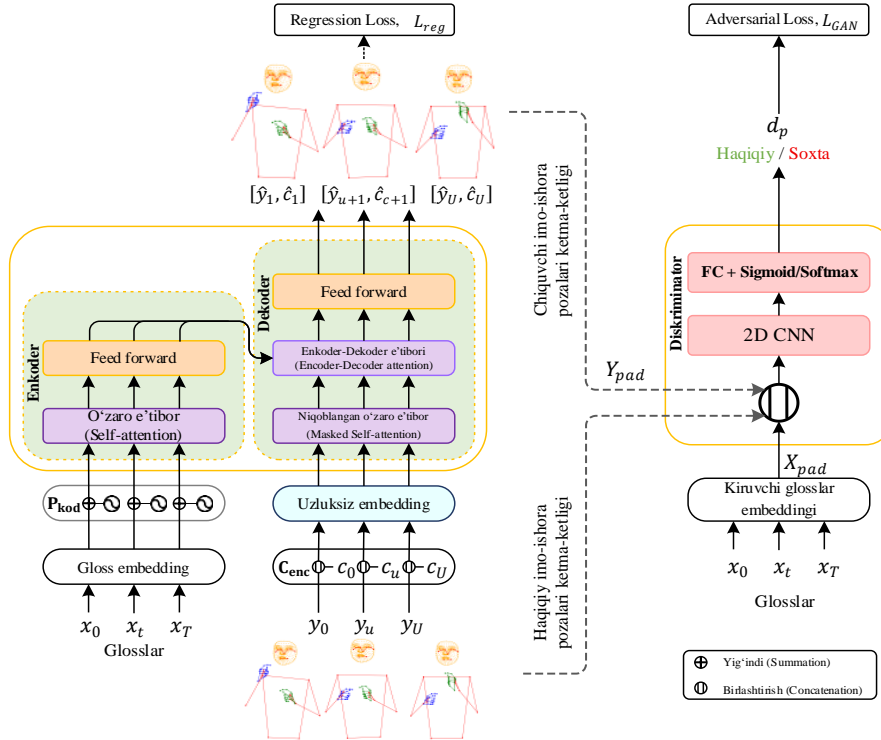
Umuman olganda, mavjud ilmiy adabiyotlar imo-ishora tilini qayta ishlash sohasida chuqur o‘qitish, transformer arxitekturalari va generativ yondashuvlarning ustuvorligini yaqqol ko‘rsatmoqda. SLR va SLT vazifalarida samaradorlik sezilarli darajada oshgani, imo-ishora generatsiyasida esa tabiiylik va ifodaviylik tobora yaxshilanib borayotgani kuzatilmoqda. Bundan tashqari, multimodal komponentlarning - yuz ifodalari, lab harakatlari va tana pozalarining birgalikda modellashtirilishi – yanada realistik va keng miqyosda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan tizimlarni yaratishda hal qiluvchi omil bo‘lib xizmat qilmoqda. Shu tariqa, avatar va qoidaviy yondashuvlardan chuqur o‘qitishga asoslangan ilg‘or metodlarga o‘tish sohaga yangi istiqbollarni ochib, kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlarini belgilab bermoqda.

Metodologiya

Ushbu bo‘limda uzluksiz 3D imo-ishora ketma-ketliklarini matndan (yoki glossdan) generatsiya qiluvchi SLT tizimi bayon etiladi. Bunda Progressiv transformer arxitekturasi, sanoq bo‘yicha dekodlash (Counter decoding), xatolarni yig‘ilishini kamaytiruvchi data-augmentatsiya (Future Prediction, Just Counter, Gaussian Noise), shartli diskriminator bilan raqobatli o‘qitish (Adversarial training) va aralash zichlik tarmoqlari (MDN - Mixture Density Network) chiqishlari kiritish bosqichlari tushuntiriladi. Shuningdek, O‘zbek imo-ishora tili ma’lumotlar to‘plamini tayyorlash tartibi (videoni yozib olish, MediaPipe harakat nuqtalari) hamda tizimni baholash uchun qo‘llangan metrikalar BLEU va ROUGE orqaga tarjima yondashuvi baholash bayon qilinadi.

Uzluksiz 3D imo-ishora tilini yaratish. Ushbu qismda taklif etilayotgan SLT modelimiz ishlash jarayoni yoritib beriladi. Model og‘zaki jumalarni uzluksiz imo-ishora pozalari ketma-

ketliklariga tarjima qilishni o‘rganadi. Bundan maqsad shartli ehtimollik $p(Y|X)$ ni o‘qitish, ya’ni $X = (x_1, \dots, x_T)$ og‘zaki ketma-ketlik berilganda, $Y = (y_1, \dots, y_U)$ imo-ishoralar ketma-ketligini generatsiya qilish. Kirish manbasi sifatida glosslardan ham foydalanamiz.



1-rasm. Progressiv transformer va shartli diskriminator arxitekturasi.

Imo-ishora tili 3D tana harakat nuqtalarining (poza) uzluksiz ketma-ketligi sifatida ifodalanadi; bunda qo‘l shakli va tana joylashuvi hamda lab harakatlari va yuz ifodalari kabi birgalikda modellashtiriladi. Bunda muammoning murakkabligi quydagicha ifodalanadi:

- Og‘zaki va ishora tillari o‘rtasida grammatika va sintaksis farqlari sababli bevosita moslik yo‘q.
- Ishoralar uzluksiz vektor fazosida ifodalanadi, bu esa klassik tokenlashdan foydalanishni qiyinlashtiradi.
- Ma’no bir vaqtning o‘zida qo‘l va qo‘lda bo‘lmagan belgilar orqali sinxron yetkaziladi.

Bu yerda umumiy g‘oya shundan iboratki, uzluksiz ketma-ketliklarni generatsiya qilish uchun Progressive Transformer taklif etiladi. Model doimiy kirishlarni (matn yoki gloss) uzluksiz pozalar ketma-ketligi bilan bevosita bog‘laydi. Sanoq bo‘yicha dekodlash mexanizmi vaqt bo‘yicha ishlab chiqarishning “rivojlanish darajasi”ni kuzatadi va shu orqali ketma-ketlik uzunligini bevosita belgilanmagan holda (implitsit tarzda) o‘qitishga imkon beradi.

Raqobatli o‘qitish generatorida xatolarni yig‘ilishi (drift) muammosidan himoyalash uchun turli ma’lumotlarni kengaytirish (data augmentation) usullari qo‘llanadi. Ifodaviylikni oshirish uchun esa Progressive transformer generatoriga shartli diskriminator ulanib, raqobatli o‘qitish amalga oshiriladi.

Multimodal xilma-xillikni yanada aniqroq ifodalash uchun chiqish qatlami MDN asosidagi matematik ifoda bilan kengaytiriladi.”

Progressive transformer sifatida klassik Transformer modelidan foydalanamiz, u doimiy kirish va yorliqlangan tillar o‘rtasidagi moslikni o‘rganishga mo‘ljallangan. Ushbu arxitektura



uzluksiz chiqishlar (masalan, imo-ishora) bilan ishlash uchun moslashtiriladi, hamda sanoq bo'yicha dekodlash texnikasi joriy etiladi. Mazkur texnika o'zgaruvchan uzunlikdagi ketma-ketliklarni generatsiya qilish va ularning tugash nuqtasini aniqlash imkonini beradi. Model vaqt bo'yicha generatsiya jarayonining bosqichma-bosqich rivojlanishini kuzatgani uchun Progressive transformer deb ataladi.

Ushbu ishda Progressive transformer gloss yoki og'zaki matn kabi doimiy kirishlarni uzluksiz 3D ishora poza ketma-ketliklariga tarjima qiladi. Bundan maqsad - kirish jumlasining mazmuniga mos, bir vaqtning o'zida realistik va izchil pozalar ketma-ketligini hosil qilishdir. Model encoder-decoder tuzilmasiga ega bo'lib, manba ketma-ketlik latent fazoga kodlanadi, so'ngra dekoder orqali avtomatik yaxshilanuvchi tarzda nishon fazosiga xaritalanadi.

Manba embeddinglari standart NMT ishlov berish ketma-ketligiga muvofiq, doimiy tokenlar chiziqli embedding orqali yuqori o'lchamli fazoga ko'chiriladi:

$$w_t = W_x \cdot x_t + b_x \quad (1)$$

So'ngra manba ketma-ketlikning vaqt infratuzilmasini aks ettirish uchun pozitsion kodlash qo'llanadi:

$$\hat{w}_t = w_t + \text{Pozitsion}_{kodlash}(t) \quad (2)$$

bu yerda Pozitsion_kodlash - t ga bog'liq sinusoidal funksiyalar to'plamidir.

Uzluksiz embeddinglar ketma-ketligi imo-ishora diktorning 3D tana joylashuvi koordinatalaridan tashkil topadi. Buning uzluksiz tabiati sababli biz unga yangi vaqt kodli sanoq encodingni qo'llaymiz. Bu kod $c \in [0, 1]$ bo'lib, kadrning butun uzunlikdagi nisbiy o'rnini bildiradi. Har bir kadr uchun bo'g'inlar y_u mos sanoq qiymati c_u bilan birlashtiriladi:

$$j_u = [y_u; c_u] \quad (3)$$

Har vaqt qadami uchun poza bilan birga sanoq qiymati \hat{c} ham bashorat qilinadi; $\hat{c} = 1$ bo'lganda sanoq bo'yicha dekodlash tugagan deb hisoblanadi. Sanoq qiymati modelga davomiylik va tezlik haqida signal beradi. Model ishlash jarayonida barqarorlik uchun \hat{c} chiziqli vaqt signali c^* bilan almashtiriladi. So'ng birlashtirilgan vektorlar chiziqli embedding orqali o'tkaziladi:

$$\hat{j}_u = W_y \cdot j_u + b_y \quad (4)$$

Progressive transformer encoderni E_{PT} - L ta bir xil blokdan tashkil topgan bo'lib, har bir blok ikki kichik qatlamdan iborat. Vaqt bo'yicha kodlangan \hat{w}_t lar avval ko'p boshli o'zaro e'tibor (MHA-multi-head self-attention) moduliga uzatiladi. Ushbu modul global kontekstni aks ettiruvchi og'irliklangan taqsimotni shakllantiradi:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{Softmax}\left(\frac{QK}{\sqrt{d}} + M\right)V \quad (5)$$

MHA bir nechta boshlarda parallel ravishda hisoblanadi.

$$\text{MHA}(Q, K, V) = [\text{head}_1; \dots; \text{head}_h]W_o \quad (6)$$

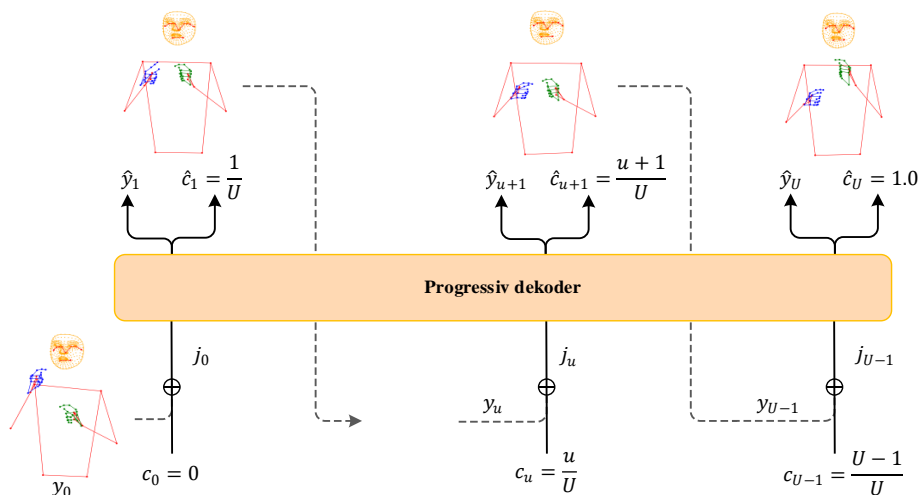
Bu yerda:

$$\text{head}_i = \text{Attention}(QW_i^Q, KW_i^K, VW_i^V) \quad (7)$$

mos ravishda W_o , W_i^Q , W_i^K va W_i^V har bir kirish o'zgaruvchiga mos keluvchi og'irlik matritsalaridir.

Shundan so'ng feed-forward qatlam qo'llanadi. Har bir kichik qatlam atrofida qoldiq ulanish (residual connection) va qatlam normalizatsiyasi (layer normalization) mavjud bo'ladi. Yakuniy kontekst quyidagicha olinadi:

$$h_t = E_{PT}(\hat{w}_t | \hat{w}_{1:T}) \quad (8)$$



2-rasm. Sanoq bo'yicha dekodlash misoli

Progressive transformer dekoderi. D_{PT} avtomatik yaxshilanuvchi model bo'lib, har bir vaqt qadami uchun ishora pozalar kadrini va unga mos sanoq qiymatini generatsiya qiladi. Doimiy transformerlardan farqli ravishda, ushbu dekoder uzluksiz ketma-ketliklarni hosil qiladi. Bu embeddinglar sanoq qiymatlari bilan birlashtirilgan \hat{J}_u bo'g'in embeddinglarining har bir kadrning ishora pozasini ifodalash uchun ishlatiladi. Avvalo, qo'shma embeddinglarga MHA pastki qatlam qo'llanadi. Bu encoderga o'xshashdi, ammo qo'shimcha masklash amaliyoti kelajakdagi kadrlarni yashirib, modelning hali dekodlanmagan vaqt qadamlariga e'tibor qaratishining oldini oladi.

Keyin qo'shimcha MHA mexanizmi yordamida encoder tomonidan yaratilgan doimiy tasvirlar dekoderdagi uzluksiz fazoga moslashtiriladi. Shundan so'ng yakuniy feed-forward pastki qatlam qo'llanadi. Har bir pastki qatlam atrofida qoldiq ulanish va qatlam normalizatsiyasi mavjud.

Dekoderdan chiqish quyidagicha ifodalanadi:

$$[\hat{y}_u; \hat{c}_u] = D_{PT}(\hat{J}_{1:u-1}, h_{1:T}) \quad (8)$$

bu yerda \hat{y}_u - u kadr uchun generatsiya qilingan uch o'lchovli tana harakatining joylashuv pozitsiyalari, \hat{c}_u esa tegishli sanoq qiymatidir. Dekoder har safar bitta kadrni hosil qilib boradi va 2-rasm berilganidek sanoq qiymati $\hat{c}_u = 1$ ga yetganda ketma-ketlik tugagan deb belgilanadi.

Model o'rtacha kvadratik xatolik (MSE-Mean Squared Error) funksiyasi yordamida o'qitiladi. Bu funksiya bashorat qilgan ketma-ketlik $\hat{y}_{1:U}$ va haqiqiy ketma-ketlik $y_{1:U}$ orasidagi farqni o'lchaydi:

$$\mathcal{L}_{MSE} = \frac{1}{U} \sum_{i=1}^U (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (9)$$

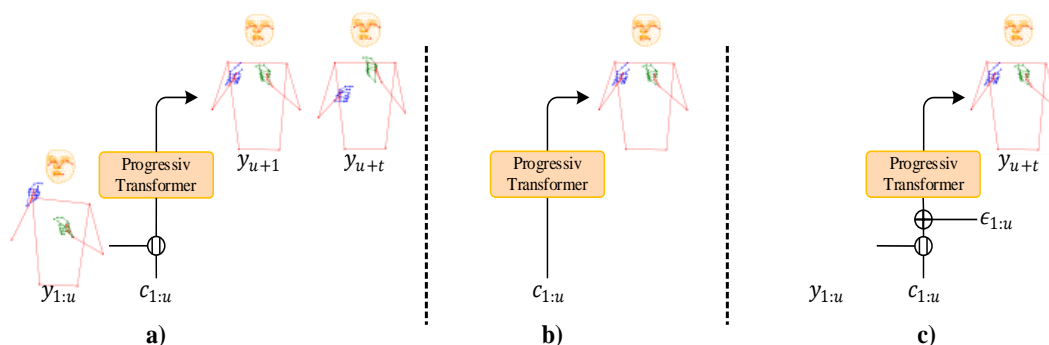


Modelni sinash bosqichida esa to'liq ishora poza ketma-ketligi $\hat{y}_{1:U}$ avtomatik yaxshilanish tarzda hosil qilinadi va oldingi qadamda yaratilgan kadrlar keyingi qadam uchun kirish sifatida ishlatiladi. Bashorat qilingan sanoq qiymati 1 ga yetganda dekodlash tugaydi va yakuniy ishora ketma-ketligi shakllanadi.

Ma'lumotni kengaytirish (Data Augmentation). Avtomatik yaxshilanuvchi ketma-ketlik bashoratlash ko'pincha xatolarni yig'ilishi muammosidan aziyat chekadi, ya'ni noto'g'ri bashoratlar vaqt o'tishi bilan yig'ilib boradi. Transformer modellarini odatda keyingi vaqt qadamini haqiqiy ma'lumotlar (ground truth) asosida bashorat qilishga o'rgatilgani sababli, ular bashorat qilingan kirishlardagi shovqinga nisbatan chidamli emas. SLT modeli uchun bu muammo yanada keskinlashadi, chunki tana hatakat nuqtalari uzluksiz tabiatga egaligidir. Qo'shni kadrlar o'rtasidagi farq juda kichik bo'lgani uchun, model shunchaki oldingi haqiqiy kadrni takrorlab ham kichik xato bilan qutulishi mumkin.

Modelni sinash jarayonida har bir bashorat keyingi bosqich uchun kirish sifatida ishlatiladi va xatolar butun ketma-ketlik bo'ylab tezda tarqaladi. Ushbu xatolarni yig'ilishi muammosini kamaytirish uchun biz uch xil ma'lumotni kengaytirish usulidan foydalanamiz. Ular: Kelajakni bashorat qilish (Future Prediction), Faqat sanash (Just Counter) va Gauss shovqini (Gaussian Noise).

Kelajakni bashorat qilish. Model faqat keyingi kadrni emas, balki kelgusi bir nechta kadrlarni ham oldindan bashorat qilishga majbur qilinadi. 3a-rasmda keltirilganidek, $y_{u+1}:y_{u+t}$ kadrlarini $y_{1:u}$ asosida oldindan aniqlash talab etiladi. Qo'shni kadrlar orasidagi farq juda kichik bo'lgani sababli, model oddiy shovqin qo'shib oldingi kadrni takrorlab o'rganib qolishi mumkin. Kelajakdagi bir nechta kadrlarni bashoratlash esa modelni harakat dinamikasini o'rganishga majbur qiladi. Modelni sinovi vaqtida esa faqat keyingi kadr bashorati ishlatiladi.



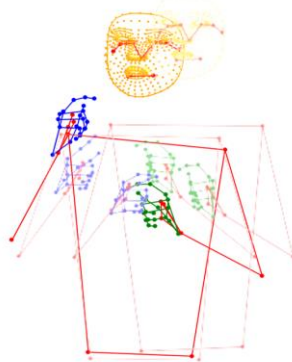
3-rasm. Xatolarni yig'ilishi muammosini kamaytirish va barqaror SLT modelini yaratishda qo'llaniladigan ma'lumotni kengaytirish usullari.

Faqat sanash. Transformerlarning kuchli yodlash qobiliyatidan ilhomlanib, bu yondashuvda 3b-rasmda berilganidek modelga skelet bo'g'inlarining to'liq pozitsiyalari emas, balki faqat sanoq ketma-ketligi $c_{1:u}$ beriladi. Model oldingi kadrlar pozitsiyalari haqida hech qanday ma'lumotga ega bo'lmasdan, sanoq qiymatlaridan kelib chiqib ishora poza ketma-ketligini hosil qilishi kerak. Bu esa modelni oldingi haqiqiy ma'lumot embeddinglariga tayanmaslikka majbur qiladi va manba tilini chuqurroq tushunishga undaydi. Shuningdek, bu yondashuvda tarmoq tuzilishi o'qitish va modelni

sinash jarayonlarida bir xil bo‘ladi: modelning yangi bashorati kirishlariga emas, balki faqat yangi ma’lumotlarga umumlashtirishga majbur bo‘ladi.

Gauss shovqini. O‘qitish jarayonida kirish poza ketma-ketliklariga shovqin qo‘shib, 3c-rasmda ifodalangandek ma’lumotlar xilma-xilligini oshiramiz. Har bir o‘qitish davrida bo‘g‘inlar bo‘yicha statistik taqsimot yig‘iladi va keyingi epoch uchun tasodifiy olingan shovqinlar qo‘shiladi. Shunday qilib, model shovqinli kirishlarni to‘g‘rilab, harakat nuqtalarini toza chiqishga moslashtirishni o‘rganadi. Natijada sinov vaqtida u shovqinli kirishlarga ko‘proq moslashadi, xatolarni tuzatish qobiliyati ortadi va butun ishora ketma-ketligini aniqroq generatsiya qiladi.

Raqobatli o‘qitish. Ishora tillarida tabiiy ravishda katta harakat xilma-xilligi mavjud, chunki har bir imo qiluvchi biroz farqli artikulyatsiya va harakatlar bilan ishora ketma-ketligini ishlab chiqaradi. Haqiqiy imo-ishora butun tana bo‘yicha nozik va aniq harakatlardan tashkil topadi; faqatgina 9-formulada berilgan bo‘g‘in xatolarini minimallashtirishga qaratilgan o‘qitish esa bu nozik tafsilotlarni yo‘qotishi mumkin. Faqat regressiya asosida o‘qitilgan SLP modellarida pozalarning artikulyatsiyasi sust bo‘lib qoladi va ular “o‘rtachaga regressiya” muammosidan aziyat chekadi.



4-rasm. Imo-ishora pozalarida “o‘rtachaga regressiya” muammosi.

Xususan, qo‘l shakllarining o‘rtacha ko‘rinishi generatsiya qilinadi va bu yetarlicha boy harakatni ifodalaydi. 5-rasmda ushbu muammo tasvirlangan bo‘lib, haqiqiy xiralashgan pozalar yig‘indisining o‘rtachasi mazmuni to‘liq ifodalay olmaydigan soddalashtirilgan ishoraga olib keladi. Yetarlicha ifodalanmagan harakat (under-articulation) muammosini bartaraf etish maqsadida, biz SLT uchun raqobatli o‘qitish mexanizmini joriy etamiz. 1-rasmda ko‘rsatilgandek, asosiy generator tarmog‘i G yoniga shartli diskriminator D qo‘shiladi. Ushbu yondashuvda SLT jarayoni ikki neyron tarmoq o‘rtasidagi min-max o‘yin sifatida qaraladi: diskriminator D generator chiqishlarining haqiqiylik darajasini baholaydi, generator esa diskriminatorni chalg‘itib, hosil qilingan imo–ishora poza ketma-ketliklarini yanada realistik qilishga intiladi. Generator sifatida 2-rasm chap qismida ta’riflangan Progressive transformer ishlatiladi, diskriminator esa 5-rasmda ko‘rsatilgan konvolyutsion neyron tarmoq arxitektura bo‘lib, u kirish sifatida imo-ishora pozalar ketma-ketligi va unga mos manba ketma-ketligini qabul qiladi hamda chiqishda haqiqiylikni ifodalovchi yagona skalyar qiymat qaytaradi.

Raqobatli o‘qitish quyidagicha ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\min_G \max_D \mathcal{L}_{GAN}(G, D) = E[\log D(Y^* | X)] + E[\log(1 - D(G(X) | X))] \quad (10)$$



bu yerda Y^* - haqiqiy imo-ishora pozalar ketma-ketligi, y_{1-U}^* ni ifodalasa, $G(X)$ –generator hosil qilgan ketma-ketlik $\hat{Y} = \hat{y}_{1-U}$ ni ifodalaydi va X esa kiruvchi og‘zaki til glosslari ketma-ketligidir.

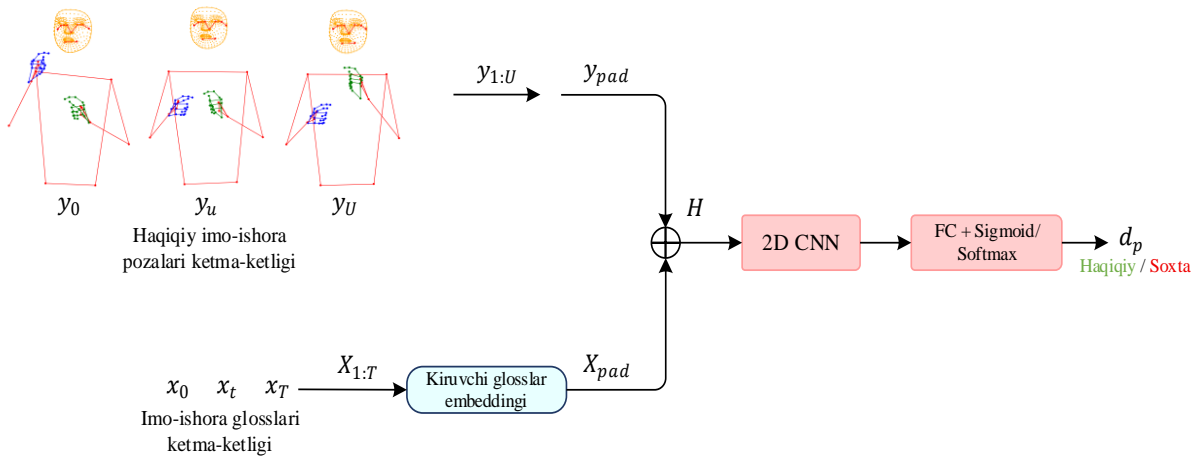
Generator G kiruvchi og‘zaki til glosslari ketma-ketligi asosida ishora poza ketma-ketliklarini hosil qilishni o‘rganadi va Progressive transformer arxitekturasini generativ raqobatlashuvchi tarmoqlarga (GAN-Generative Adversarial Network) integratsiya qiladi. An’anaviy GANlardan farqli ravishda, bizda generatsiya shartli bo‘lib, u alohida manba ketma-ketligiga bog‘langan. Shuning uchun klassik GANdagi kabi tasodifiy shovqin vektori ishlatilmaydi, balki generatsiya to‘liq manba ketma-ketligiga tayanadi.

Generator quyidagi ikkita asosiy yo‘qotish funksiyasining kombinatsiyasi orqali o‘qitamiz: 9-formuladagi regressiya yo‘qotishi \mathcal{L}_{Reg} va 10-formuladagi raqobatli yo‘qotish \mathcal{L}_{GAN}^G orqali. Umumiy yo‘qotish funksiyasi ushbu yo‘qotishlarning vaznli yig‘indisi sifatida aniqlanadi:

$$L^G = \lambda_{Reg} \mathcal{L}_{Reg}(G) + \lambda_{GAN} \mathcal{L}_{GAN}^G(G, D) \quad (11)$$

bu yerda λ_{Reg} va λ_{GAN} - mos ravishda regressiya va raqobatli yo‘qotishlarning ahamiyatini belgilovchi koeffitsiyentlardir.

Diskriminator. Biz shartli raqobatli diskriminator D ni taqdim etamiz, u generator tomonidan yaratilgan imo-ishora poza ketma-ketliklarini \hat{Y} va haqiqiy imo-ishora poza ketma-ketliklarini Y^* farqlash uchun ishlatiladi. Bu jarayon manba nutq ketma-ketligiga X bog‘liq holda bajariladi. Quyidagi 5-rasmda diskriminator arxitekturasining umumiy ko‘rinishi keltirilgan.



5-rasm. Taklif etilgan shartli diskriminator modelning arxitektura tuzilishi

Har bir kiruvchi manba-yorliq juftligi (X, Y) uchun (haqiqiy yoki generatsiya qilingan imo-ishora pozasi bo‘lishidan qat’i nazar), D ning maqsadi bitta skalyar qiymat $d_p \in (0, 1)$ ni ishlab chiqarishdir. Bu qiymat berilgan ketma-ketlik Y haqiqiy ma’lumotlar to‘plamidan olinganligini bildiruvchi ehtimollik sifatida talqin qilinadi:

$$d_p = P(Y = Y^* | X, Y) \in (0, 1) \quad (12)$$

Diskriminatorga kiritilishdan oldin sanoq qiymatlari olib tashlanadi, shunda baholash faqat ishora mazmuniga qaratiladi. Kadr uzunliklari o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli, barcha ketma-ketliklar maksimal uzunlikka U_{max} nol bilan to‘ldiriladi:

$$Y_{pad} = [Y_{1:U}, \emptyset_{U:U_{max}}] \quad (13)$$

bu yerda Y_{pad} - nol vektorlar \emptyset bilan kengaytirilgan imo-ishora pozalar ketma-ketligi bo'lib, bu o'lchami sobit bo'lgan tensor ustida konvolyutsiyalarni amalga oshirish imkonini beradi.

Diskriminatorni manba nutq ketma-ketligiga shartlash uchun, avval manba tokenlari chiziqli embedding qatlamidan o'tkaziladi. Ularning uzunligi ham turlicha bo'lgani sababli, embeddinglar maksimal uzunlik T_{max} ga nol bilan to'ldiriladi:

$$X_{pad} = [W^X \cdot X_{1:T} + b^X; \emptyset_{T:T_{max}}] \quad (14)$$

bu yerda W^X va b^X - kirish embeddingi uchun og'irlik va bias, \emptyset esa nol to'ldiruvchilardir. Yuqoridagi 5-rasmda ko'rsatilganidek, manba tasviri keyin Y_{pad} bilan birlashtirilib, shartli xususiyatlar H hosil qilinadi:

$$H = [Y_{pad}, X_{pad}] \quad (15)$$

Diskriminator ishora poza ketma-ketligi bo'ylab N ta 2D konvolyutsion filtrlarni qo'llaydi, bu esa vaqt bo'yicha harakatlarning lokal kontekstini tahlil qilib, ishora harakatining vaqt bo'yicha izchillik aniqlash imkonini beradi. Bunday yondashuv reallikni aniqlashda faqat kadr darajasidagi diskriminordan samaraliroqdir, chunki bitta kadr uchun "o'rtacha qo'l shakli" maqbul bo'lishi mumkin, ammo u katta vaqt oynasi davomida izchil realizmni ta'minlay olmaydi.

Har bir qatlamdan so'ng Leaky ReLU aktivatlashtirish funksiyasi qo'llanadi, bu trening vaqtida gradientlarning sog'lom oqimini ta'minlaydi. Yakuniy feed-forward chiziqli qatlam va aktivatlashtirish funksiyasi bilan kombinatsiyalangan xususiyatlarni bitta skalyar d_p ga proyeksiya qiladi. Bu chiquvchi ketma-ketlikning haqiqiy bo'lish ehtimolini ifodalaydi.

Diskriminator D haqiqiy ketma-ketliklar uchun $d_p = 1$, generatsiya qilingan ketma-ketliklar uchun esa $d_p = 0$ bo'lish ehtimolini maksimallashtirishga o'qitiladi. Bu 10-formulaga asoslangan matematik tarzda ifodalanadi va yo'qotish funksiyasi quyidagicha ifodalanadi: $L^D = L_{GAN}^D(G, D)$ bunda yuqorida berilganidek sinov vaqtida diskriminator tashlab yuboriladi va faqat generator G avtomatik yaxshilanuvchi sifatida ishora poza ketma-ketliklarini generatsiya qilishda qo'llanadi.

Aralash zichlik tarmog'i (MDN-Mixture Density Networks). Yuqorida keltirilgan model arxitekturalari deterministik chiqishlarni hosil qiladi, ya'ni har bir vaqt qadamida yagona stoxastik bo'lmagan pozalar bashorat qilinadi. Bunday deterministik bashoratlash noaniqlik yoki variativlikni ifodalash imkonini bermaydi, bu esa uzluksiz ketma-ketliklarni generatsiya qilishda sezilarli cheklov hisoblanadi. Natijada, model o'rtachalashtirilgan va ifodaviyligi past pozalarni ishlab chiqarishi, hamda tabiiy xilma-xillikni yo'qotishi mumkin.

Ushbu deterministik bashoratlash muammolarini bartaraf etish uchun biz Aralash zichlik tarmog'idan foydalanishni taklif qilamiz. 6-rasmda ko'rsatilganidek, bashorat fazosi bir nechta ehtimoliy taqsimotlar orqali parametrizatsiya qilinadi. Har bir aralashma komponenti kelajakdagi turli xil mumkin bo'lgan harakatlarni modellashtiradi. Bu yondashuv barcha potentsial ishora harakatlarini va ularga xos noaniqlikni birgalikda modellashtirish imkonini beradi, natijada yanada xilma-xil va ifodaviy ketma-ketliklar hosil bo'ladi.

Matematik ifodalash. Aralash zichlik tarmog'i neyron tarmoqdan foydalanib aralash taqsimotni parametrizatsiya qiladi. Modelning bir qismi aralash komponentlarining vaznlarini (a_i) hisoblaydi, qolgan qismi esa har bir komponentning parametrlarini (o'rtacha qiymat va dispersiya)



generatsiya qiladi. Biz Progressive transformer arxitekturasidan foydalanamiz, biroq chiqish qatlamini Gaussian aralashmalarini modellashtirish uchun moslashtiramiz.

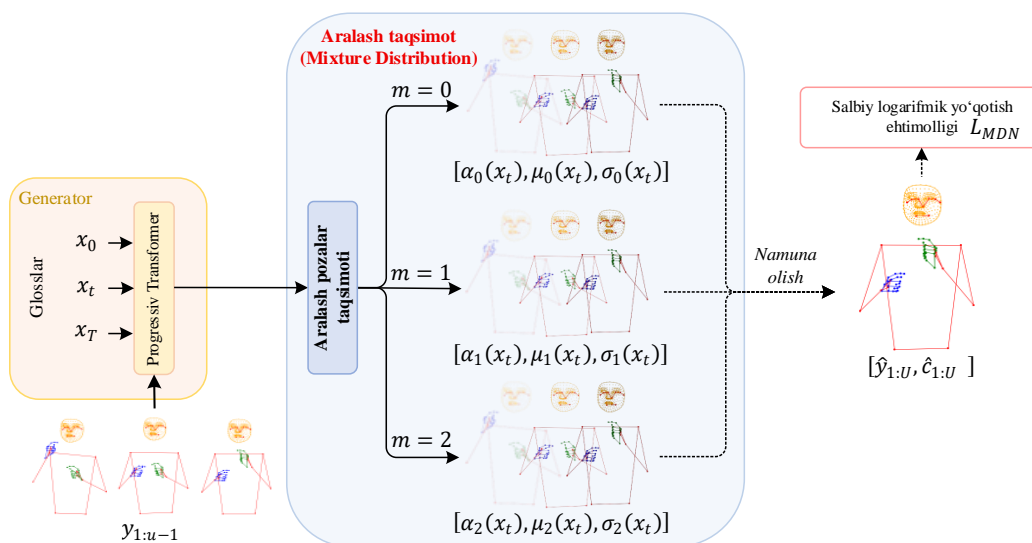
Berilgan manba tokeni x_t uchun ishora poza kadri y_u ni hosil qilishning shartli ehtimoli quyidagicha ifodalanadi:

$$p(y_u | x_t) = \sum_{i=0}^M \alpha_i(x_t) \phi_i(y_u | x_t) \tag{16}$$

bu yerda M - aralash komponentlari soni, $\alpha_i(x_t)$ - i -komponent vazni (ya'ni poza shu komponentdan kelib chiqish ehtimoli), $\phi_i(y_u | x_t)$ esa Gauss zichlik funksiyasi:

$$\phi_i(y_u | x_t) = \frac{1}{\sigma_i(x_t)\sqrt{2\pi}} \exp \frac{\|y_u - \mu_i(x_t)\|^2}{2\sigma_i(x_t)^2} \tag{17}$$

Bu yerda $\mu_i(x_t)$ va $\sigma_i(x_t)$ mos ravishda o'rtacha qiymat va dispersiyani bildiradi. Mixture koeffitsiyentlari softmax aktivatsiyasi orqali normalashtiriladi (ular $[0,1]$ oraliqda va yig'indisi 1 ga teng). Dispersiya qiymatlariga esa eksponensial funksiya qo'llanadi, faqat musbat natijalarni ta'minlash uchun.



6-rasm. Aralash zichlik tarmog'ining (Mixture Density Networks) umumiy tuzilishi.

Optimallashtirish. O'qitish jarayonidan maqsad - haqiqiy tana holati ma'lumotlarni bashorat qilingan aralash taqsimotidan kelib chiqish ehtimolini maksimallashtirishdir. Bu manfiy log ehtimollikni minimallashtirish orqali amalga oshiriladi:

$$L_{MDN} = - \sum_{u=1}^U \log p(y_u | x_t) = - \sum_{u=1}^U \log \sum_{i=1}^M \alpha_i(x_t) \phi_i(y_u | x_t) \tag{18}$$

bu yerda U - ketma-ketlik uzunligi, M - aralash komponentlari soni.

Namuna olish. Modelni sinash vaqtida 6-rasmda berilganidek imo-ishora harakat nuqtalari namunalarini 16-formuladagi aralash taqsimotidan tanlab olamiz. Avval eng ehtimollik taqsimot

tanlanadi: $i_{max} = \operatorname{argmax}_i \alpha_i(x_t)$ so'ngra ushbu komponentning markazi $\mu_{i_{max}}(x_t)$ bashorat sifatida olinadi. Qo'l bo'g'inlarida keskin o'zgarishlarni kamaytirish uchun $\sigma(x_t) = 0$ qilib belgilanadi. Bu ayniqsa qo'l bo'g'inlari kabi kichik nuqtalarda katta σ qiymati keltirib chiqaradigan keskin o'zgarishlarning oldini oladi.

Bir nechta vaqt qadamlari uchun to'liq ketma-ketlik hosil qilishda, har bir kadr aralash zichlik modelidan autoregressiv tarzda ketma-ket tanlab olinadi. Tanlangan sign kadrlar keyingi transformer vaqt-qadamlariga kiritma sifatida uzatiladi va yakunda to'liq ishora poza ketma-ketligi $\hat{y}_{1:U}$ generatsiya qilinadi.

Aralash zichlik tarmog'i va raqobatli o'qitish yondashuvi yuqorida bayon etilgan raqobatli trening rejimi bilan ham birlashtirilishi mumkin. Ushbu holatda Aralash zichlik tarmog'i modeli raqobatli generator sifatida qaraladi va u shartli diskriminatorga qarshi qo'yiladi, bunda namuna olingan sign poza diskriminatorga kirish sifatida uzatiladi. Yakuniy yo'qotish funksiyasi esa 18-formuladagi manfiy log ehtimollikva 10-formuladagi raqobatli generator yo'qotishning og'irliklangan kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalanadi:

$$L_{MDN}^G = \lambda_{MDN} L_{MDN}(G) + \lambda_{GAN} \mathcal{L}_{GAN}^G(G, D) \quad (19)$$

Modelni sinov bosqichida diskriminator tashlab yuboriladi, chiqish esa Aralash zichlik tarmog'ining aralash taqsimotidan tanlab olingan namunalar orqali hosil qilinadi.

Imo-ishora poza ketma-ketligi chiqishlari. Mazkur model konfiguratsiyalarining har biri manba og'zaki til ketma-ketligi $x_{1:T}$ asosida imo-ishora poza ketma-ketligini $\hat{y}_{1:U}$ hosil qilishga o'rgatilgan. Ushbu skelet ketma-ketligidan video yaratish nisbatan oddiy vazifa bo'lib, bo'g'inlarni belgilash va tegishli suyaklarni ulash orqali amalga oshiriladi; vaqt bo'yicha ma'lumot esa Progressiv transformer hisoblagichi yordamida taqdim etiladi. Hosil qilingan 3D bo'g'inlar keyinchalik avatarlarni animatsiya qilish yoki GAN'ni boshqarish uchun ishlatilishi mumkin.

Hosil qilingan imo-ishora poza ketma-ketligi berilgan matnning haqiqiy tarjimai bo'lsa-da, u ma'lumot to'plamidagi referensiyadan boshqacha tezlikda bajarilishi mumkin. Bu noto'g'ri emas, chunki har bir ishorachi o'zining o'ziga xos ritmi va tezligida imo-ishora qiladi, shuningdek, bizning model ham o'z kadensiga ega bo'ladi. Biroq, imo-ishora ketma-ketliklari bilan vizual taqqoslashni osonlashtirish uchun Dynamic Time Warping qo'llanilib, yaratilgan imo-ishora ketma-ketliklari vaqt bo'yicha moslashtiriladi. Bu amal kontentni o'zgartirmaydi, balki faqat vizualizatsiya uchun vaqtli uyg'unlikni ta'minlaydi.

Garchi bizning asosiy maqsadimiz real vaqtli tizim qurish bo'lmagan bo'lsa-da, joriy implementatsiya deyarli real vaqt rejimida ishlaydi va og'zaki nutq jumlasini soniyalar ichida imo-ishora tili videosiga tarjima qila oladi. Tarjima tabiati butun jumla kontekstini to'liq o'rganishni talab qilgani sababli, kichik kechikish mavjud bo'ladi. Shu bois, avtomatik tizim tomonidan kiritilgan ushbu kichik kechikish qo'shimcha sezilarli kechikishga olib kelmaydi.

Ma'lumotlar to'plami (DATASET). Mazkur tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan ma'lumotlar to'plami O'zbek imo-ishora tiliga asoslangan bo'lib, dinamik imo-ishoralarni avtomatik tanib olish va ilmiy-tadqiqot ishlari uchun foydalanishga mo'ljallangan. Ushbu dataset yuqori aniqlikdagi video ma'lumotlarga ehtiyoj sezmaydigan, MediaPipe platformasi asosidagi yengil va hisoblash jihatidan samarali metodologiyaga moslashtirilgan. Ma'lumotlar to'plamning yaratilishidan ko'zlangan asosiy maqsad imo-ishora tilini soddalashtirilgan, biroq real sharoitga maksimal



darajada yaqin holda aniqlash imkonini beruvchi modelni ta'minlashdir. To'plam tarkibida kundalik muloqotda keng qo'llaniladigan asosiy imo-ishoralar majmuasi jamlangan.

Mazkur tadqiqot uchun tuzilgan ma'lumotlar to'plami qat'iy talablarga asoslangan bo'lib, har bir imo-ishora uch nafar suxandon tomonidan ijro etilgan va ular tomonidan har bir ishora uchun uchta video yozib olingan. Shu tariqa, umumiy hajm $200 \text{ ishora} \times 3 \text{ suxandon} \times 3 \text{ video}$ formulasi asosida 1800 ta video namunani tashkil etdi. Videolar HD Pro Webcam C920 qurilmasi yordamida USB kabel orqali kompyuterga ulanib, OpenCV kutubxonasi VideoCapture funksiyasi orqali yozib olindi. Har bir video 1 soniya davomiylikka, 30 FPS (kadr/sekund) tezlikka va 640×480 piksel o'lchamga ega bo'ldi. Yozib olish jarayonida imo-ishoralarni aniq va bir xil ifodalashga e'tibor qaratildi, hamda, bu jarayon maxsus ishlab chiqilgan soddalashtirilgan yozib olish modeli asosida amalga oshirildi. Bunday yondashuv murakkab texnik vositalardan foydalanmagan holda modelni o'qitish va baholash imkonini beradi [19].

Baholash usullari: Modelning samaradorligini baholash uchun BLEU va ROUGE kabi baholash metrikalari qo'llanildi. Ushbu metrikalar tabiiy til modellarida keng tarqalgan bo'lib, matn generatsiyasi jarayonida hosil bo'lgan chiqishlarning tabiiyligi va maqsadli matnga mazmuniy yaqinligini o'lchashda muhim ahamiyatga ega. Quyida ushbu metrikalarning har biri haqida qisqacha ma'lumot beriladi.

BLEU (Bilingual Evaluation Understudy): BLEU ko'rsatkichi imo-ishora tarjimai tizimlarida glossdan poza ketma-ketliklarini generatsiya qilish sifatini baholashda qo'llanilishi mumkin. Bu metrika hosil qilingan poza ketma-ketliklari va ground-truth orasidagi N-gram darajasidagi o'xshashlikni o'lchaydi. Biroq, BLEU faqat statistik aniqlikka asoslanganligi sababli, imo-ishoralarning ravonligi, ifodadorligi va semantik aniqligini to'liq qamrab olmaydi. Shuningdek, imo ketma-ketligining uzunligi yoki artikulyatsiya tafovutlari natijaga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli, BLEU ko'pincha boshqa baholash ko'rsatkichlari bilan birgalikda ishlatiladi.

ROUGE (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation): ROUGE glossdan poza tarjimai natijalarini baholashda hosil bo'lgan ketma-ketlik va asl (ground-truth) ketma-ketlik orasidagi N-gram darajasidagi moslikni hisoblash orqali qo'llanadi. Ushbu ko'rsatkich imo-ishoralarning semantik tarkibini qanchalik saqlab qolishini ko'rsatadi. ROUGE ayniqsa imo-ishora ketma-ketligida mazmuniy moslikni baholash uchun muhimdir, chunki u imo-ishoralarning ma'nosini ifodalashdagi aniqlikni avtomatik tarzda o'lchash imkonini beradi.

Natijalar

Model samaradorligini baholash uzluksiz ketma-ketliklarda murakkab masalalardan biri hisoblanadi, chunki an'anaviy MSE ko'rsatkichi imo-ishoradagi semantik mazmunni to'liq ifodalay olmaydi. Shu sababli biz baholash jarayonida orqaga tarjima (back translation) usulidan foydalanib, yaratilgan tana harakati nuqtalarini og'zaki tilga qayta tarjima qildik. Bu yondashuv generatsiya qilingan ketma-ketliklarning qanchalik tushunarli va mazmuniy jihatdan saqlanganini ko'rsatib berdi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, tana belgilari va yuz belgilarini birlashtirgan konfiguratsiya eng yuqori BLEU ko'rsatkichlariga erishdi, faqat yuz belgilari asosidagi konfiguratsiya esa eng past natijani berdi. Bu esa tana belgilari va yuz belgilari xususiyatlar bir-birini to'ldiruvchi muhim komponent ekanini tasdiqlaydi. Jadvaldan ko'rinadiki, tana belgilari + yuz belgilari konfiguratsiyasi ham train, ham test bosqichlarida eng yuqori natija ko'rsatgan, bu esa qo'l va yuz belgilarini birgalikda ishlatishning afzalligini tasdiqlaydi. Faqat yuz belgilariga asoslangan konfiguratsiya eng

past ko'rsatkichni berdi, bu esa yuz belgilarisignallarning o'zi yetarli emasligini bildiradi. Quyidagi 1-jadvalda turli konfiguratsiyalar uchun BLEU-4 natijalari keltirilgan:

1-jadval. *Poza turlari* uchun haqiqiy tarjima natijalari.

Poza turlari	O'quv to'plami (Train) BLEU-4	Test to'plami (Test) BLEU-4
Tana belgilari	11.05	9.97
Yuz belgilari	8.65	9.18
Tana belgilari + Yuz belgilari	11.44	11.01

Qiziqarli jihati shundaki, ayrim hollarda modelimiz yaratgan ketma-ketliklar hatto ground-truth ma'lumotlardan ham yuqori natija berdi, sababi generatsiya qilingan chiqishlar silliqlashgan va barqaror bo'lib, asl ma'lumotlarda esa 2D–3D xaritalash va ma'lumot sifati sababli soxta effektlar uchraydi.

Vizual tahlillar ham ushbu natijalarni tasdiqlaydi. Model tomonidan yaratilgan sign ketma-ketliklar haqiqiyga, silliq va semantik jihatdan mos chiqdi. Tana harakatlari aniq va izchil, qo'l shakllari esa ma'noni ifodalashda yetarli bo'lsa-da, biroz kamroq artikulyatsiyaga ega. Yuz belgilari bo'yicha bosh harakatlari aniq saqlangan, biroq lab artikulyatsiyasi biroz cheklangan.

Sifat baholash. Baholash natijalari shuni ko'rsatadiki, bizning SLT modelimiz gloss-to-pose vazifasida vizual jihatdan ishonchli va realistik ketma-ketliklarni generatsiya qila oladi. 7-rasmda ko'rsatilganidek, modelning chiqishi kiruvchi videodan olingan harakat nuqtalari bilan yonma-yon taqqoslanganda, yaratilgan ketma-ketliklar vizual jihatdan silliq va semantik jihatdan mos kelishi kuzatiladi. Tana harakatlari aniq va izchil, qo'l shakllari esa ma'noli bo'lsa-da, ba'zan yetarli darajada ifodalanmagan. Yuz belgilaribelgilar bo'yicha bosh harakatlari yaxshi aks ettirilgan, biroq lab artikulyatsiyasi biroz sustroq ko'rinadi.

Quyidagi 2-jadvalda Gloss → Pose aylantirish uchun turli usullar konfiguratsiyalarning BLEU-4 va ROUGE ko'rsatkichlarini taqdim etadi:

2-jadval. Turli model konfiguratsiyalari uchun Gloss-to-Pose modelining natijalari.

Usullar	O'quv to'plami (Train)		Test to'plami (Test)	
	BLEU-4	ROUGE	BLEU-4	ROUGE
Asosiy (Base)	7.30	26.11	6.79	25.02
Gauss shovqini	10.75	32.02	10.08	31.66
Raqobatli o'qitish	11.41	33.59	10.16	32.03
Aralash zichlik tarmog'i	11.54	33.40	11.68	32.79
Aralash zichlik tarmog'i + Raqobatli o'qitish	11.49	33.92	11.18	33.43

Taqqoslash natijalari shuni ko'rsatadiki, Gaussian Noise konfiguratsiyasi modelni sezilarli darajada yaxshilasa-da, qo'l shakllarida ifodalilik hali ham cheklangan bo'lsa. Raqobatli o'qitish bu kamchilikni kamaytirib, chiqishlarni yanada ifodalibroq va reallikka yaqinlashtiradi. Aralash zichlik tarmog'i konfiguratsiyasi esa eng yuqori BLEU-4 va ROUGE natijalarini qayd etib, ground-truth



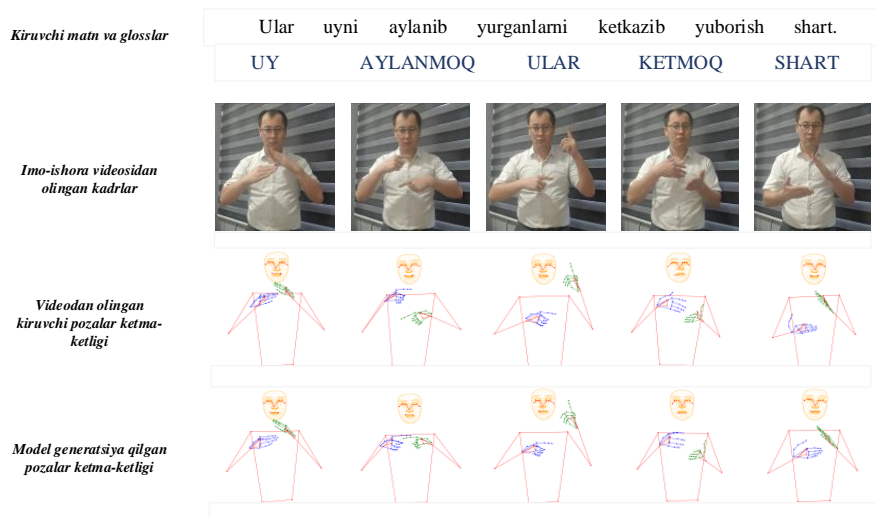
pozalariga vizual yaqinlashuvni ta'minladi. Bu aralash ehtimollik taqsimotining noaniqlikni modellashtirish qobiliyati bilan izohlanadi.

Umuman, sifat tahlillari shuni ko'rsatadiki, Aralash zichlik tarmog'i va raqobatli yondashuvlar modelni turli jihatdan yaxshilaydi. Bunda biri reallikni, ikkinchisi esa ifodalilikni oshiradi, natijada yanada tabiiy va tushunarli imo-ishoralar ketma-ketliklari hosil qilinadi.

Raqobatli o'qitish va Aralash zichlik tarmog'i asosidagi yondashuvlar miqdoriy natijalar bo'yicha o'xshash ko'rsatkichlarga ega bo'lsa-da, ular sign tushunarligini yaxshilashda turlicha mexanizmlar orqali ishlaydi. Raqobatli o'qitish diskriminatorning realizmga yo'naltiruvchi bosimi orqali chiqishlarni vizual jihatdan tabiiylashtirsa, Aralash zichlik tarmog'i yondashuvi aralash ehtimollik taqsimotidan foydalanib "o'rtacha regressiya" muammosini kamaytiradi hamda ifodalilikni oshiradi. Umumiy natija sifatida, ikkala usul ham soddalashtirilgan va ifodadan xoli pozalar o'rniga yanada realistik va silliq sign ketma-ketliklarini ta'minlaydi.

Qo'shni kadrlar orasidagi bo'g'in koordinatalarining bir-biriga yaqin joylashgani modelning nozik artikulyatsiyalarni o'zlashtira olganidan dalolat beradi. Bu esa signlar orasidagi o'tishlarning silliq bo'lishini ta'minlab, og'zaki tilning diskret generatsiyasidan farqli ravishda tabiiy uzluksizlikni shakllantiradi.

Shunga qaramay, ba'zi cheklovlar kuzatildi: murakkab qo'l shakllarini sadoqat bilan qayta tiklash qiyinligi, qo'lning berkinishi sababli trening ma'lumotlari sifatining pasayishi, hamda to'g'ri otlar va maxsus entitetlar uchun yetarli grammatik kontekstning yo'qligi ishlab chiqarishni qiyinlashtiruvchi omillar sifatida qayd etildi.



7-rasm. Aralash zichlik tarmog'i va raqobatli o'qitish modeli chiqishida bashorat natijalar

Oxirgi natijalarni yanada aniqroq ifodalash uchun yuqoridagi vizual misoldan foydalanish mumkin. Unda berilgan gap va glossalar ("Ular uyni aylanib yurganlarini ketkazib yuborish shart") ketma-ketligi uch xil taqdimotda ko'rsatilgan:

1. *Imo-ishora videosidan olingan kadrlar* - bu kiruvchi yorliqlangan tasvir bo'lib, imo-shora diktoringing haqiqiy imo-ishoralari namoyish etilgan.

2. *Video orqali olingan kirituvchi pozalar ketma-ketligi* - Mediapipe yordamida avtomatik ajratib olingan tana harakat nuqtalari ifodalari. Bu bosqichda qo'l va tana harakatlarining asosiy koordinatalari saqlanadi.



3. *Model generatsiya qilgan pozalar ketma-ketligi* - SLT modelining yakuniy chiqishi bo‘lib, kiritilgan gloss va matnga mos ravishda avtomatik ravishda hosil qilingan uzluksiz imo-ishora ketma-ketligi.

Ushbu taqqoslashdan ko‘rinadiki, model tomonidan yaratilgan pozalar asl signchining imo-ishoralariга yaqin, vizual jihatdan silliq va semantik mos keladigan ketma-ketliklarni hosil qilgan. Bu nafaqat modelning matndan-to‘g‘ridan-to‘g‘ri sign generatsiya qilish qobiliyatini tasdiqlaydi, balki qo‘l va tana koordinatalarining yaxlitligini ham ta‘minlaganini ko‘rsatadi. Natijada, sign ketma-ketliklari foydalanuvchilar uchun tushunarli va tabiiy chiqishlarni yaratishga qodir ekanligi isbotlandi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot doirasida matndan to‘g‘ridan-to‘g‘ri uzluksiz 3D imo-ishora poza ketma-ketliklarini generatsiya qiluvchi yangi yondashuv taklif etildi. Modelning asosiy o‘ziga xosligi shundan iboratki, u u progressiv transformer arxitekturasi asosida ishlab chiqilib, sanoq bo‘yicha dekodlash texnikasi yordamida ketma-ketliklarni izchil va silliq shaklda dekodlash imkoniyatini yaratdi. Bu yondashuv imo-ishora tillarining tabiiy oqimligini ta‘minlashda muhim omil bo‘lib xizmat qildi.

Shuningdek, tadqiqotda xatolarni yig‘ilishi muammosini kamaytirishga qaratilgan ma‘lumot kengaytirish usullari qo‘llanildi. Raqobatli o‘qitish hamda Aralash zichlik tarmog‘i integratsiyasi modelning barqarorligini oshirib, generatsiya qilingan imo-ishoralarning realizm darajasini sezilarli ravishda yaxshiladi. Ushbu qo‘shimcha mexanizmlar natijaviy ketma-ketliklarning uzluksizligi va tabiiyligini kuchaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tajriba sinovlari tanlangan yondashuvning samaradorligini amaliy jihatdan isbotlab berdi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, matndan-to‘g‘ridan-to‘g‘ri poza tarjiması gloss vositachiligiga asoslangan modellardan ustun bo‘lishi mumkin. Bu esa kelgusi tadqiqot ishlarida imo-ishora tarjiması jarayonida gloss bosqichini chetlab o‘tish orqali yanada soddalashtirilgan va samarali tizimlarni yaratish imkonini ochib beradi.

Foydalanuvchilar ishtirokidagi baholashda esa generatsiya qilingan imo-ishoralari hali mukammal darajaga yetmagan bo‘lsa-da, qo‘shimcha silliqlash va shovqinlarni kamaytirish orqali ularning sifatini sezilarli darajada oshirish mumkinligi aniqlandi. Shu jihatdan, taklif etilgan yondashuv kelgusida yanada takomillashtirilsa, ta‘lim, tibbiyot va ijtimoiy hayotning boshqa muhim sohalarida keng amaliy qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan istiqbolli yo‘nalish sifatida qaralishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Rastgoo, R., Kiani, K., & Escalera, S. (2021). Sign language recognition: A comprehensive review. *Expert Systems with Applications*, 164, 113794. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113794>
2. Ko, S., Lee, J., Kim, H., & Kim, C. (2023). SignNet II: Multimodal sign language translation with bidirectional architecture. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(2), 210–225.
3. Pratikaki, A., Theodorakis, S., & Maragos, P. (2025). Text-to-pose transformer for Greek sign language generation. *Computer Speech & Language*, 83, 101518.



4. Saunders, B., Camgoz, N. C., & Bowden, R. (2020). Adversarial training for continuous sign language production. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 10786–10795.
5. Saunders, B., Camgoz, N. C., & Bowden, R. (2021). MoMP: Mixture of Motion Primitives for sign language generation. *International Journal of Computer Vision*, 129(12), 3312–3331.
6. Walsh, S., Saunders, B., Camgoz, N. C., & Bowden, R. (2022). Enhancing gloss representations with HamNoSys for sign language production. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
7. Walsh, S., Saunders, B., & Bowden, R. (2024). Sign stitching: Generating continuous sign sequences from fragments. *Pattern Recognition Letters*, 172, 56–65.
8. Zhou, Y., Wang, X., & Li, Z. (2025). Data augmentation for sign language translation using generative methods. *Neural Networks*, 169, 234–247.
9. Lopez, A., Martinez, P., & Gomez, J. (2025). Spatio-temporal transformers for sign language translation. *Computer Vision and Image Understanding*, 231, 103684.
10. Ebling, S., & Huenerfauth, M. (2015). Bridging the gap between sign language avatars and real signers: Evaluation of the comprehensibility of generated content. *Universal Access in the Information Society*, 14(4), 551–562.
11. Elliott, R., Glauert, J., Kennaway, J., & Parsons, M. (2008). Linguistic modelling and language-processing technologies for avatar-based sign language presentation. *Universal Access in the Information Society*, 6(4), 375–391.
12. Lu, P., Huenerfauth, M., & Gu, E. (2010). Evaluation of motion capture for American Sign Language avatar animation. *Proceedings of the International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP)*, 243–250.
13. Kayahan, H., Akar, G., & Akarun, L. (2019). Rule-based approaches in sign language translation: A comparative study. *IEEE Access*, 7, 105632–105643.
14. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of NAACL-HLT*, 4171–4186.
15. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., et al. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 27, 2672–2680.
16. Zhang, Y., Sun, S., Galley, M., et al. (2019). Dialog state tracking with neural networks. *Proceedings of ACL*.
17. Saunders, B., Camgoz, N. C., & Bowden, R. (2021). Continuous 3D sign language production using mixture density networks. *Proceedings of ICCV*.
18. Walsh, S., Saunders, B., & Bowden, R. (2024). Integrating MDNs into transformers for naturalistic sign language production. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
19. Jurayev, D. B. “Matndan o‘zbek imo-ishora tiliga tarjima qilish uchun MediaPipe asosida ma’lumotlar to‘plamini tayyorlash texnologiyasi.” *Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali*, 8(3), 82–88. ISSN 2181-3086. (2025). <https://doi.org/10.62132/ijdt.v8i3.290>



DEEP LEARNING MODEL FOR HUMAN FACE ANIMITY DETECTION IN A DISTANCE LEARNING PLATFORM

Khamdamov Utkir, Khalilov Sirojiddin, Omonullayeva Faragiza, Akhmedov Farrukh, Umarov Mukhriddin

Department of Communication and Digital Technologies, University of Management and Future Technologies

Department of Digital Technologies, ALFRAGANUS UNIVERSITY

Digital Technologies and Artificial Intelligence Research Institute

E-mail: muhridin.umarov.1992@gmail.com

Abstract: This article presents the results of experimental research on practical issues related to the general structure and functional capabilities of an information system for automatically monitoring violations of established rules during exams, based on biometric identification of students' educational activities in the distance learning process. Face recognition is one of the new technologies used in many applications. One of the important aspects of facial recognition is security monitoring systems, where captured images are compared with thousands or even millions of stored images. The problem arises in the process of processing images taken in different situations and with different noise. In this research paper, a CNN-LSTM network is proposed for human face recognition on a distance learning platform by analyzing different feature-based face recognition approaches.

Keywords: Computer vision, face tracking, face recognition, real time, video surveillance, CNN-LSTM.

Introduction

The issue of identifying fake faces on distance education platforms is relevant today, and it is important not only to increase the safety of the platforms, but also to ensure the effectiveness of the educational process. Through the use of fake faces (deepfake) or similar technologies, the student's identity can be incorrectly verified or the access of illegal users can negatively affect the quality of distance education. The development of face detection models and algorithms based on deep neural networks is of great importance in the solution of this problem.

In recent years, with the development of technology, interest in distance education has increased. But in this process, the problem of verifying the identity of the reader or user arises. Traditional biometric methods may not provide sufficient security and accuracy. In particular, opportunities for personal identification fraud through deepfake technologies are increasing [1].

In distance learning systems, mere photo or video authentication may not be sufficient to verify identity. Therefore, there is an increasing need to develop and apply facial recognition algorithms based on artificial intelligence and deep learning methods.

Face recognition has become a very active research area since the 1970s due to its wide application in many fields such as public safety, human-computer interaction, and computer vision and inspection [2]. However, there are major drawbacks or concerns with facial recognition systems, including the fact that maintaining privacy becomes somewhat difficult.



Literature Review

At this point, the issue by several foreign researchers, Xun et al. [3] applied some geometric features of the face through Laplace coordinates of eye-to-midline distance, horizontal eye-level deviation, eye-mouth angle vertical midline deviation, ear-nose angle, mouth angle, eye-mouth diagonal, and face features. The authors stated that these features increased the chances of comparison with features obtained from a set with denser facial features. In addition, Abdelghafour and Khalid [4] discussed the concept of key features by developing a Bag of Words algorithm for image classification. The authors linked the image classification to key points obtained by the Speeded-Up Robust Features (SURF) algorithm. In 2018, Schroff et al. [5] proposed different face detection algorithms based on hybrid methods of local feature extraction and dimensionality reduction approaches.

In 2016, 3. Girshick et al. [6] developed a Local Multiple Pattern (LMP) feature descriptor based on Weber's face extraction and familiarity law. They modified the Weber ratio and added direction of change to quantize several intervals and create a map of several symbols to describe different changes. Next, LMP was used to represent the images, focusing on the histogram of points where object maps do not intersect. Also, since LMP can only capture small-scale structures, more discriminators have proposed a multiscale block LMP (MB-LMP) to generate reliable visual features. This combined MB-LMP approach can also cover both large-scale and small-scale structures. They noted that MB-LMP is computationally efficient when using the integral representation.

Researches proposed by Umarov and Khamdamov et al. used pre-trained models such as YOLO, Simplified Gabor Wavelets and CNNs, and we developed a CNN-LSTM architecture that achieved the best results on the Replay-Mobile dataset. The improvement in our work is seen in obtaining accurate edges and preserving the location of the edges by applying non-linear diffusion to the frame series, and also by passing the diffused frames to the CNN-LSTM network [8].

Linear diffusion smooths the input image at the same rate in all directions and removes noise. Therefore, the smoothing process does not take into account important image features, such as edge information [14]. The solution of the linear diffusion equation is given by:

$$\partial S / \partial t = \text{div}(d \nabla S) \quad (1)$$

where S is the image, d is the scalar diffusion coefficient, and div is the divergence operator. In a sense, this is equivalent to convolution of the image with a Gaussian kernel, and linear diffusion can be considered as a low-pass filtering process.

Problem Statement

The nonlinear diffusion image results in strong noise reduction due to the edge clustering function because it preserves the information in the high spatial frequency components [9]. Anisotropic diffusion, i.e., nonlinear diffusion based on partial differential equations, avoids the blurring and localization problems associated with linear diffusion, and by focusing on image noise reduction, the image does not reduce the significant parts of the edges. This improves scale space, enforces boundaries, and preserves edges [10]. The diffusion coefficient is locally adapted and selected as a function of the image gradient, which varies depending on the location and orientation of the gradient edges, allowing edge preservation. The nonlinear diffusion process is defined by the following equation (2).

$$\partial S / \partial t = \text{div}(g |\nabla S| \nabla S) \quad (2)$$

where ∇S is the gradient and is a function of the gradient and the diffusion coefficient ∇S .

The Additive Operator Splitting (AOS) scheme solves the regularization problem associated with anisotropic diffusion [11]. This semi-fuzzy scheme is stable for all time steps and ensures that all coordinate axes are treated equally, as defined by the equation below. AOS provides fast diffusion, which results in smoothing of edges in fake images and preserving edges in real images. In AOS, the iterative solution is given in equation (3).

$$(S_k)^{t+1} = \sum_{l=1}^n (nS - \tau n^2 A_l)^{-1} S_k^t \quad (3)$$

where S_k is the spread image, n is the number of dimensions, k represents the channel, I is the identity matrix, A_l is the diffusion, and t is the time step. In the two-dimensional case, $n=2$ and the equation is expressed as:

$$(S_k)^{t+1} = (2S - 4\tau A_1)^{-1} S_k^t + (2S - 4\tau A_2)^{-1} S_k^t \quad (4)$$

Here A_1 and A_2 denote the horizontal and vertical diffusion. The equation is divided into two parts in the operator separation scheme. The solution of each is calculated separately and the results are combined [12, 13].

The Tridiagonal Matrix Algorithm (TMA) is a simplified form of Gaussian subtraction with a block solution, useful in tridiagonal systems. Thus, the AOS scheme together with the TMA can be used for efficient solution of the nonlinear scalar diffusion equation. We use the first-order AOS scheme in our research.

In the proposed architecture, the original image is first fed to a proctor network to calculate the smoothness value of the diffusion parameter. It is a neural network consisting of a dense layer of one neuron that outputs a proctor after a hidden layer of 15 neurons. A rectified linear unit (ReLU) activation function is applied to neurons in these layers. The SCNN model consists of convolutional layers C1, C2, and C3 with 16, 32, and 64 feature maps, respectively, with kernel sizes of 15×15 , 7×7 , and 5×5 used in convolutions. After each convolution, the set is normalized and maximally combined into layers C1 and C2. A high filter size in the C1 layer is important for obtaining diffusion enhanced features used for liveness detection. After normalizing the C3 layer, a dense layer of 64 neurons and a dense output layer of one neuron are transferred. The ReLU activation function is applied to the convolution layers of the hidden layer, and the sigmoid activation function is applied to the output layer [7].

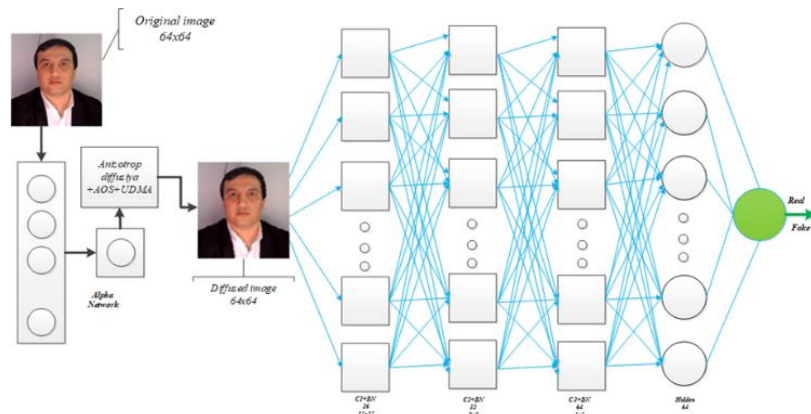


Figure 1. End-to-End architecture using a specialized convolutional neural network (SCNN).

We replace the CNN part of Figure 1 with the Inceptionv4 network to determine whether the alternative network CNN leads to higher accuracy. However, instead of using an alpha network that



calculates the smoothness (alpha) of the diffusion, we adjust the alpha value to improve real-time performance. The first stage is the nonlinear diffusion stage, whose input is the original 64×64 input image captured by the webcam, followed by the Inception v4 network architecture. The seed network is a CNN architecture designed as a deep and wider network. It works together with interconnected primitive modules and subsampling layers to reduce the resolution, thereby reducing image distortion and distortion.

The Inception v4 mesh architecture consists of the initial base, three different initial blocks, called initial A, B, and C, which are repeated 4, 7, and 3 times, respectively, as well as the resolution of the mesh. consists of two reduction blocks for modification. Convolution in initial modules within a block is performed by applying filters of different sizes to the same layer, which expands the network and improves feature detection at different scales. The resulting object maps are collected and transferred to the next level. The complete architecture of this method is shown in Figure 2. The image obtained in the nonlinear diffusion step using the specified alpha value and propagated to the next step, the Inception v4 mesh base, where the output is the initial A blocks, the reduction block A, the Inception-B blocks, the reduction block B and is processed in initial C blocks, followed by an average pulling layer, thresholding, and a dense output layer with two-neuron SoftMax activation. The network was trained using the Adam optimization algorithm. Since our targets are in a pseudo-true two-class categorical format, we used categorical cross-entropy as the loss function.

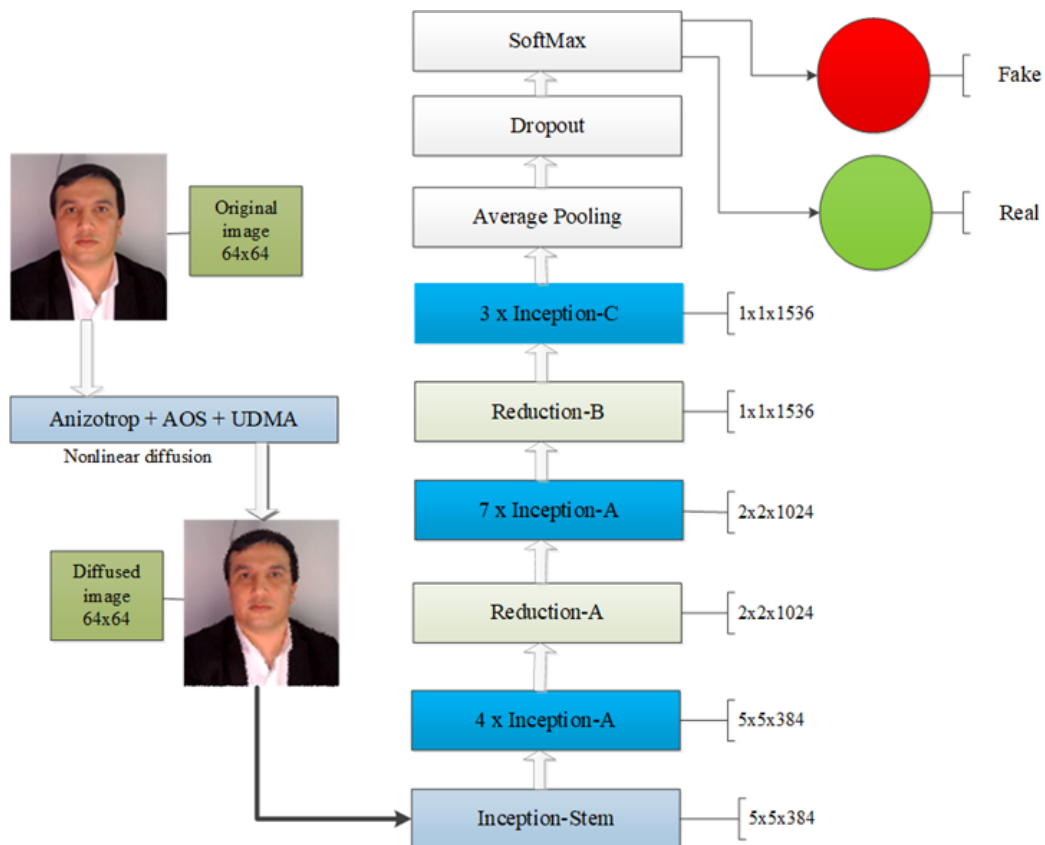


Figure 2. Sequence architecture using the Inception v4 network.

We suggest that it tracks data in a sequence of frames to detect liveness in video frames. With this in mind, the presented architecture consists of diffusion, which is transferred to the CNN short-term memory layer (LSTM) as shown in Fig. Each LSTM cell provides continuous analogues of

write, read and restore operations for multiplicative unit layers called gates (input, output, forget). These layers of blocks learn to open and close access to a constant stream of errors through their internal states.

The input intersection gate specifies how much of the new data should be stored based on the state of the cells. The memory gate (intersection) indicates which state of the internal part can be erased. The output intersection indicates which state of the cell can be used as a temporary state.

Based on the integration of LSTM with CNN, successful identification of the person using the lip texture position has been achieved, three-dimensional walking detection and re-identification using video has been achieved. The integration of deep bipartite LSTM with CNN has been successful in re-identifying the image of a person. Our innovation is the inclusion of our initial diffusion processing in the validity detection (Figure 3).

Experimental Research

The CNN part of our CNN-LSTM network has convolutional layers C1 and C2, one subsampling layer, and a fully connected layer of 50 neurons. This is followed by an LSTM layer consisting of 60 cells and a feedforward output layer of two neurons. A sigmoidal activation function is applied to the output layer, which gives an output in the range 0 to 1. Nonlinear diffusion is first applied to the frames of each input sequence, and the extracted frames are fed to the CNN. CNN captures spatial information sequentially by extracting complex and deep discriminative features, and the hidden layer of CNN generates 50 features for each frame.

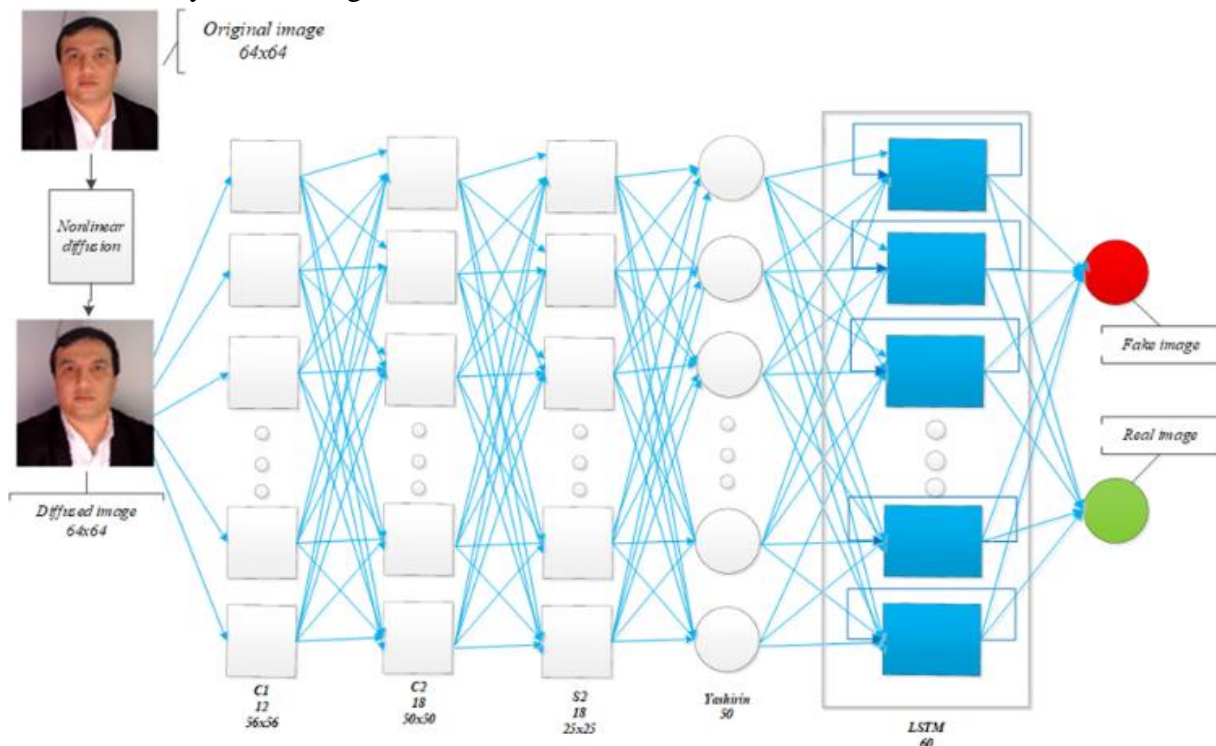


Figure 3. Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory (CNN-LSTM).

The input to the LSTM layer is three-dimensional, where three-dimensional time steps and feature samples (ie, batch size 20 50), where 20 is the number of frames in the sequence (Figure 4). The short-term memory layer detects long-term temporal correlations between consecutive frames



and provides the ability to extract 60 features from the layer. As a result, it classifies real and fake attributes from a sequence of 20 frames.

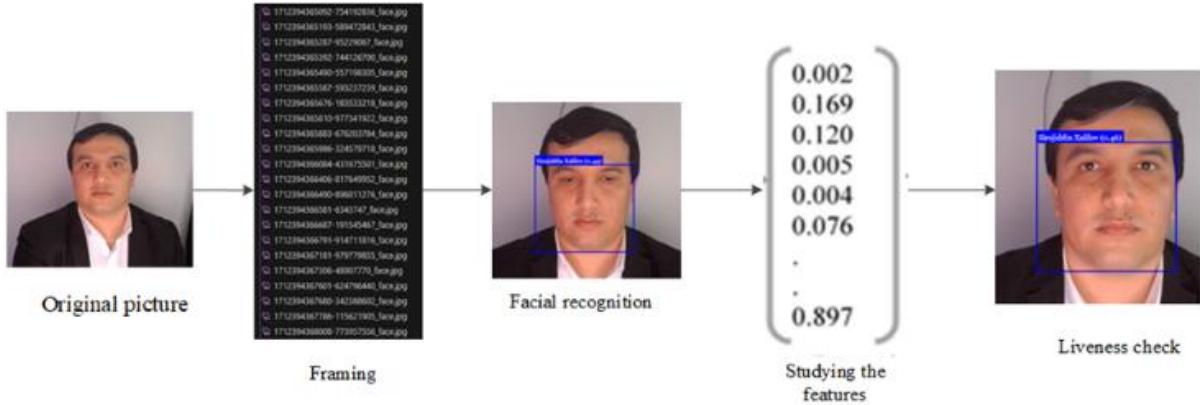


Figure 4. Face recognition and liveness check.

Liveness detection is only performed on flattened faces. The simplest model for liveness detection is the CNN (convolutional neural network) neural network model with successive layers. The CNN, we propose consists of simple multi-stage filters. All images uploaded to the model will be resized to 32*32. The intensity of all pixels is measured in the interval (0, 1). The proposed model is shown in Figure 5.

In this model, ReLu (Rectified Linear Unit) function is activated and 2*2 size is always accepted for MaxPooling 2D. Different functions are activated for testing in turn. If the probability returned by the liveness model is less than 0.5, the detected face is considered to be a fake face, otherwise it is considered to be a real face.

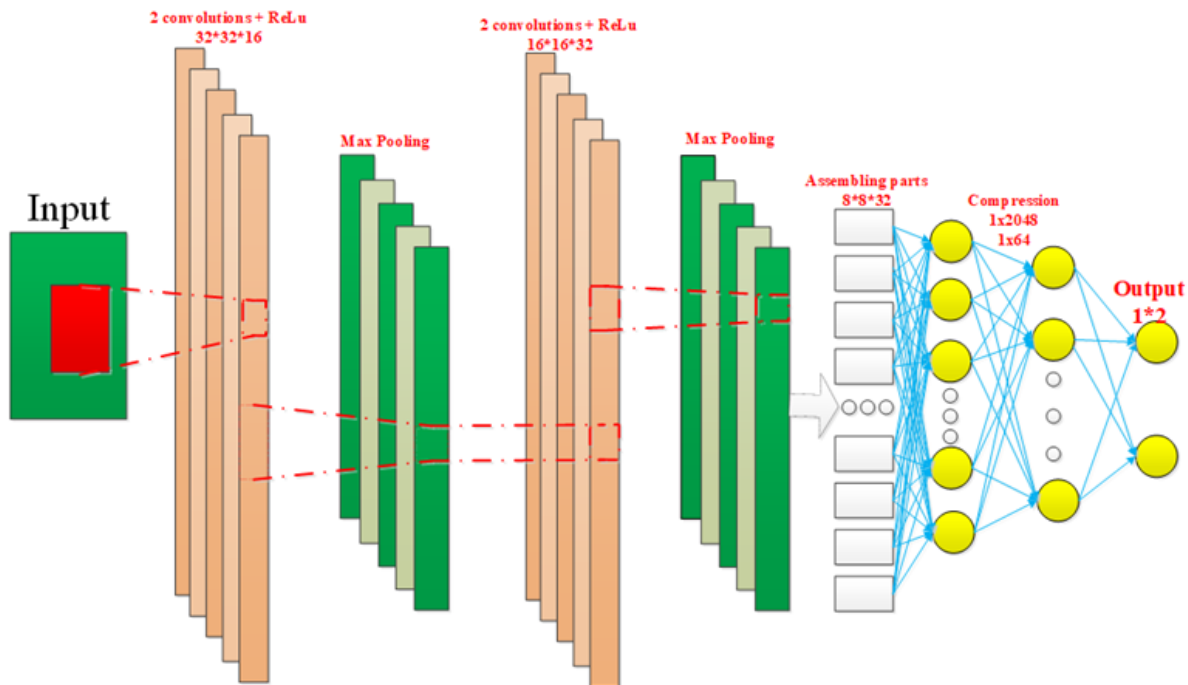


Figure 5. Model of validity check.

If a fake face is detected, the autoproctoring will give a warning. If several real faces are detected during the exam, the system will report to the proctor that multiple faces have been detected, and the examinee will be expelled from the process. In addition, the examiner's head, eye

and lip movements are also checked. Head, eye, and lip locations are done as follows to reduce computations.

Test-takers can get help from others in the room, or they can get help from laptops and other resources placed in the room. Such deception can be detected by assessing head and eye orientation. Head position is evaluated only for aligned faces. If the examinee is constantly looking at a certain angle to other different directions such as left and right, the autoproctor will send a warning to the user. In the proposed autoproctoring system, head position estimation is performed using an Affine transformation matrix. The rotation and intersection of the scale of affine transformations are actually linear transformations, and are represented by matrix multiplication of a point represented as a vector. The gradual process of assessing the condition of the head is as following:

Attentive network model is used to calculate features such as the tip of the nose, the left corner of a left eye, the corner of the right eye, the corner of left mouth, the corner of right mouth.

In addition, model points are also evaluated for 3D projection. The following internal parameters f_x and f_y given as input to c_x the SolvePnP (Perspective-n-Point (PnP) pose computation - OpenCV) function, the focal lengths expressed in pixel units and the base unit (c_x , c_y) are included in the matrix. SolPnP functions estimate the object position by taking into account a set of object points, their corresponding image projections, as well as the camera's internal matrix and distortion coefficients.

$$\begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

The SolvePnP function is designed for direct linear transformation. A direct linear transformation is used to solve for a set of variables from a set of similarity relations such as 3*3 rotation matrix (R') and 3*1 transformation vector (t) are calculated as follows.

$$K_c = \begin{bmatrix} R' & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} K_w \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} R' & t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & t_x \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & t_y \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & t_z \end{bmatrix} \quad (7)$$

The left and right movement of the head can be determined from the above procedure. If the head turns left or right, the autoproctoring will give a warning. In this study, an experiment was conducted based on the proposed CNN-LSTM architecture for human face recognition and facial recognition. The goal is to investigate the face and user authentication process under different noise and conditions.

A total of 10,000 face images were used in the experiment. The images were taken in different conditions (light, angle, etc.), and the data set was expanded and normalized. The proposed CNN-LSTM architecture consists of the following parts:

1. Linear Diffusion: The images are scanned at the same rate to remove noise. This process ignores important image features, including line and edge information.
2. Part of CNN: Convolutional layers were used to extract features from face images.
3. LSTM part: LSTM layers were used in time series analysis through extracted features. This part stores time information for face detection in noisy conditions.



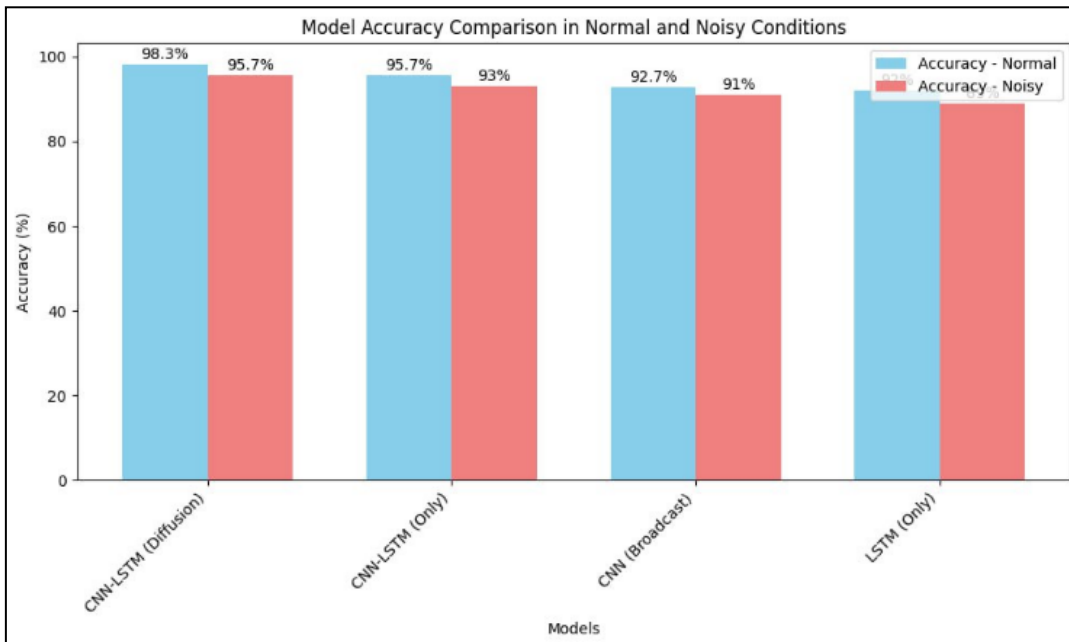
The developed model was trained with 80% data set and tested with 20% data set. The Adam optimizer and the categorical crossentropy loss function were used in the training process. At each epoch, the accuracy rate and loss value of the model were monitored (Tables 1, 2).

Table 1. Accuracy and loss for different models

Model	Accuracy (%)	Loss
CNN-LSTM (Diffusion)	98.3	0.1
CNN-LSTM (only)	95.7	0.12
CNN (Broadcast)	92.7	0.15
LSTM (only)	92	0.18

Table 2. Results in noisy conditions

Conditions	Accuracy (%)	Loss
The light is good	93	0.12
Light is average	91	0.14
The light is bad	89	0.17

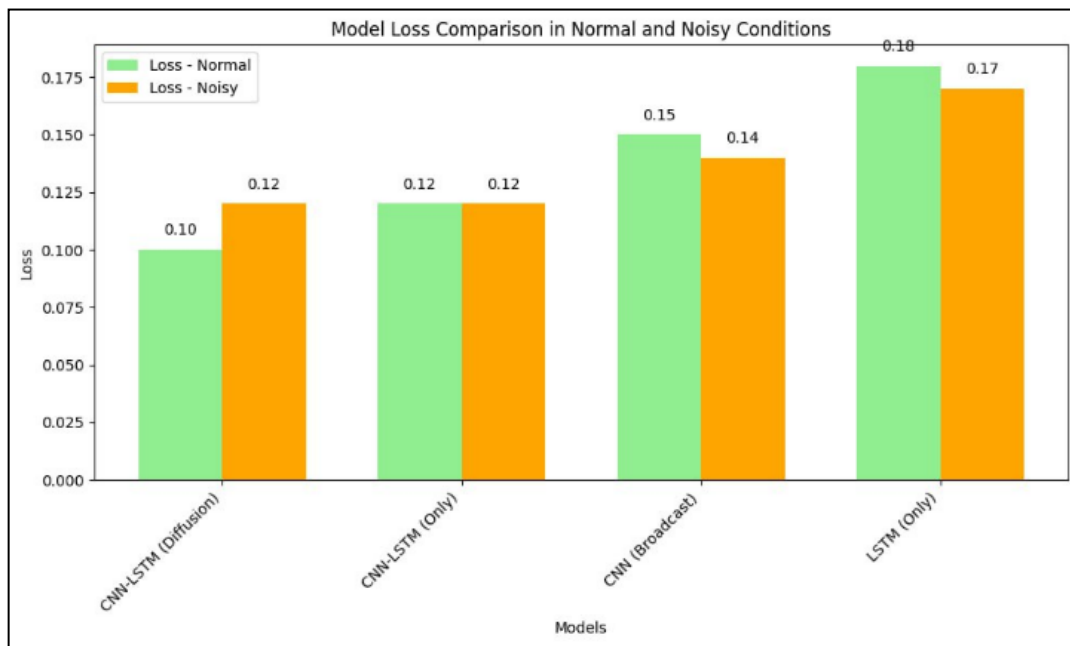


(a)

The results of the model testing are as follows:

- Accuracy level: The accuracy of the model was 98.3%, which is a high result compared to other methods.

- Loss value: During the training process, the loss value is reduced to 0.1, which shows the effectiveness of the model.
- Rate in noisy conditions: In noisy conditions, the model showed 95.7% accuracy.
- Accuracy: Our CNN-LSTM model achieved an accuracy of 95.7% when linear diffusion was added, which shows a significant improvement compared to other models (CNN-LSTM 98.3%, LSTM 92%).
- Loss: In the model combined with diffusion, the loss dropped to 0.1, giving the lowest performance. This shows a balance between high precision and low loss.
- Noisy conditions: Even in noisy conditions, the diffusion-enhanced model maintains high accuracy, increasing its performance in real-world conditions.



(b)

Figure 6. Model accuracy (a) and loss (b) comparison in normal and noisy conditions

This study shows significant results in human face recognition by using the diffusion process. Linear diffusion is effective in reducing noise and improves the accuracy and stability of the model (Figure 6). The results also highlight the need to preserve key features in image processing.

Conclusion

The results of this research can be applied in the following areas:

1. Security Monitoring: Facial recognition systems, for example, in security at airports or institutions.
2. Biometric Identity Verification: In identification and authentication processes in banks and financial institutions.
3. Social Networks: Identifying and personalizing users through facial recognition.
4. Healthcare: In the analysis of medical images, for example, in the detection of problems through the face.



The effectiveness of this model is proven by high accuracy and low loss indicators in noisy conditions. These indicators are also necessary for real-time operation. The model performs especially well in low-quality images or in complex conditions (for example, changes in lighting).

In the future, to further improvement in the model work can be carried out in the following directions:

In this study, human face recognition process based on CNN-LSTM architecture was successfully investigated. The obtained results showed that an effective model has been created that provides high accuracy in various noise and situations. The model has high potential for use in proctoring systems, and future testing with other datasets and exploration of additional approaches is planned.

References

1. Bu W, Xiao J, Zhou C, Yang M, Peng C (2017) Acascade frame work formasked face detection. <https://doi.org/10.1109/ICCIS.2017.8274819>.
2. Chen W, Zhou Q, Hu H (2019) Face alignment by discriminative feature learning. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2019.8803112>.
3. Khalilov, S.P., Yusupov, I., Mannapova, M.G., Nasrullayev, N.B., Botirov, F. “Effectiveness of Deep Learning Based Filtering Algorithm in Separation of Human Objects from Images” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) this link is disabled, 2023, 13741 LNCS, pages 230–238 ORCID 58250916200.
4. Zhang E, Zhang Y. (2009). Average Precision. In: LIU L, ÖZSU M.T. (eds) Encyclopedia of Database Systems. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_
5. Schroff F, Kalenichenko D, Philbin J (2015) FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>.
6. U. Khamdamov, M. Umarov, J. Elov, S. Khalilov and I. Narzullayev, “Uzbek traffic sign dataset for traffic sign detection and recognition systems,” 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146832.
7. M. Avaz and K. Sirojiddin, “Basic principles of wavelet filtering,” 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670311.
8. Khamdamov, U.R., Umarov, M.A., Khalilov, S.P., Kayumov, A.A., Abidova, F.S. (2024). Traffic Sign Recognition by Image Preprocessing and Deep Learning. In: Choi, B.J., Singh, D., Tiwary, U.S., Chung, WY. (eds) Intelligent Human Computer Interaction. IHCI 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14532. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-0>
9. Khamdamov, U., Abdullayev, A., Mukhiddinov, M., Xalilov, S. “Algorithms of multidimensional signals processing based on cubic basis splines for information systems and processes,” Journal of Applied Science and Engineering (Taiwan) this link is disabled, 2021, 24(2), страницы 141–150, ORCID 58250916200
10. Mahmudovich, M.M., Ilkhamovna, A.M., Shukhrat Ogli, T.B. Image Approach to Uzbek Speech Recognition. International Conference on Communication Technology Proceedings, ICCT, 2022, 2022-November-November, страницы 1201–1206.



11. M. Umarov, J. Elov, S. Khalilov, I. Narzullayev and M. Karimov, "An algorithm for parallel processing of traffic signs video on a graphics processor," 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146809.
12. A. Mirzaev and S. Khalilov, "Digital Signal Processing Based On Spline Functions," 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9012038.
13. B. Xiao, P. Georgiou, B. Baucom, and S. Narayanan. Head motion modeling for human behavior analysis in dyadic interaction. *IEEE Trans. Multimedia*, 17(7):1107–1119, 2015.



NEWHSA OQIMLI SHIFRLASH ALGORITMINING APPARAT DARAJADAGI SAMARALI TADBIQI VA ARXITEKTURAVIY TAHLILI

Rahmatullayev Ilhom; Abduraximov Baxtiyor

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti doktoranti
Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti "Amaliy matematika va kompyuter
tahlili" kafedrası professori, f.-m.f.d.

ilhom9001@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada resurslari cheklangan qurilmalar uchun mo'ljallangan, apparat darajasida samarali ishlovchi yengil oqimli shifrlash algoritmi NewHSA taklif etiladi. Taklif etilgan algoritm to'rtta siljritish registri, 23 ta XOR va 3 ta AND mantiqiy elementlaridan iborat bo'lib, umumiy hisobda atigi 830 ta mantiqiy element (gate)dan foydalanadi. Algoritmning arxitekturasi 74LS74 turidagi D-triggerlar asosida modellashtirilgan bo'lib, yuqori tezlikda va past energiya sarfi bilan ishlash imkonini beradi. Taklif etilgan modelning samaradorligi va tasodifiylik darajasi NIST SP 800-22 statistik test to'plami yordamida baholangan hamda barcha testlardan muvaffaqiyatli o'tgan. Yangi algoritmning soddaligi, ixchamligi va apparatga moslashuvchanligi uni IoT qurilmalari, simsiz sensor tarmoqlari va boshqa past quvvatli xavfsiz tizimlarda qo'llash uchun istiqbolli nomzod sifatida ko'rsatmoqda.

Kalit so'zlar: Oqimli shifrlash, apparatga yo'naltirilgan kriptografiya, D-trigger, XOR, AND, gamma generator, NIST testlari, LFSR, IoT xavfsizligi.

Kirish

Zamonaviy raqamli axborot tizimlarining keng ko'lamda qo'llanilishi bilan bir qatorda, ularning axborot xavfsizligini ta'minlash muammosi ham dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, past quvvat va cheklangan hisoblash imkoniyatlariga ega bo'lgan qurilmalar — masalan, IoT (Internet of Things) qurilmalari, simsiz sensor tarmoqlari (WSN), aqlli datchiklar va RFID tizimlarida samarali, ixcham va tezkor kriptografik himoya vositalariga bo'lgan talab keskin ortib bormoqda. Bunday tizimlarda an'anaviy blokli shifrlash algoritmlari, resurs talablari yuqoriligi sababli, har doim ham mos kelavermaydi. Shu sababli, yengil oqimli shifrlash algoritmlari real vaqt rejimida ishlash, minimal apparat murakkabligi va yuqori tezlik kabi afzalliklari bilan muqobil yechim sifatida e'tirof etilmoqda.

Oqimli shifrlash algoritmlari doimiy ravishda gamma oqimi generatsiya qilib, uni ochiq matn bilan 2 modul bo'yicha qo'shish (XOR) orqali shifrlashni amalga oshiradi. Ushbu yondashuv past kechikishli real vaqt tizimlari uchun ayniqsa qulay bo'lib, apparat darajasida soddaligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, oqimli shifrlarning samaradorligi ularning apparatda ishlashga mosligi, energiya samaradorligi va statistik tasodifiylik darajasiga bevosita bog'liqdir [9].

Hozirgi paytda kriptografik jamoatchilik orasida apparatga yo'naltirilgan oqimli shifrlash algoritmlarining dizayni va baholanishi borasida faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, ECRYPT II doirasida tashkil etilgan eSTREAM loyihasi oqimli shifrlarning xavfsizlik, samaradorlik va apparat moslashuvchanligi mezonlari asosida baholanishiga asos bo'ldi. Ushbu loyihada ishtirok etgan Trivium, Grain, Mickey, va A5/1 kabi algoritmlar yengil apparat muhiti uchun maxsus ishlab chiqilgan bo'lib, ularning har biri o'zining struktura murakkabligi va

xavfsizlik darajasi bilan farqlanadi. Masalan, Trivium algoritmi yuqori kriptobardoshlilikka ega bo'lsa-da, uning apparatga tatbiq etilishi uchun 3400 dan ortiq mantiqiy elementlar talab qilinadi, bu esa resurs cheklangan muhitlar uchun noqulay hisoblanadi.

Ushbu maqolada taklif etilayotgan **NewHSA oqimli shifrlash algoritmi** apparat darajasidagi soddalik va ixchamlik tamoyillariga asoslangan holda ishlab chiqilgan bo'lib, mavjud yengil shifrlash algoritmlarining afzalliklarini birlashtirgan holda takomillashtirilgan modeldir. NewHSA algoritmi oddiy mantiqiy elementlar – D-triggerlar, XOR va AND elementlari asosida qurilgan bo'lib, umumiy apparat murakkabligi atigi 830 ta element bilan cheklangan. Algoritmning arxitekturasi sxematik soddalik va tezkor ishlash imkonini beruvchi yondashuvlar asosida shakllantirilgan.

Maqola davomida ushbu yangi algoritmning arxitekturasi, apparatga tatbiqi, NIST statistik testlari asosida gamma oqimining tasodifiylik darajasi va mavjud algoritmlar bilan qiyosiy tahlili bayon etiladi. Natijalar NewHSA algoritmini IoT kabi past quvvatli xavfsizlik talab qiluvchi tizimlar uchun istiqbolli yechim sifatida baholash imkonini beradi.

Adabiyotlar sharhi (Literature Review)

Axborot xavfsizligi sohasida oqimli shifrlash algoritmlarining ahamiyati so'nggi yillarda jadal ortib bormoqda, ayniqsa, apparat resurslari cheklangan IoT qurilmalari, sensor tarmoqlar va simsiz aloqa tizimlarida. Ushbu muhitlar uchun eng mos algoritmlarni ishlab chiqish bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Shuning uchun mavjud algoritmlarni tahlil qilish, ularning imkoniyat va cheklovlarini aniqlash yangi yondashuvlar uchun zarur asos bo'lib xizmat qiladi.

Good va Benaissa tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda [1] eSTREAM tanlovining 3-bosqichiga o'tgan oqimli shifrlash algoritmlarining apparatdagi ishlash samaradorligi baholangan. Aynan ushbu tadqiqotda apparat arxitekturasi, energiya sarfi va ishlash chastotasiga oid mezonlar asosida Trivium, Grain va boshqa algoritmlar tahlil qilingan. Ularning aksariyati murakkab NLFSR va FSR strukturalarga asoslangan bo'lib, bu ayrim hollarda apparatni ortiqcha yuklaydi.

Canniere va Preneel tomonidan ishlab chiqilgan Trivium algoritmi [2] eSTREAM loyihasida eng muvaffaqiyatli oqimli shifr sifatida tan olingan. 80 bitli kalit va 288 bitli ichki holatga ega bo'lgan Trivium o'zining yuqori kriptobardoshliliigi bilan ajralib turadi. Biroq, uning apparat tatbiqi 3400 dan ortiq mantiqiy elementlar talab qilishi sababli past quvvatli tizimlar uchun har doim ham qulay emas.

A5/1 algoritmi, Golic tomonidan tahlil qilinganidek [3], GSM mobil aloqa protokollari uchun ishlab chiqilgan va uchta LFSR asosida qurilgan. U apparatda nisbatan ixcham bo'lsa-da, zamonaviy tahlillarga nisbatan zaif ekani aniqlangan va bu algoritm hozirgi xavfsizlik standartlariga mos kelmaydi.

Salsa20 algoritmi esa, D.J. Bernstein tomonidan taklif etilgan [4], asosan dasturiy ta'minotga yo'naltirilgan bo'lsa-da, yengil qurilmalarda qo'llashga mos modifikatsiyalari mavjud. Biroq, uning apparatga moslashtirilgan versiyalari ham resurslar nuqtai nazaridan cheklovlarga ega.

Tasodifiylik darajasini aniqlashda NIST tomonidan ishlab chiqilgan SP 800-22 statistik testlar to'plami [5] xalqaro mezon hisoblanadi. Ushbu testlar oqimli shifrlar tomonidan generatsiya qilingan gamma oqimlarining deterministik emasligini, statistik barqarorligini va haqiqiy tasodifiylikka yaqinligini baholashga imkon beradi. Shu sababli, ko'plab tadqiqotlarda aynan ushbu testlar oqimli algoritmlarni baholashda asosiy vosita sifatida qo'llaniladi.



Zamonaviy adabiyotlarda apparatga yoʻnaltirilgan kriptografik dizaynlar koʻpincha LFSR/NLFSR asosidagi strukturaviy yondashuvlarga tayangan. Katz va Lindell [6] tomonidan umumlashtirilganidek, oqimli shifrlarning samaradorligi ularning arxitektura soddaligi, xavfsizlik darajasi va ishlash tezligi oʻrtasidagi muvozanat bilan belgilanadi. Bu esa yengil, lekin ishonchli apparat dizaynlarini ishlab chiqish zaruratini tugʻdiradi.

IEEE Access jurnalida Zheng va Huang tomonidan taqdim etilgan tahlillar [7] esa past resursli qurilmalar uchun moʻljallangan yengil oqimli shifrlar modellashtirilishida D-triggerlar asosidagi strukturaviy yondashuvlarning samaradorligini koʻrsatadi. Aynan D-triggerlar yordamida tashkil etilgan siljitish registrlari va XOR/AND kombinatsiyalari bilan ishlovchi gamma generatorlar apparat resurslarini tejash imkonini beradi.

Shuningdek, gamma oqimining sifatini aniqlashda **NIST SP800-22** statistik testlari global standart hisoblanadi. Ushbu testlar yordamida algoritmnining deterministik naqshsiz, ehtimollik nazariyasiga mos, haqiqiy tasodifiy ketma-ketlik generatsiyasini baholash mumkin [8].

Shu tariqa, mavjud ilmiy ishlanmalar NewHSA algoritmi uchun konseptual va texnik asos yaratib beradi. Ularning afzalliklarini umumlashtirgan va kamchiliklarini bartaraf etishga qaratilgan holda, NewHSA apparatda soddalashtirilgan, energiyaga tejamkor va statistika asosida baholangan yondashuvni taklif etadi. Bu algoritmnini oqimli shifrlash sohasidagi mavjud ishlanmalar fonida zamonaviy va istiqbolli alternativ sifatida baholash mumkin.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – apparat darajasida samarali ishlaydigan, ixcham va kriptografik jihatdan ishonchli yangi oqimli shifrlash algoritmi — **NewHSA** (New hardware stream algorithm)ni taklif etish va uning amaliy samaradorligini sxematik modellashtirish, statistik baholash hamda mavjud ilgʻor algoritmlar (Trivium va A5/1) bilan qiyosiy tahlil qilishdan iborat.

Taklif qilinayotgan yangi NewHSA (New hardware stream algorithm) oqimli shifrlash algoritmi apparatda amalga oshirishga qulay, koʻrinishi va tuzilishi boʻyicha LFSR asosiga qurilgan A5/1 shifrlash algoritmiga va NLFSR asosidagi Trivium algoritmiga oʻxshash. Shu sababli, qiyosiy tahlillar mazkur algoritmlar bilan amalga oshiriladi.

NewHSA algoritmi apparatga yoʻnaltirilgan boʻlib, past quvvatli va resurslari cheklangan qurilmalar uchun moʻljallangan. Shuningdek, u sxemaviy soddalik, yuqori ishlash tezligi, tasodifiylik va xavfsizlikning optimal muvozanatini taʼminlashga qaratilgan.

Maqsadga erishish uchun quyidagi aniq ilmiy va texnik vazifalar belgilab olindi:

1. **Algoritm arxitekturasini loyihalash:** NewHSA algoritmining sxematik arxitekturasini ishlab chiqish, asosiy komponentlar — siljitish registrlari, XOR va AND mantiqiy elementlari asosida qurilgan gamma generatorni tavsiflash.

2. **Apparat modellashtirish:** Algoritmnini apparat darajasida 74LS74 turidagi sinxron D-triggerlar yordamida modellashtirish, holat registrlarining ishlash mexanizmini aniqlash.

3. **Apparat murakkabligini baholash:** Mantiqiy elementlar sonini hisoblash orqali algoritmnining apparat darajasidagi umumiy murakkabligini (gate-level complexity) aniqlash.

4. **Kriptografik tasodifiylikni tahlil qilish:** Generatsiya qilingan gamma oqimlarning statistik xususiyatlarini NIST SP800-22 testlar toʻplami asosida baholash va natijalarni tahlil qilish.

5. **Qiyosiy tahlil oʻtkazish:** NewHSA algoritmini apparatdagi murakkablik va kriptobardoshlilik koʻrsatkichlari asosida Trivium va A5/1 algoritmlari bilan qiyoslab tahlil qilish.

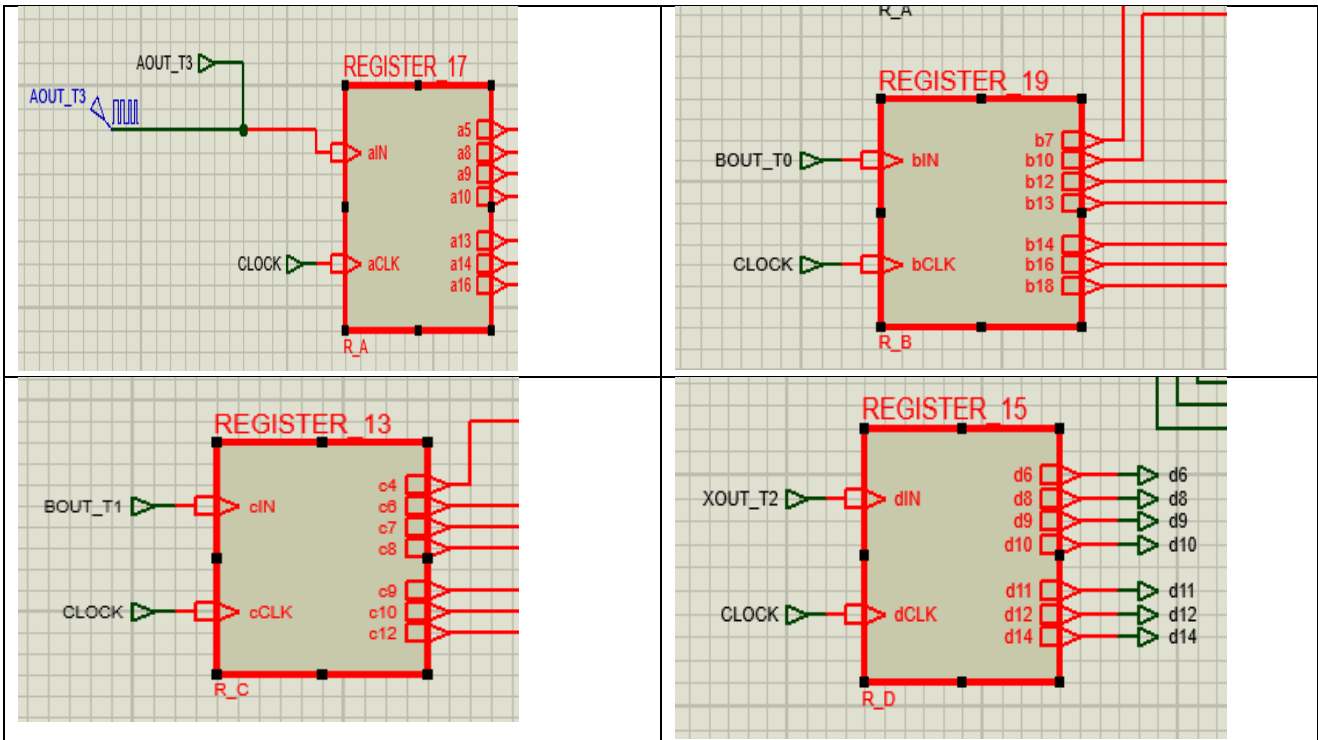
Tadqiqot metodologiyasi

NewHSA oqimli shifrlash algoritmining apparatga yo'naltirilgan samarali amalga oshirilishini ta'minlash uchun tadqiqot jarayonida kompleks tizimli yondashuv qo'llanildi. Metodologiya algoritmni modellashtirishdan tortib, apparat arxitekturasini qurish, funksional testlash va statistik baholashgacha bo'lgan bosqichlarni o'z ichiga oladi. Har bir bosqich ISO/IEC 18033 va NIST SP800-22 kabi xalqaro kriptografik standartlarga mos holda ishlab chiqilgan.

Arxitektura dizayni va sxemaviy modellashtirish

Algoritmning yadro qismini tashkil qiluvchi gamma generator sxemasi to'rtta siljitish registri (RA, RB, RC, RD) va ularning bog'lovchi kombinatsion mantiqiy elementlaridan tashkil topgan (1-rasm). Har bir registr 74LS74 turidagi sinxron D-triggerlar asosida qurilgan bo'lib, ularning chiqishlari 23 ta XOR va 3 ta AND elementlari orqali bog'lanadi. Siljitish va qayta aloqa jarayonlari siklik ravishda, umumiy soat (CLOCK) signali asosida boshqariladi.

NewHSA ning boshlang'ich holati umumiy uzunligi 64 bit bo'lgan 4 ta siljish registridir. Har bir holat o'ngga siklik siljish registrlaridagi bitlarni chiziqsiz uzatish va qayta aloqa kombinatsiyasi orqali o'zgartiriladi. Shifrni ishga tushirish uchun 128 bit uzunlikka ega K kalit qiymatlari 4 siljish registrlariga berilgan qoida bo'yicha yoziladi va algoritm $16 \cdot 64 = 1024$ marta bajariladi, shundan so'ng registr bitlariga kalitning qolgan 64 bit qismi ikki modul bo'yicha qo'shiladi va algoritm yana 1024 marta bajariladi, bu boshlang'ich holatning har bir biti kalitning va initsializatsiya vektorining har bir bitiga bog'liqligini kafolatlaydi.



- a)
- b)
- c)
- d)

1-rasm siljitish registrlari



Ushbu arxitektura **bit-oriented** dizayn tamoyiliga asoslangan bo'lib, apparat soddaligini, energiya samaradorligini va yuqori ishlash chastotasini ta'minlashga qaratilgan. Gamma oqimi har bir takt impulsida yangilanadigan bitlar asosida hosil qilinadi va oqimli shifrlash uchun foydalaniladi.

Apparat darajasidagi murakkablik tahlili

Algoritmning apparatdagi murakkablik darajasi (gate-level complexity) quyidagi parametrlar asosida aniqlandi:

- 1 dona D-trigger \approx **12 NAND**
- 1 dona XOR \approx **2.5 gate**
- 1 dona AND \approx **1.5 gate**

Bu mezonlar asosida umumiy hisobda 830 ta mantiqiy elementdan tashkil topgan apparat sxemasi shakllantirildi. Ushbu natija, mavjud algoritmlar bilan qiyoslaganda, juda ixcham va samarali arxitektura ekanligini ko'rsatadi.

Initializatsiya bosqichidan o'tgandan so'ng, har bir siklda chiquvchi kalit oqimining yangi a'zosi hosil bo'ladi, u matnning keyingi biti bilan XOR (2 modul bo'yicha qo'shish) amali yordamida qo'shiladi. Shifrnı ochish jarayoni teskari tartibda amalga oshiriladi - shifrlangan matnning har bir biti chiquvchi kalit oqimining har bir biti bilan XOR amali yordamida qo'shiladi amali yordamida qo'shiladi.

Initializatsiya. Initializatsiya jarayoni Algoritm 64 bitli kalitni 64 (17+19+13+15) bitli boshlang'ich holat registrlariga yuklash orqali ishga tushiriladi. Initializatsiya jarayonini quyidagi psevdokod yordamida tavsiflash mumkin.

$$(K_0, \dots, K_{16}) \rightarrow (a_0, a_1, \dots, a_{16})$$

$$(K_{17}, \dots, K_{35}) \rightarrow (b_0, b_1, \dots, b_{18})$$

$$(K_{36}, \dots, K_{48}) \rightarrow (c_0, c_1, \dots, c_{12})$$

$$(K_{49}, \dots, K_{63}) \rightarrow (d_0, d_1, \dots, d_{14})$$

for $i = 0$ to 1023 *do*

$$a_5 \oplus a_8 \cdot a_9 \oplus a_{10} \oplus a_{14} \oplus a_{16} \oplus b_{10} \rightarrow t_0$$

$$b_7 \oplus b_{12} \cdot b_{13} \oplus b_{14} \oplus b_{16} \oplus b_{18} \oplus c_9 \rightarrow t_1$$

$$c_4 \oplus c_6 \cdot c_7 \oplus c_8 \oplus c_{10} \oplus c_{12} \oplus d_{11} \rightarrow t_2$$

$$d_6 \oplus d_8 \cdot d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{12} \oplus d_{14} \oplus a_{13} \rightarrow t_3$$

$$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$$

$$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$$

$$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$$

$$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$$

end for.

$$(a_0 \oplus K_{64}, a_1 \oplus K_{65}, \dots, a_{16} \oplus K_{80})$$

$$(b_0 \oplus K_{81}, b_1 \oplus K_{82}, \dots, b_{18} \oplus K_{99})$$

$$(c_0 \oplus K_{100}, c_1 \oplus K_{101}, \dots, c_{12} \oplus K_{112})$$

$$(d_0 \oplus K_{113}, d_1 \oplus K_{114}, \dots, d_{14} \oplus K_{127})$$

for $i = 0$ to 1023 *do*

$$a_5 \oplus a_8 \cdot a_9 \oplus a_{10} \oplus a_{14} \oplus a_{16} \oplus b_{10} \rightarrow t_0$$

$$b_7 \oplus b_{12} \cdot b_{13} \oplus b_{14} \oplus b_{16} \oplus b_{18} \oplus c_9 \rightarrow t_1$$

$$c_4 \oplus c_6 \cdot c_7 \oplus c_8 \oplus c_{10} \oplus c_{12} \oplus d_{11} \rightarrow t_2$$

$$d_6 \oplus d_8 \cdot d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{12} \oplus d_{14} \oplus a_{13} \rightarrow t_3$$

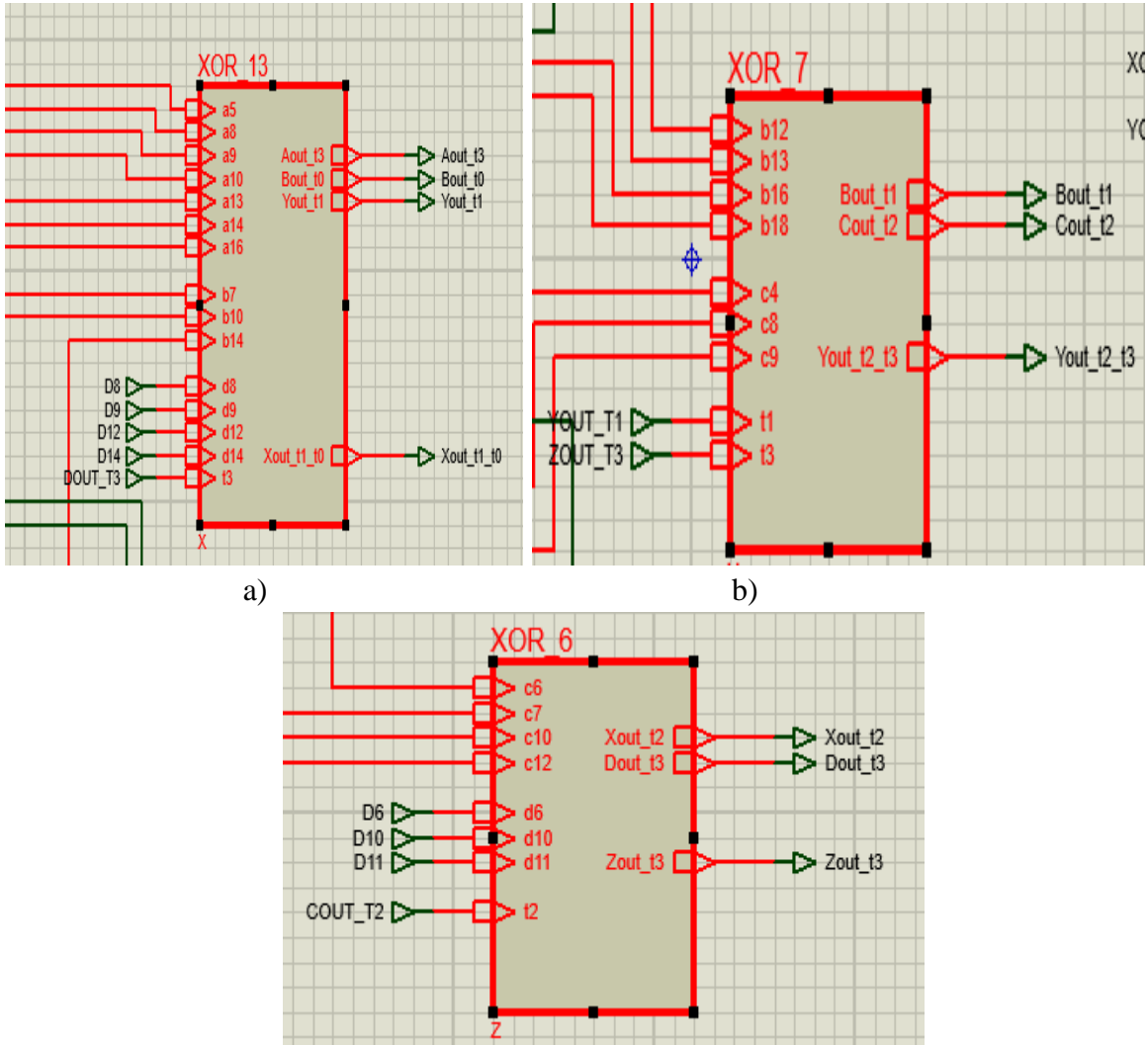
$$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$$

$$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$$

$$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$$

$$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$$

end for.



2-rasm. Elementlarning ikki modul bo'yicha qo'shish jarayoni

Gamma oqimining tasodifiyligini baholash

Yaratilgan algoritm yordamida generatsiya qilingan gamma oqimlarining statistik xossalari **NIST SP800-22** test to'plami yordamida baholandi. Har bir oqim uzunligi 2^{104} bit bo'lib, 15 ta asosiy test – Monobit, Runs, Approximate Entropy, Linear Complexity va boshqalar bo'yicha tahlil qilindi.

Bu testlar oqimning deterministik naqshlardan holi, ehtimollik nazariyasiga mos va kriptografik nuqtai nazardan xavfsiz ekanligini aniqlash imkonini beradi. Testlar Python va MATLAB muhitida yozilgan maxsus skriptlar asosida avtomatlashtirilgan holda bajarildi.



Generatsiya. Oqim generatori holat registrlari qiymatining 4 bitini o'zgartirish uchun 64 bitli boshlang'ich holat registrlarining 8 bitining qiymatlaridan va kalit oqimining 1 bitini hisoblash 28 bitining qiymatlaridan foydalanadi. 2048 iteratsiyadan iborat initsializatsiya jarayonidan keyin mazkur 28 bitning qiymatiga kalit va initsializatsion vektorning qiymatlari to'liq ta'sir qilib bo'ladi. Shifrlash uchun zarur N ($N \leq 2^{64}$) bit kalitni generatsiya qilish jarayonini quyidagi psevdokod yordamida ifodalash mumkin.

for $i = 0$ to N *do*

$$a_5 \oplus a_{10} \rightarrow t_0$$

$$b_7 \oplus b_{14} \rightarrow t_1$$

$$c_4 \oplus c_8 \rightarrow t_2$$

$$d_6 \oplus d_{10} \rightarrow t_3$$

$$t_0 \oplus t_1 \oplus t_2 \oplus t_3 \rightarrow \text{chiqish}_i$$

$$a_5 \oplus a_8 \cdot a_9 \oplus a_{10} \oplus a_{14} \oplus a_{16} \oplus b_{10} \rightarrow t_0$$

$$b_7 \oplus b_{12} \cdot b_{13} \oplus b_{14} \oplus b_{16} \oplus b_{18} \oplus c_9 \rightarrow t_1$$

$$c_4 \oplus c_6 \cdot c_7 \oplus c_8 \oplus c_{10} \oplus c_{12} \oplus d_{11} \rightarrow t_2$$

$$d_6 \oplus d_8 \cdot d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{12} \oplus d_{14} \oplus a_{13} \rightarrow t_3$$

$$(t_3, a_0, \dots, a_{15}) \rightarrow (a_0, \dots, a_{16})$$

$$(t_2, b_0, \dots, b_{17}) \rightarrow (b_0, \dots, b_{18})$$

$$(t_1, c_0, \dots, c_{11}) \rightarrow (c_0, \dots, c_{12})$$

$$(t_0, d_0, \dots, d_{13}) \rightarrow (d_0, \dots, d_{14})$$

end for.

Yuqorida keltirilgan psevdokodlarda qo'shish (\oplus) va ko'paytirish (\cdot) amallari 2 modul bo'yicha qo'shish va ko'paytirishni amalga oshiruvchi XOR va AND amallari hisoblanadi.

Mazkur algoritm yordamida bitta kalit va initsializatsion vektor yordamida 2^{64} bit uzunlikdagi kalitlarni generatsiya qilish tavsiya qilinadi.

NewHSA - bu asosan apparatga yo'naltirilgan moslashtirilgan algoritm. U gate (element) lar soni bo'yicha cheklovlar bo'lgan muhitlarda ixcham bo'lishga, cheklangan quvvat manbalariga ega platformalarda quvvatni tejaydigan va yuqori tezlikdagi shifrlashni talab qiladigan ilovalarda tezkorlikni ta'minlashga qaratilgan.

Ixcham amalga oshirish talabi bitga yo'naltirilgan yondashuvni taklif qiladi. Bundan tashqari, kalit oqimi generatorining chiqishida ichki holat registrlarining chiziqsiz bog'liqliligini ta'minlash talab qilinadi. Energiyani samarali sarflash va tezkor amalga oshirishni ta'minlash imkoni ham mavjud bo'lishi kerak.

NewHSA algoritmining apparat arxitekturasi

Taklif etilgan **NewHSA oqimli shifrlash algoritmi** apparat darajasida yuqori samaradorlik va past murakkablik tamoyillariga asoslangan holda ishlab chiqilgan. Algoritmnining yadro qismini tashkil etuvchi apparat arxitekturasi — to'rtta siljitish registri, kombinatsion mantiqiy elementlar (XOR va AND), va umumiy sinxronizatsiya sxemasidan iborat. Ushbu komponentlar bitlarga yo'naltirilgan yengil apparat dizaynini hosil qilib, oqimli shifrlash uchun kerakli gamma oqimini generatsiya qiladi.

Ichki holat va initsializatsiya mexanizmi

Algoritm 64 bitli boshlang'ich holatdan iborat bo'lib, bu holat to'rtta alohida siljitish registrlari orqali taqsimlanadi:

- **RA** (17 bit),
- **RB** (19 bit),
- **RC** (13 bit),
- **RD** (15 bit).

Har bir registr o'zining qayta aloqa zanjiriga ega bo'lib, bu zanjir XOR va AND elementlari yordamida chiziqli va chiziqsiz transformatsiyalarni amalga oshiradi.

Initsializatsiya bosqichida 128 bitli kalit ikkita bosqichda registrlarga yuklanadi:

1. Birinchi 64 bit registrlarga bevosita yuklanadi va algoritm 1024 sikl davomida ishga tushiriladi.

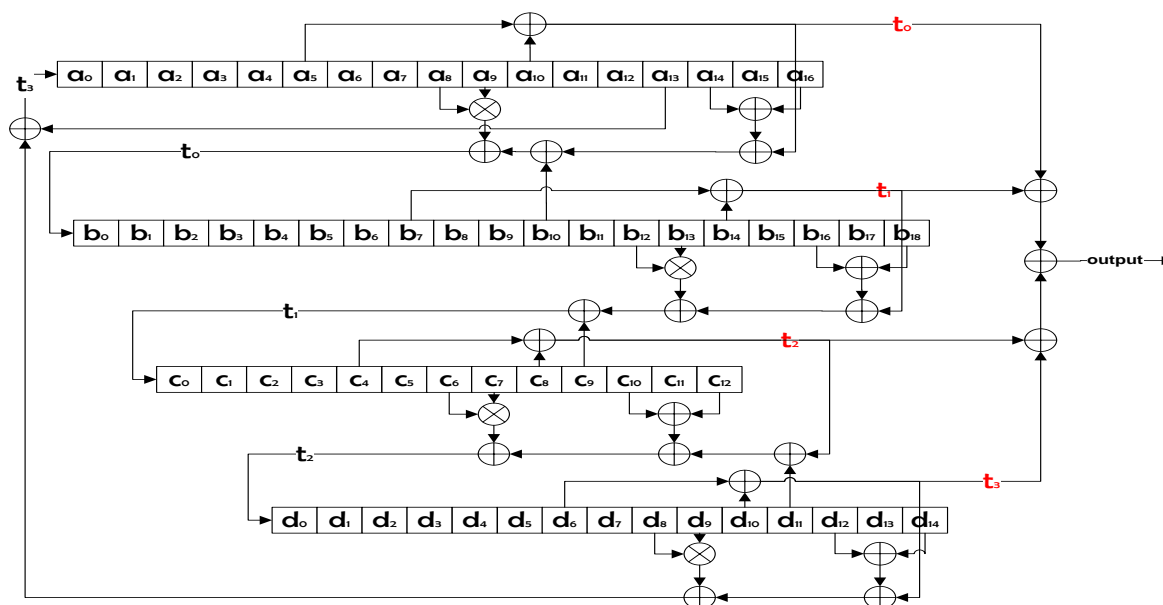
2. Qolgan 64 bit kalit 2 modul bo'yicha registrlar bilan birlashtiriladi (XOR), so'ngra algoritm yana 1024 sikl davomida takrorlanadi.

Bu ikki bosqichli yuklash mexanizmi gamma oqimining har bir biti kalit va initsializatsiya vektoriga to'liq bog'liqligini ta'minlaydi. Bunday yondashuv boshlang'ich holatni maksimal darajada diversifikatsiya qilishga imkon beradi.

Gamma oqimining generatsiyasi

Initsializatsiya tugaganidan so'ng, algoritm har bir soat impulsida (clock cycle) gamma oqimining yangi bitini generatsiya qiladi. Chiquvchi bit to'rtta registrdan olinadigan tanlab olingan bitlar kombinatsiyasidan, XOR va AND amallari orqali hosil qilinadi. Bu bit shifrlanayotgan ochiq matn biti bilan XOR qilinib, shifrlangan matn hosil qilinadi.

Oqimli shifrlashning ushbu prinsipi real vaqt rejimida kam kechikish bilan ishlashga imkon beradi. Qayta ishlash operatsiyasi simmetrik bo'lib, deshifrlashda aynan shu gamma oqimi yordamida ochish amali amalga oshiriladi.



3-rasm. Algoritmning umumiy tuzilishi



Arxitekturaning sxematik tuzilishi

Apparat sxemasi D-triggerlar va ularni boshqaruvchi kombinatsion elementlar asosida tashkil etilgan. Har bir registrning keyingi holati:

- avvalgi sikldagi tanlangan bitlar kombinatsiyasi,
- qayta aloqa zanjirining XOR va AND elementlari orqali bajariladigan mantiqiy amallari bilan belgilanadi.

Soat impulsi yordamida barcha registrlar sinxron ravishda yangilanadi. Bu sxema apparatda barqaror ishlashni va minimal mantiqiy kechikishni ta'minlaydi.

5.4. Misol sifatida ishga tushirish va holat dinamikasi

Quyida algoritmnning ishga tushirilishiga oid namunaviy holatlar keltiriladi:

Kiruvchi kalit (128 bit):

00011100000001100011011000011001000010110001001001100000001000110011101100110101
000100100101111100011110000111010000111000101111

Initsializatsiyadan oldingi registrlar qiymati:

- RA: 0001110000001100
- RB: 0110110000110010000
- RC: 1011000100100
- RD: 110000000100011

Initsializatsiyadan keyingi registrlar qiymati:

- RA: 10101001101000001
- RB: 1111111100101110010
- RC: 0000100110010
- RD: 110100111001100

Chiqarilgan gamma oqimi:

00010010111100100100100111111010001000010010001100011111000100011001011111101111

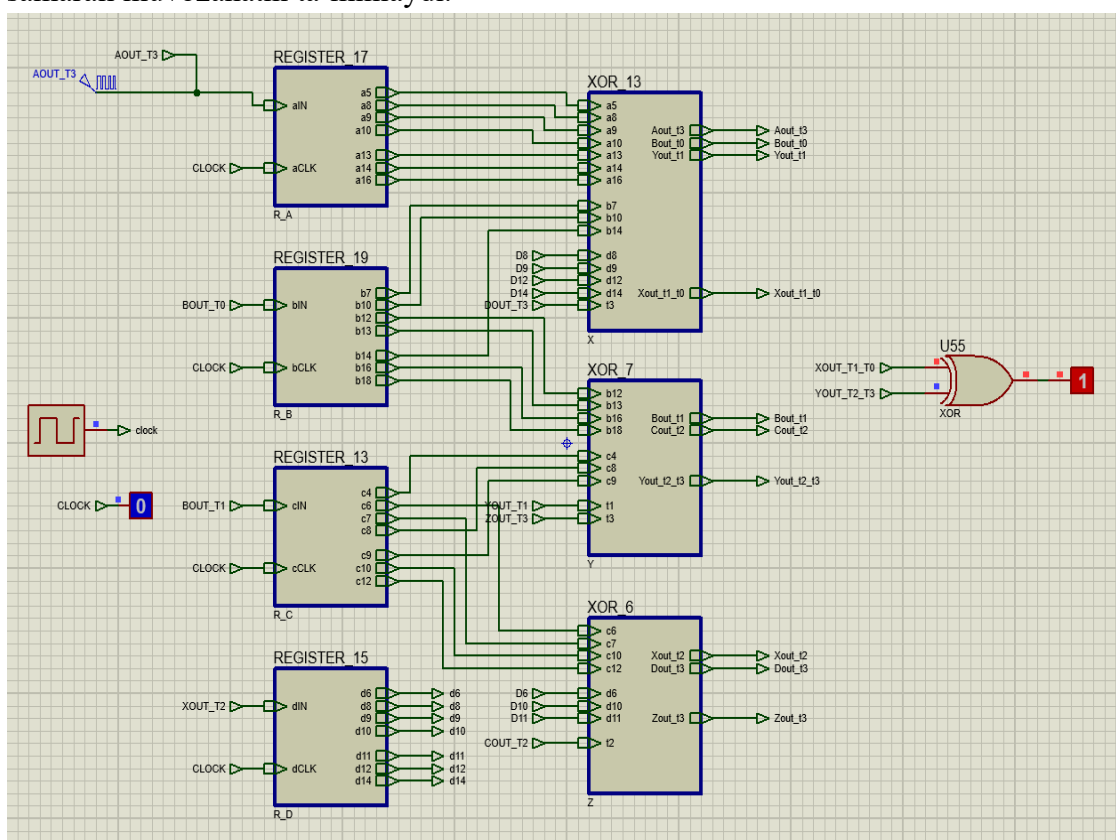
...

Arxitekturaning texnik xususiyatlari 1-jadvalda keltirib o'tilgan.

1-jadval. Arxitekturaning texnik xususiyatlari

Ko'rsatkich	Qiymat
Kalit uzunligi	128 bit
Ichki holat uzunligi	64 bit ($RA \oplus RB \oplus RC \oplus RD$)
XOR elementlar soni	23
AND elementlar soni	3
D-triggerlar soni	64
Umumiy apparat murakkabligi	830 ta element (gate)

Ushbu apparat arxitekturasi yengil shifrlash talab qilinadigan past quvvatli muhitlar uchun optimallashtirilgan bo'lib, **ixchamlik, yuqori ishlash tezligi va kriptografik xavfsizlik** talablari o'rtasida samarali muvozanatni ta'minlaydi.



4-rasm. Umumiy apparat ta'minotining ifodalanishi

Ikkinchidan, NHSA ichki holati teskari tarzda yangilanadi va (c_0, \dots, c_{96}) registrining ishga tushirilishi holatning 96 iteratsiyadan kamroq aylanishining oldini oladi. Agar NHSA yetarli miqdordagi iteratsiyadan (mazkur holatda $269 \cdot 4 = 1076$ iteratsiya) so'ng tasodifiy almashtirish sifatida harakat qiladi deb hisoblansa, u holda 2^{269} gacha bo'lgan barcha sikl uzunliklari teng ehtimolga ega bo'ladi va shuning uchun berilgan kalit/IV juftligining 2^{128} dan kichik siklni keltirib chiqarishi ehtimoli $2^{269-128} = 2^{141}$ ga teng bo'ladi.

Shunday bo'lsa ham, yuqorida generatsiya qilingan kalitlarning ishonchligini maksimal ta'minlanishini sug'urtalash maqsadida bir kalit/IV juftligi yordamida 2^{64} bit kalit generatsiya qilish tavsiyasi keltirildi.

Eksperimental natijalar va tahlil

NewHSA algoritmining samaradorligi va kriptografik barqarorligi uning apparat darajasidagi resurs talablari, ishlash sikllari va gamma oqimining statistik xususiyatlari orqali baholandi. Quyida eksperimental natijalarning texnik tahlili, NIST SP800-22 statistik testlari asosidagi ishonchlik darajasi va algoritmning mavjud ilg'or oqimli shifrlash algoritmlari bilan qiyosiy bahosi keltirilgan.

Apparat murakkabligi va resurslar talabi

Algoritmning apparat darajasida ishlashi uchun zarur bo'lgan mantiqiy elementlar soni maxsus mezonlar asosida hisoblab chiqildi. Quyidagi 2-jadvalda o'rtacha baholash ko'rsatkichlari asosida umumiy apparat murakkabligi aniqlandi:



2-jadval. Umumiy apparat murakkablighi ko'rsatkichi

Mantiqiy element turi	Ekvivalent elementlar soni (gate)
1 ta D-trigger	12
1 ta XOR	2.5
1 ta AND	1.5

Shunga ko'ra, umumiy apparat implementatsiyasi quyidagi resurslar asosida baholandi:

- D-triggerlar: $64 \times 12 = 768$ gate
- XOR: $23 \times 2.5 = 57.5$ gate
- AND: $3 \times 1.5 = 4.5$ gate

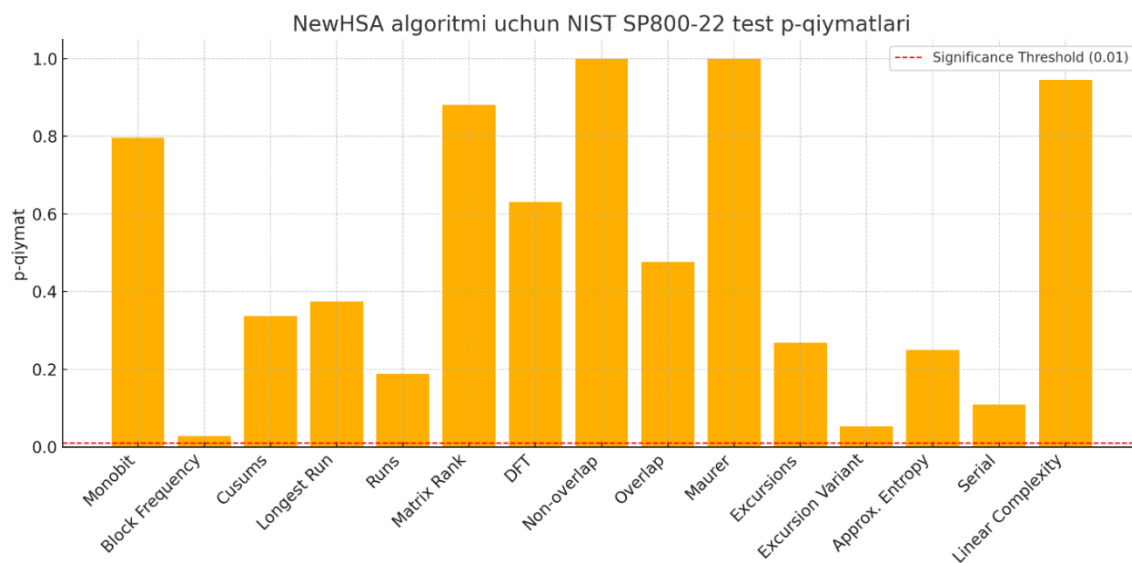
Jami: 830 ta mantiqiy element.

Bu natijalar NewHSA algoritmining apparatda resurs tejaydigan va amaliy qurilmalarda joriy etish uchun qulay arxitekturaga ega ekanligini ko'rsatadi.

Gamma oqimining statistik bahosi (NIST SP800-22)

NewHSA tomonidan generatsiya qilingan gamma oqimlarning kriptografik tasodifiylik darajasi **NIST SP800-22** statistik testlar to'plami orqali tahlil qilindi. Har bir test gamma oqimining tasodifiy naqshlardan holiligi, ehtimollik nazariyasiga muvofiqligi va kriptobardoshligini baholaydi.

Quyida 5-rasmda NIST testlarining 15 ta asosiy testning p-qiymatlari va natijalari keltirilgan:



5-rasm. NewHSA algoritmi uchun NIST testlaridan olingan natijalari

Natijalar shuni ko'rsatadiki, NewHSA algoritmi tomonidan generatsiya qilingan ketma-ketliklar tasodifiy xossalarga to'liq javob beradi va barcha testlardan muvaffaqiyatli o'tgan.

Yuqorida siz ko'rgan diagramma — **NewHSA algoritmi uchun NIST SP800-22 statistik testlarining p-qiymatlarini** ko'rsatadi. Bu grafik har bir test bo'yicha algoritm tomonidan generatsiya qilingan gamma oqimining tasodifiylik darajasini tasdiqlaydi.

Qizil chiziq — statistik ahamiyat chegarasini ($\alpha = 0.01$) bildiradi. Barcha ustunlar bu chiziqdan yuqori bo'lgani sababli, **algoritm barcha testlardan muvaffaqiyatli o'tgan** deb hisoblanadi.

NewHSA algoritmi mashhur oqimli shifrlash algoritmlari — **Trivium** va **A5/1** bilan apparat darajasidagi murakkablik, kalit uzunligi, ichki holat hajmi va elementlar soni kabi mezonlar asosida taqqoslab baholandi. Qiyosiy tahlil algoritmlarning apparat samaradorligini va resurs talablarini ob'ektiv baholash imkonini beradi.

Amaliy hisob-kitoblar kriptografik apparat tizimlarida keng qo'llaniladigan standart texnik yondashuvga asoslangan: bunda **har bir flip-flop (surish registri elementi)** uchun taxminan **12 ta NAND** element, **har bir XOR elementi** uchun **2,5 gate**, va **har bir AND elementi** uchun **1,5 gate** ekvivalent qiymat sifatida olinadi. Ushbu texnik mezonlar ilgari ko'plab apparatga yo'naltirilgan yengil kriptografiya tadqiqotlarida asos sifatida qabul qilingan.

Shunga asosan, NewHSA, A5/1 va Trivium algoritmlarining apparatga joriy etilishi uchun talab qilinadigan umumiy mantiqiy elementlar soni aniqlanib, ularning samaradorlik ko'rsatkichlari 3-jadvalda jamlangan. Ayniqsa, eSTREAM tanlovida eng samarali oqimli shifrlash algoritmlaridan biri sifatida tan olingan **Trivium** bilan o'tkazilgan taqqoslash NewHSA algoritmining afzalliklarini yaqqol ochib beradi.

3-jadval. NewHSA, A5/1 va Trivium algoritmlarining apparat tatbiqi uchun zarur gatellar soni

Ko'rsatkich	Trivium	A5/1	NewHSA
Kalit uzunligi (bit)	80	64	125
IV uzunligi (bit)	80	-	-
Ichki holat	$288 \times 12 = 3456$	$64 \times 12 = 768$	$64 \times 12 = 768$
AND elementlar soni	$3 \times 1.5 = 4.5$	$3 \times 1.5 = 4.5$	$3 \times 1.5 = 4.5$
XOR elementlar soni	$11 \times 2.5 = 27.5$	$17 \times 2.5 = 42.5$	$23 \times 2.5 = 57.5$
Jami gate soni	3488	815	830

Qiyosiy tahlil shuni ko'rsatadiki, NewHSA algoritmi Triviumga nisbatan deyarli 4 baravar kam apparat resursini talab qiladi, A5/1 ga nisbatan esa xavfsizlik darajasi (kalit uzunligi va gamma oqimi strukturasi chiziqsizlik) sezilarli darajada yuqori.

Algoritm davri va barqarorlik bahosi

NewHSA algoritmi ichki holatining chiziqli bo'lmagan evolyutsiyasi tufayli uning davrini aniq belgilash matematik jihatdan murakkab. Biroq, eksperimental kuzatishlar asosida quyidagi xulosalarga kelingan:

- Algoritm **minimal $2^{283}-1$** uzunlikdagi sikllarni hosil qilishi mumkin.
- Tasodifiy almashtirishga o'xshash xatti-harakatlar $\geq 2^{1076}$ iteratsiyadan so'ng kuzatiladi.
- Bir kalit/IV juftligi uchun **maksimal tavsiya etilgan kalit oqimi uzunligi 2^{64} bit** deb belgilanadi.

Bu esa algoritmning yuqori entropiyaga ega va barqaror gamma generator sifatida ishlashini tasdiqlaydi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda apparat darajasida samarali ishlaydigan va resurslari cheklangan muhitlar uchun moslashtirilgan yangi oqimli shifrlash algoritmi — **NewHSA** ishlab chiqildi va har tomonlama tahlil qilindi. Algoritmning asosiy ustunligi — uning soddaligi, apparatda ixcham amalga oshirilishi, yuqori ishlash tezligi va kriptografik jihatdan tasdiqlangan xavfsizlik darajasidir.



NewHSA algoritmining apparat arxitekturasi to'rtta siljitish registri va ularni boshqaruvchi XOR hamda AND elementlari asosida tashkil etildi. Arxitektura bitlarga yo'naltirilgan bo'lib, umumiy hisobda atigi **830 ta mantiqiy element (gate)** talab qiladi, bu esa uni yengil kriptografiya (lightweight cryptography) mezonlariga to'liq moslashtiradi. Ushbu soddalik algoritmi IoT, RFID, simsiz sensor tarmoqlari kabi past quvvatli va real vaqtga asoslangan tizimlar uchun istiqbolli nomzodga aylantiradi.

Statistik baholash natijalari shuni ko'rsatadiki, NewHSA algoritmi tomonidan generatsiya qilingan gamma oqimlari **NIST SP800-22** testlar to'plamining barcha bandlari bo'yicha muvaffaqiyatli natijalarni qayd etdi. Bu esa gamma oqimining haqiqiy tasodifiylik xususiyatlariga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, algoritm **Trivium** va **A5/1** kabi mashhur oqimli shifrlash algoritmlari bilan apparat darajasidagi samaradorlik va xavfsizlik ko'rsatkichlari bo'yicha qiyoslandi. Natijalar NewHSA algoritmining kalit uzunligi, apparat murakkabligi va gamma oqimi sifati bo'yicha optimal muvozanatni ta'minlashini ko'rsatdi.

Adabiyotlar

1. Good T., Benaissa M. Hardware performance of eSTREAM Phase-III stream cipher candidates // State of the Art of Stream Ciphers Workshop (SASC). Lausanne, 2008.
2. Canniere C., Preneel B. Trivium Specification // eSTREAM, ECRYPT Stream Cipher Project. 2006. URL: <https://www.ecrypt.eu.org/stream>
3. Golic J.D. Cryptanalysis of Alleged A5 Stream Cipher // Advances in Cryptology – EUROCRYPT '97. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 1233. Springer, 1997. P. 239–255.
4. Bernstein D.J. Salsa20 specification // eSTREAM Project. 2005. URL: <https://www.ecrypt.eu.org/stream/salsa20>
5. Rukhin A. et al. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. NIST SP 800-22 Rev. 1a. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, MD, 2010.
6. Babbage S., et al. The eSTREAM Portfolio. ECRYPT II Project. Brussels: European Network of Excellence in Cryptology II, 2008.
7. Katz J., Lindell Y. Introduction to Modern Cryptography. 3rd ed. CRC Press, 2020. 579 p.
8. Zheng Y., Huang M. Design and Implementation of Lightweight Stream Ciphers for Low-resource Devices // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 161104–161113. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2949168.
9. Rakhmatullaevich R. I., Mardanokulovich I. B. Analysis of cryptanalysis methods applied to stream encryption algorithms // Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security Volume 1. – CRC Press, 2023. – C. 393-401.
10. Rahmatullayev I., Abduraximov B. Chacha20 oqimli shifrlash algoritmining raund funksiyasining modifikatsiya variantlarini baholash // digital transformation and artificial intelligence. – 2024. – T. 2. – №. 5. – C. 18-26.

AVTONOM HARAKATLANISH TIZIMLARIDA OBYEKTGACHA MASOFANI O'LGACHA ANIQLIGINI OSHIRISH YECHIMINI ISHLAB CHIQUISH

Turgunov Bekzod

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti
bekzodmirzoturgunov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada sun'iy intellekt asosidagi avtonom harakatlanish tizimlarida harakat yo'nalishida aniqlangan obyektlargacha bo'lgan masofani aniqlashda qo'llaniluvchi stereo kamera tizimlari uchun masofani hisoblash aniqligini oshirish yechimlari taklif qilinadi. Xususan, stereo kamera tizimlari yordamida kuzatuvdagi obyektgacha masofani hisoblash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi stereo kamera optik o'qlarini parallelligini buzilishi omilini ta'sirini e'tiborga olgan holda masofani yuqori aniqlikda hisoblash imkonini beruvchi matematik formula taklif etiladi. Taklif etilgan masofani hisoblash formulasi yordamida hisoblash aniqligi eksperimental tajriba yordamida taxlil qilinadi va taxlil natijalari bayon qilinadi.

Kalit so'zlar: avtonom harakatlanish tizimlari, stereo kamera tizimlari, optik o'qlar og'ishi, stereo kalibrlash jarayoni.

Kirish

Bugungi kunda avtonom harakatlanish tizimlarida harakat yonalishida bo'lgan obyektlarni aniqlashda turli sun'iy intellektning modellaridan foydalanish bilan bir qatorda, tanib olingan obyektgacha masofani o'lchash ham muxim masala hisblanadi. Kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani o'lchash maqsadida qo'llash mumkin bo'lgan bir necha texnologiyalar mavjud va ular o'zaro bir-biridan ishlash tamoyili, masofani o'lchash aniqligi, ol'hcmlari va elektr energiya sarfi kabi ko'rsatkichlari bo'yicha farqlanadilar. Xususan bugungi kunda avtonom xarakatlanish tizimlarida quyidagi usullar keng qo'llaniladi [1]:

- Ultra tovushli sensorlar yordamida to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usuli;
- LiDAR (Light Detection and Rending) texnologiyasi yordamida to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usuli;
- Stereo kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usuli.

Yuqorida sanab o'tilgan to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usullarning o'ziga xos afzallik va kamchiliklari mavjud. Xususan, to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchashning ultratovushli sensorlar yordamida amalga oshirish usuli eng sodda va qo'llanilish murakkab bo'lmagan usul xisoblansada, ma'lum kuzatuvdagi ob'ektgacha masofani o'lchashda jiddiy muammolar kelib chiqadi. Chunki bu usulda nafaqat kuzatuvdagi ob'ekt balki kuzatuv yo'nalishida mavjud bo'lgan boshqa ob'ektlar ham sensordan uzatilgan ultra tovushli to'lqinni akslantirishi mumkin va bu o'lchash xatoligini keskin ortib ketishiga sabab bo'ladi.

LiDAR texnologiyasi, to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usullari ichida o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan usul xisoblanadi. Chunki bu usulda kuzatuvdagi ob'ektgacha masofani o'lchashda optik diapazondagi lazer nurlanishidan foydalaniladi. Lazer nurlatgichdan uzatilgan to'lqin juda tor yo'nalganlik diagrammasiga ega bo'lganligi sababli uzatilgan lazer nuri kuzatish yo'nalishida mavjud bo'lgan boshqa ob'ektlardan emas balki aynan kuzatuvdagi ob'ektdan qaytishi



yuz beradi. Ammo bu usulning ham o'ziga xos kamchiliklari mavjud. Xususan, optik diapazondagi lazer nurlarining shaffof ob'ektlardan qaytishi katta quvvat yo'qotishlari bilan amalga oshadi, Ya'ni qaytgan nurning quvvati keskin kamayib ketadi. Bu mazkur usulning shaffof ob'ektlargacha bo'lgan masofani o'lchashda samaradorligini kamaytiradi. Shuningdek mazkur usulda qaytgan lazer nurlanishini qabul qilish uchun optik qabul qiluvchi qurilmani doimiy ravishda xarakatlanishini talab qiladi. Demak bunday qurilmalarda mexanik xarakat amalga oshadi. Bu esa qurilmaning gabarit o'lchamlari va elektr energiya sarfini ortib ketishiga sabab bo'ladi.

Stereo kamera tizimlari yordamida kuzatuv sahnasidagi ob'ektgacha masofani o'lchash usulida yuqorida ko'rib o'tilgan usullardagi kabi muammolar mavjud emas. Chunki ushbu usulda to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchashda elektromagnit to'lqin uzatish va qabul qilish amalga oshirilmaydi. Mexanik xarakatlanuvchi elementlari ham mavjud emas. Stereo kamera tizimi ikkita bir xil parametrlil kameralaridan tashkil topgan bo'lib, bu tizimda kuzatuvdagi ob'ektning har ikki kamerasi matrisalarida xosil qilgan paralaks tasvirlarni koordinatalarini solishtirish orqali ob'ektgacha masofani xisoblash orqali aniqlanadi. Shuning uchun ham ushbu maqolada stereo kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usulining samaradorligini oshirish yechimlarini ishlab chiqish lozim. Bu maqsadda ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan va hozir ham olib borilmoqda.

Adabiyotlar taxlili

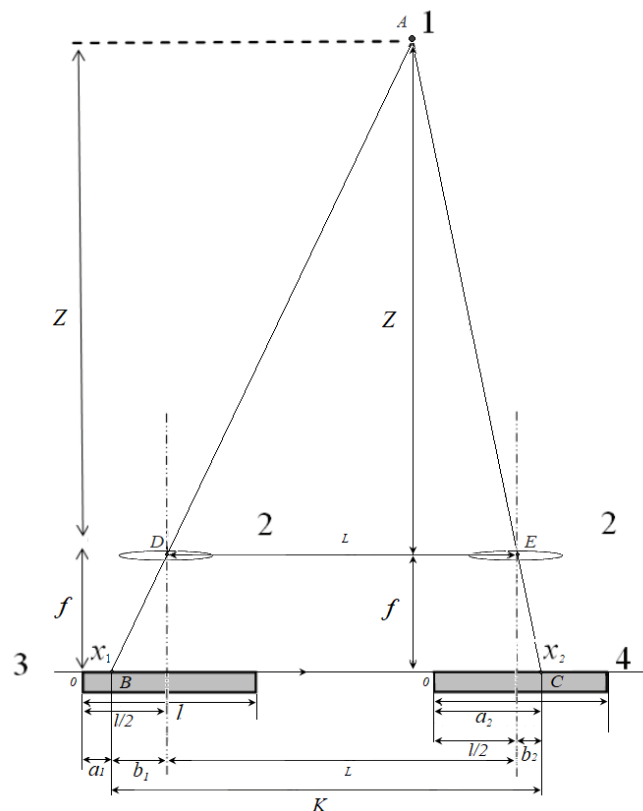
Yuqorida takidlanganidek stereo kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida kuzatuvdagi ob'ektlarni kuzatishning fizik va texnik asoslarini tadqiq qilishga, bu o'lchash usulining aniqligini oshirish echimlarini ishlab chiqishga qaratilgan ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan va borilmoqda. Olimlar L.Shapiro va D.Stokmanlar o'zlarining risolasida [1] uch o'lchamli ob'ektlarni o'lchov parametrlari va koordinatalarini o'lchashning turli usullari, bu usullarning ishlash tamoiillarini yoritganlar. Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatida keltirilgan [2, 3] adabiyotlarda bugungi kundagi uch o'lchamli ob'ektlarni fazodagi o'lcham parametrlari va koordinatalarini olishda stereo kamera juftliklaridan foydalanish echimlari bayon qilingan. Navbatdagi tadqiqot ishida [4] stereo kamera tizimlaridan ko'zi ojiz insonlarni mustaqil xarakatini ta'minlash qurilmasida echimlari keltirilgan. Shuningdek navbatdagi ilmiy tadqiqot ishida [5] kamera matrisalari o'rtasida o'zaro OY o'qi bo'yicha siljish mavjud bulganda bu salbiy omilni bartaraf etishda rektifikasiya usulida foydalanish taklif qilingan. Ammo bu echim emas. Chunki rektifikasiya jarayonida ikki paralaks tasvirdagi ob'ektning ma'lum bir nuqtasi umumiy gorizontal tekislikka keltiriladi. Bu esa tasvirning sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatada. Natijada ob'ektning asl o'lchamlari haqidagi ma'lumot buziladi. Yana bir tadqiqot ishida [6] stereo kamera tizimlari yordamida ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligini oshirishda kalibrlash metodlarini qo'llash taklif qilingan. Shuningdek yana bir qator tadqiqot ishlarida [7, 8] stereo kamera tizimi yordamida ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligini oshirish uchun distorsiya omilini bartaraf etish kerak ekanligi taklif qilinadi. Yuqorida ko'rib o'tilgan tadqiqot ishlarida uch o'lchamli ob'ektlarni fazodagi o'lcham parametrlari va koordinatalarini aniqlash usullari va echimlari xususidagi tadqiqot natijalarini bayon qilingan. Ammo stereo kameralar tizimi yordamida fazodagi ob'ektgacha bo'lgan masofani o'lchash aniqligiga ta'sir qiluvchi omillar batafsil yoritilmagan. Xususan, ko'rib chiqilgan ishlarning birida kamera matrisalarini vertikal siljishi ta'sirini kamaytirish uchun rektifikasiya algoritmidan foydalanishni taklif qilingan bo'lsa, yana birida o'lchov sifatiga ta'sir qiluvchi asosiy omil sifatida distorsiya keltirilgan va uni bartaraf etish echimlari taklif qilingan. Shuning uchun ham stereo

kameralar tizimi yordamida fazodagi ob'ektgacha bo'lgan masofani o'lchash aniqligiga ta'sir qiluvchi omillar fizik asoslarini aniqlash, omillar ta'sirini baxolash va bu omillar salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha yechimlar taklif qilish lozim.

Tadqiqot metodologiyasi

Aynan shu maqsadda avtonom harakatlanish tizimlarida kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani o'lchash jarayonida eng maqbl texnologiya sifatida tanlab olingan stereo kamera tizimlarini masofani o'lchash aniqligini oshirish maqsadida olib boriladigan tadqiqot ishining amalga oshirish metodologiyasini ishlab chiqish lozim. Buning uchun avvalo mazkur texnologiyaning ishlash tamoyilini taxlil qilish lozim. Bu usul yordamida obyektgacha masofa o'lchash jarayonida obyektning stereo kameraning ikki kamerasida hosil bo'lgan obyekt tasvirlarining koordinatalari farqi, ya'ni dispartlik darajasi aniqlanadi. Aynan shu dispartlik darajasiga bog'liq ravishda obyektgacha masofa geometrik triangulyatsiya usulida hisoblab topiladi.

Avvalo paralaks tasvirlar asosida stereo triangulyatsiya usulida masofani xisoblash jarayonini batafsil ko'rib chiqamiz. Quyida shu maqsadda qo'llaniluvchi stereo kamera tizimi tasvirlangan (1-rasm). Rasmda kuzatuvdagi ob'ekt (1) A nuqtada joylashgan va uning tasviri mos ravishda chap (3) va o'ng (4) tomondagi kameralar matrisalarning gorizontol OX o'qidagi x_1 va x_2 koordinatalaridagi fotosezuvchi elementlarida xosil bo'ladi. Aynan shu x_1 va x_2 koordinatalari farqi dispartlik qiymatini beradi.



1-rasm. Stereo kamera xosil bo'ladigan paralaks tasvirlar asosida triangulyatsiya usulida masofani o'lchash uchun stereo optik tizim

Bu o'xshash uchburchaklarni o'xshashlik xususiyatidan kelib chiqib quyidagi tenglikni yozish mumkin:



$$Z = \frac{Lf}{w_x(x_2 - x_1)} = \frac{Lf}{(a_2 - a_1)} \quad (1)$$

Ammo bu usul yordamida obyektgacha masofani hisoblash jarayoni natijasining aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillar borki, ularning tas'irida stereo kamera tizimi yordamida masofani aniqlash xatoligi ortadi va bu butun bir tizimning ishlash samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [1]. Yuqorida takidlab o'tilgani kabi, stereo kamera tizimlarida kuzatuv sahnasida aniqlangan obyektgacha masofani aniqlashda geometrik triangulyatsiya usulidan keng foydalaniladi. Bunda hisoblash oddiy geometrik formula (1) asosida amalga oshirilganligi sababli butun bir tizimning real vaqt rejimida ishlash tezkorligiga salbiy tasiri bo'lmaydi. Ammo geometrik triangulyatsiya usulida hisoblash natijalarining aniqligi ko'p jihatdan stereo kamera tizimining chap va o'ng kameralaridan olingan tasvirlar orasidagi disparatlik qiymatining aniqligiga bog'liq. Ya'ni, o'lchash jarayonida disparatlik qiymati qanchalik to'g'ri aniqlansa, bu qiymat asosida hisoblangan masofa qiymati ham shunchalik to'g'ri bo'ladi. Ammo qo'llanilish jarayonida doim ham chap va o'ng kameralardan olingan tasvirlar orasidagi disparatlik qiymati to'g'ri aniqlanmaydi. Bunga nafaqat qo'llanilish sharoitining (maslan obyektning yuzasining textura darajasining pastligi, kuzatuv sahnasini yoritilganlik darajasini pastligi kabi) noqulayligi, balki stereo kamera tizimining konstruktiv nomukammalligi ham sabab bo'lishi mumkin. Masalan, stereo kamera tizimini qo'llanilish jarayonida tasvirlar orasidagi disparatlikni noto'g'ri aniqlanishiga sabab bo'ladigan omillardan biri bu stereo kamera tizimidagi o'ng va chap kamera optik o'qlarining o'zaro paralleligini mukammal bo'lmasligidir. Ya'ni, kameralar optik o'qlari o'zaro ma'lum bir gradusdagi burchakga og'gan bo'lishi mumkin. Bu ka bi nuqson har bir stereo kamera tizimlarini ishlab chiqarish va tranpartirovka qilish jarayonidagi nomukammal sabab yuzaga keladi. Aynan bu nuqson disparatlikni aniqlanishida xatolik darajasini ortishiga, natijada esa kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani hisoblash xatoligining ortib ketishiga sabab bo'ladi.

Stereo kamera tizimidagi bunday nuqsonlar undan foydalanish jarayonida kalibrlash jarayoni natijalarika aks etadi. Xususan, tajriba jarayonida IMX-219-83 stereo kamera tizimini stereo kalibrlash natijasida olingan R matritsada kameralar o'ptik o'qlari vertikal tekislikda o'zaro qanday burchakda og'ishga ega ekanligi ma'lum bo'ldi [9-12].

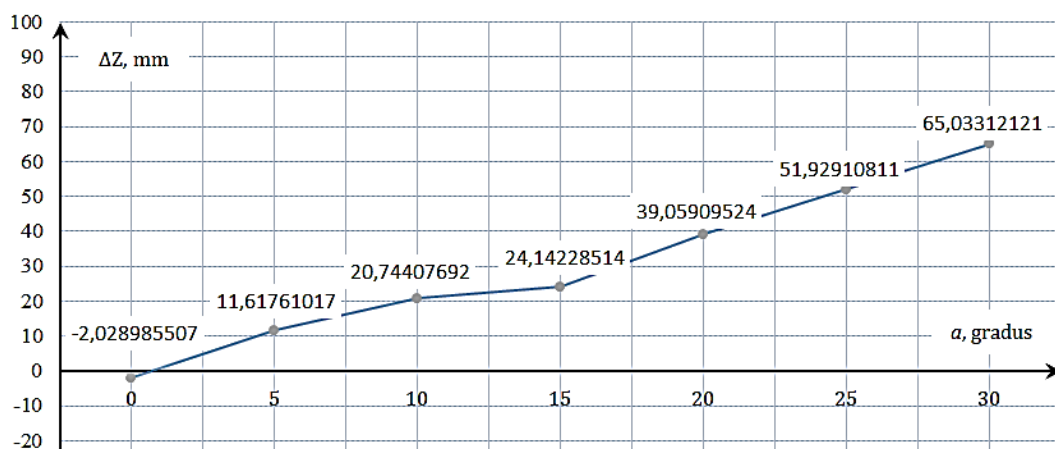
$$R = \begin{bmatrix} 0.9999705 & -0.00262446 & -0.0072194 \\ 0.00274479 & 0.99985663 & 0.01670869 \\ 0.00717452 & -0.01672801 & 0.99983434 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Agar R matritsa birlik matritsa bo'lsa bu ideal xolat bo'lasdi. Ya'ni, matritsada bosh diagonal elementlari qiymatlari 1 ga, boshqa barcha elementlari qiymatlari 0 ga teng bo'lsa. Bu xolatda Kameralar optik o'qlari o'zaro ideal darajada parallel bo'ladi. Ammo real tizimlarda doim bunday bo'laydi. Demak kalibrlash jarayoni natijasida olingan R matritsa (2) elementlari qiymatlari osasida og'ish burchagini hisoblash aylanma matritsaning elementlaridan trigonometrik funksiyalar yordamida amalga oshiriladi:

$$\theta_p = \arcsin(-R_{2,0}) = \arcsin(-0.00717452) \approx -0.411^\circ \quad (3)$$

Demak yuqoridagi (3) xisoblash natijasiga asoslanib takidlash mumkinki, mazkur tajribada foydalanilgan stereo kamera tizimining o'ng kameraning optik o'qi chap kameraning optik o'qiga nisbatan (unga tomon) 0.411° ga og'gan.

Stereo kamera tizimi yordamida kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani hisoblash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi ko'p omillar mavjud [13]. Mazkur tadqiqot ishida aynan stereo kamera tizimidagi kameralarning optik o'qlarini parallellik darajasini buzilishi kabi omilni masofani xisoblash aniqligiga salbiy ta'sir darajasini tadqiq qilish natijalari va bu omilni salbiy ta'sirini kamaytirish echimi taklif qilinadi. Tajribaviy ma'lumotlarga asoslanib stereo kamera tizimi yordamida kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani standart (1) formula bo'yicha hisoblash xatoligi ΔZ ning qiymatini stereo tizim o'ng kameraning chap kamerasiga nisbatan o'gish burchagining turli qiymatlariga bog'liqligi grafigi quyidagi 2-rasmda aks ettirilgan.

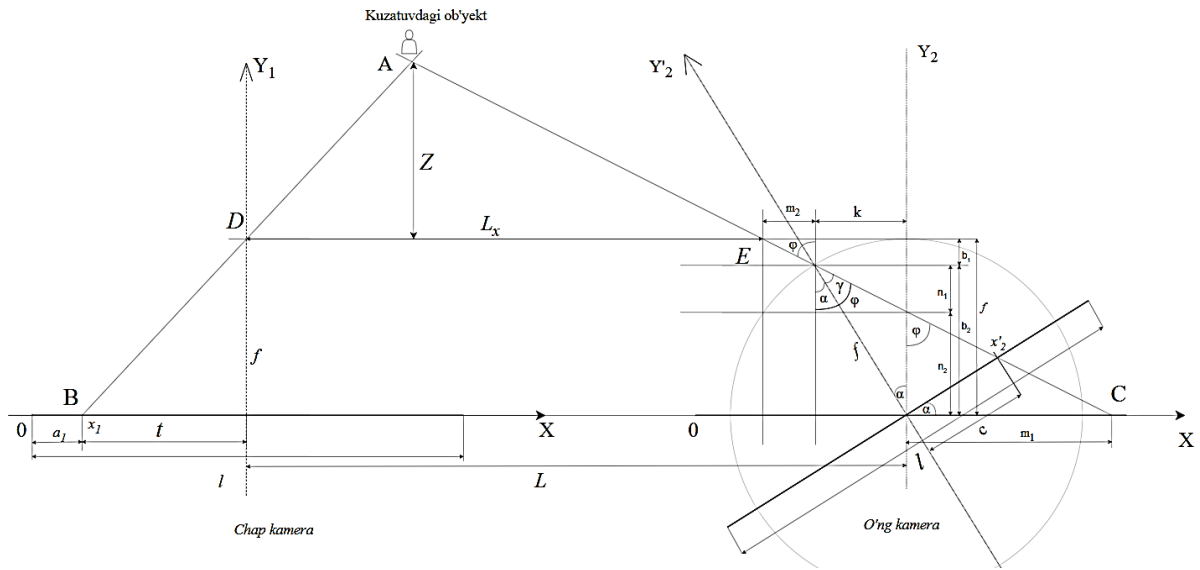


2-rasm. Stereo kamera yordamida triangulyasiya usulida masofani o'lchash xatoligini kamera optik o'qi og'ishiga bog'liqligi

Grafikdan ko'rinadiki o'ng kameraning chap kamerasiga nisbatan og'ish burchagining ortishi bilan kuzatuvdagi obyektgacha masofani hisoblashdagi xatolik qiymati ham ortib boradi.

Demak ushbu salbiy omilni etiborga olgan holda masofani tug'ri hisoblash imkonini beruvchi formulani ishlab chiqish lozim. Bu formuladan foydalangan holda og'ishning ma'lum bir chegaradagi har qanday qiymatida ham obyektgacha masofani tug'ri hisoblash imkoni paydo bo'ladi.

Bunday matematik formulani ishlab chiqish uchun stereo kamera tizimidagi kameralardan birini, xususan stereo kameraning o'ng kamerasini OY o'ptik o'qini ichki tomonga og'gan holati uchun stereo kamera yordamida paralaks tasvir asosida triangulyatsiya usulida obyektgacha masofani o'lchash sxemasini chizilishi lozim (3-rasm).



3-rasm. O'ng kamerasi α burchakga ichki og'ishga ega stereo kamera tizimida kuzatuvdagi ob'yecktgacha masofani o'lchash sxemasi

Stereo kamera yordamida tiangulyatsiya usulida masofani xisoblash jarayonini kamera optik o'qini α og'ishini inobatga olgan holda amalga oshirishning matematik ifodasini ishlab chiqish uchun dastlab ABC va ADE uchburchaklarni o'zaro o'xshashligiga asoslanib quyidagi tenglikni yozib olishimiz mumkin.

$$\frac{Z+f}{t+L+m_1} = \frac{Z}{L_x} \quad (4)$$

Yuqoridagi (4) tenglikdan Z – kuzatuvdagi ob'yecktgacha masofani aniqlash formulasini keltirib chiqarish lozim. Buning uchun avvalo yuqoridagi (4) tenglikdagi Z dan boshqa nomalumlarni aniqlab olish lozim. Bu tenglikdagi t, m_1, L_x larni aniqlab olish lozim.

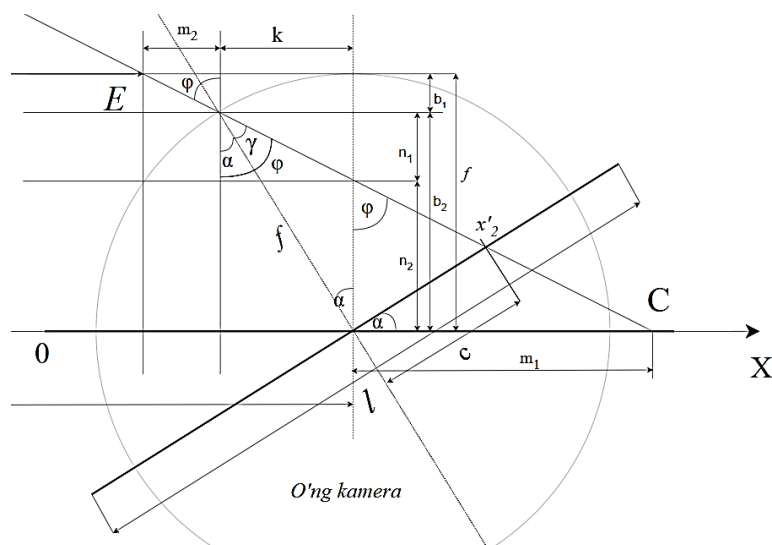
$$t = \frac{l}{2} - a_1 \quad (5)$$

Bu yerda:

l – Stereo kameradagi har bir matritsani gorizontali OX o'qidagi o'lchami, mm.

a_1 – bu stereo kamera tizimidagi chapdagi kamera matritsasida kuzatuvdagi ob'yecktni tasviri xosil bo'layotgan foto sezgir elementni koordinatasini uzunlik o'lchov birligidagi qiymatini oladi. Aslida $a_1 = w_x x_1$ ga teng bo'lib w_x - bu matritsadagi foto sezgir elementlar orasidagi masofa, x_1 – chap kamera matritsasida ob'yeckt tasviri xosil bo'layotgan foto sezgir elementning koordinatasidir.

Yuqoridagi (4) tenglamadagi nomalumlarni aniqlash uchun 3-rasmdan optik o'qi og'gan o'ng kamera matritsasida tasvir xosil bo'lishi chizmasini aloxida tasvirlab olish qulaylik yaratadi (4-rasm):



4-rasm. OY optik o'qi α burchakga og'gan kamera matritsasi tasvir xosil bo'lishi.

Keltirilgan (4) tenglikdagi m_1 – aniqlash yuqorida keltirilgan 4-rasmga asoslanib quyidagicha amalga oshiriladi:

$$m_1 = n_2 \operatorname{tg} \varphi \quad (6)$$

Bu erda:

$$n_2 = b_2 - n_1 = f \cos \alpha - \frac{f \sin \alpha}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{f}{\operatorname{tg} \varphi} (\cos \alpha * \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha);$$

$$b_2 = f \cos \alpha;$$

$$n_1 = \frac{k}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{f \sin \alpha}{\operatorname{tg} \varphi};$$

$$\varphi = \alpha + \gamma;$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{c}{f} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a'_2 - \frac{l}{2}}{f} \right);$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\alpha + \gamma) = \operatorname{tg} \left(\alpha + \operatorname{arctg} \left(\frac{a'_2 - \frac{l}{2}}{f} \right) \right);$$

ekanliklarini xisobga olib:

$$m_1 = n_2 \operatorname{tg} \varphi = \frac{f}{\operatorname{tg} \varphi} (\cos \alpha * \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha) * \operatorname{tg} \varphi = f(\cos \alpha * \operatorname{tg} \varphi - \sin \alpha) \quad (7)$$

tenglikni keltirib chiqarish mumkin.

Yuqoridagi (4) tenglikdagi L_x ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$L_x = L - k - m_2 \quad (8)$$

Bu yerda:

$k = f \sin \alpha$, f – kameraning fokus masofasi,



$$m_2 = b_1 \operatorname{tg}\varphi = f * \operatorname{tg}\varphi(1 - \cos\alpha)$$

$$b_1 = f - b_2 = f - f\cos\alpha = f(1 - \cos\alpha)$$

bo'lsa. Demak:

$$L_x = L - k - m_2 = L - f * \sin\alpha - f * \operatorname{tg}\varphi(1 - \cos\alpha) \quad (9)$$

kelib chiqadi. Agar (6) va (7) matematik ifodalarni (4) ifodaga qo'yilsa:

$$\frac{Z+f}{t+L+f(\cos\alpha*\operatorname{tg}\varphi-\sin\alpha)} = \frac{Z}{L-f*\sin\alpha-f*\operatorname{tg}\varphi(1-\cos\alpha)} \quad (10)$$

Yuqoridagi (8) matematik ifodadan Z – kuzatuv ob'yektigacha masofani xisoblash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$Z = \frac{Lf-f^2(\sin\alpha-\operatorname{tg}\varphi(1-\cos\alpha))}{t+f\operatorname{tg}\varphi} \quad (11)$$

Bu yerda:

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\left(\alpha + \operatorname{arctg}\left(\frac{a'_2 - \frac{l}{2}}{f}\right)\right);$$

$$t = \frac{l}{2} - a_1 ;$$

α – kamera OY optik o'qining og'ish burchagi;

a'_2 - kamera OY optik o'qining α burchakga og'ishi holatida o'ng kamera matritsasida kuzatuvdagi ob'yekt tasviri xosil bo'ladigan foto sezgir elementning koordinatasini uzunlik o'lchov birligidagi qiymatini oladi. Aslida $a'_2 = w_x x'_2$ ga teng bo'lib w_x - bu matritsada foto sezgir elementlar orasidagi masofa, x'_2 - o'ng kamera matritsasida ob'yekt tasviri xosil bo'layotgan foto sezgir elementning koordinatasidir.

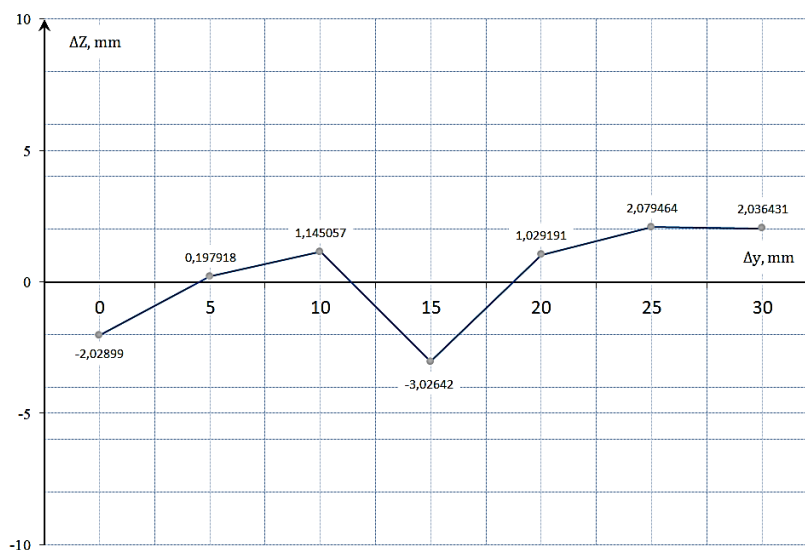
Tahlil va natijalar muhokamasi

Demak ishlab chiqilgan (11) formuladan stereo kamera yordamida paralaks tasvir asosida trianguyatsiya usulida kuzatuvdagi ob'yektgacha masofani xisoblash orqali o'lchash jarayonida foydalanish, kameralarning birida optik o'qning og'ishi mavjud bo'lganda ham tog'ri o'lchash natijasini olish imkonini beradi. chunki bu formula bo'yicha kuzatuvdagi ob'yektgacha masofani o'lchashda kameralardan birining optik o'qini og'ish omili xisobga olinadi. ushbu ishlab chiqilgan formulaning qaydarajada tog'ri ishlashini yuqorida o'tkazilgan tajribaviy tadqiqotni qayta takrorlash natijasida baxolash mumkin. Faqat endi masofani xisoblash jarayonida ushbu tadqiqot ishida ishlab chiqilgan formula (11) qo'llaniladi. Faqat dastlabki masofani xisoblashni standart formulasi qo'llanilgan holatdan farqli ravishda bu holatda kamera matritsasining gorizantal ox o'qidagi o'lchami l ning qiymati ma'lum bo'lishi lozim. Turli og'ish burchaklari uchun kuzatuvdagi ob'yektgacha masofa z ni va har bir og'ish burchagi uchun xisoblash xatologi δz ning qiymatlarini xisoblab natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan (1-jadval). O'lchash xatoligi δz ning qiymatlarini aniqlashda kuzatuvdagi ob'yektgacha masofani asl qiymati $z_x=60$ mm ekanligi xisobga olindi.

1-jadval. Ishlab chiqilgan formula o'lchash aniqligining taxlili natijalari.

α , gradus	Z , mm	ΔZ , mm
0	57,97101	-2,02899
5	60,19792	0,197918
10	61,14506	1,145057
15	56,97358	-3,02642
20	61,02919	1,029191
25	62,07946	2,079464
30	62,03643	2,036431

Ishlab chiqilgan formula bo'yicha kuzatuvdagi ob'yektgacha masofani xisoblash orqali o'lchash xatoligini kamera optik o'qini og'ish burchagiga bog'liqlik grafisini yuqorida keltirilgan 1-jadvaldagi ma'lumotlar asosida chizish mumkin.



5-rasm. Ishlab chiqilgan formula bo'yicha ob'yektgacha masofani o'lchash xatoligi ΔZ qiymatini kamera optik o'qining og'ish burchagi a ga bog'liqlik grafigi

Xulosa



Yuqoridagi 5-rasmda tasvirlangan grafikni taxlil qilish natijasida shunday xulosa qilish mumkinki, ishlab chiqilgan formula asosida xisoblash orqali kuzatuvdagi ob'yektgacha masofani o'lchashda xatolik juda past darajada. Xisoblash xatoligi ΔZ ning qiymati kamera optik o'qi og'ishining qiymatini ortib borishida deyarli o'zagrishsiz, ya'ni 0 ga yaqin qiymatlarni qabul qilishini ko'rsatmoqda. Standart formula asosida xisoblash xatoligini kamera optik o'qi og'ish burchagi qiymatiga bog'liqligi aks ettirilgan grafik (2-rasm) va 5-rasmda tasvirlangan grafiklarni solishtirish natijasida ham xulosa qilish mumkinki, ishlab chiqilgan formula asosida masofani o'lchash aniqligi standart foqmula asosida o'lchashga nisbatan keskin yuqorilagan.

Demak, ushbu tadqiqot ishi davomida taklif qilingan stereo kamera yordamida kuzatuv sahnasidagi obyektgacha masofani hisoblash formulasi asosida ishlovchi algoritim va unga mos dasturiy vositani ishlab chiqilishi, stereo kamera tizimidagi kameralarning optik o'qlarini parallelligi buzilgan xolatlarda ham masofani to'g'ri aniqlash imkonini beradi.

References

1. Xamdamiy Utkirbek, Turgunov Bekzod. Paralaks tasvirlar asosida kuzatuvdagi ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligiga ta'sir qiluvchi omillar va ularni ta'sirini kamaytirish choralari. Management and Future Technologies Ilmiy jurnal Volume 2, Issue 1. 31/03/2025. – 127 p.
2. Zolotukhin, D.A. Reconstruction and filtration of a three-dimensional shape of a micro object by a stereo pair of images with a parallel projection. Zolotukhin, I.V. Safonov, K.A. Kryzhanovsky // Mechanics, management and informatics. – 2012. – V. 9, No. 9. – P. 174-179. (in Russian)
3. Forsythe, D. Computer vision. Modern approach / D. Forsythe, J. Pons. - Moscow: Williams, 2004. – 928 p.
4. U. R. Xamdamiy, B. A. Turgunov. "Optimal solutions for determining the distance to an object in an autonomous mobile device for people with disabilities" in International scientific - practical conference of Digital transformation and artificial intelligence: problems, innovations and trends (DTAI), Tashkent, (2024), 70-74 pg. <https://dtai.tsue.uz/index.php/DTAI2024/article/view/hamdam>
5. Hartley, R.I. Theory and practice of projective rectification / R.I. Hartley // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 35, no. 2. – P. 115–127pgs.
6. D. N. Stepanov, A. V. Smirnov, Issledovanie prosessa kalibrovki i opticheskix xarakteristik stereo nasadki 3Dberry, Programmnie sistemi: teoriya i prilozheniya, 2018, tom 9, vipusk 3, 11–28
7. DOI: 10.25209/2079-3316-2018-9-3-11-28
8. Aleman-Flores, M. Automatic Lens Distortion Correction Using One-Parameter Division Models / M.AlemánFlores, L. Alvarez, L. Gomez, D. Santana-Cedres // Image Processing On Line. - 2014. - Vol. 4. - P. 327-343., DOI: 10.1007/s10851-012-0342-2.
9. Bugaenko E. I. A method for automatic detection and correction of radial distortion on digital images / EI Bugaenko, MI Trufanov // Izv. Universities. Instrument making. – 2008. – V. 51, No. 2. – P. 16-22. (in Russian).
10. Z. Zhang. "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22:11 (2000), pp. 1330–1334. DOI: [10.1109/34.888718](https://doi.org/10.1109/34.888718)



11. В.Г. Алтухов, А.Б. Колкер. «Вычисление расстояния до объекта на основе карты глубин полученной методом зеркального разделения изображений», Автоматика и программная инженерия, 1:19 (2017), с. 65–69.
12. B.W. He, Y.F. Li. “A novel method for camera calibration using vanishing points”, Proc. of the 2007 14th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, 2007, pp. 44–47. **DOI:** [10.1109/MMVIP.2007.4430712](https://doi.org/10.1109/MMVIP.2007.4430712)
13. J. Heikkila, O. Silven. “A four-step camera calibration procedure with implicit image correction”, Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997, pp. 1106–1112. **DOI:** [10.1109/CVPR.1997.609468](https://doi.org/10.1109/CVPR.1997.609468).
14. Козлов В.Л. Учет влияния дестабилизирующих факторов для повышения точности измерений дальномера на основе стереоизображений. Приборы и методы измерений. 2017. – Т. 8, № 3. С. 254–262. DOI: [10.21122/2220-9506-2017-8-3-254-262](https://doi.org/10.21122/2220-9506-2017-8-3-254-262)
15. Shapiro, L. Computer vision / L. Shapiro, D. Stockman – Moscow: BINOM, 2006. – 752 p.



NUTQ SIGNALLARIGA INTELLEKTUAL ISHLOV BERISH TIZIMLARIDA SO‘ZLOVCHILARNI AJRATISHNING AHAMIYATI

Shukurov Kamoliddin; Ochilov Mannon; Xasanov Umidjon

Muhamad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Sun'iy intellekt kafedrası

Email: umidjon0923@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada nutq signallariga intellektual ishlov berish tizimlari uchun so‘zlovchilarni ajratish va aniqlash muammosi tahlil qilinadi. So‘zlovchilarni ajratish jarayonlari ko‘p ishtirokchili suhbatlarda ularning ovozlarni aniqlash, nutqlarini matnga aylantirish vazifalari uchun juda katta ahamiyat kasb etadi. Maqola ushbu muammo bosqichma-bosqich nutq faolligini aniqlash (VAD), xususiyatlarga ajratish, so‘zlovchilarning xususiyat vektorlarini shakllantirish, klasterlash jarayonlari orqali yoritiladi. Tizim ishlash samaradorligini baholash uchun DER hamda JI ko‘rsatkichlari kabi mezonlardan foydalaniladi. Shuningdek, ishda zamonaviy so‘zlovchilarni ajratish tizimlari uchun mashxur bo‘lgan yondashuvlar X-vector, TDNN, ECAPA-TDNN asosidagi model va yondashuvlarga ham e‘tibor qaratilgan. Ushbu taqdiqotning amaliy ahamiyati real vaqtli audiomonitring tizimlari, multimediyali tahlilda katta rol o‘ynaydi.

Kalit so‘zlar. Nutq signallari, nutq signallarini qayta ishlash, filtrlash, VAD, so‘zlovchilarni ajratish, xususiyatlarni ajratish, so‘zlovchi xususiyatlar vektori, MFCC, Log Mel spektrlari, X-vector, ECAPA-TDNN.

Kirish

Zamonaviy nutq signallariga intellektual ishlov berish sohalarida bir nechta yo‘nalishlarni o‘z ichiga qamrab oladi. Jumladan avtomatik nutqni tanish (*ing: Automatic Speech Recognition*), so‘zlovchilarni tanib olish (*ing: Speaker Recognition*), so‘zlovchining tilini aniqlash (*ing: Language Identification*) sohaları ko‘plab nazariy va amaliy muammolarni hal etmoqda. So‘zlovchilarni tanib olish tizimlari nafaqat xavfsizlik masalalarida, balki murakkab integrallashgan nutqni qayta ishlash tizimlarni ishlab chiqishda ham keng foydalaniladi. Hozirgi kunda tanib olish tizimlarida nutq egasi kim ekanligini aniqlash, uning vaqt oraliqlarida bildirgan fikrlarini aniqlash masalasini intellektual qayta ishlash tizimlari uchun dolzarb vazifa bo‘lib qolmoqda. So‘zlovchilarni tanib olish tizimlari quyidagi asosiy yo‘nalishlarda amalag oshiriladi:

- So‘zlovchilarni aniqlash (*ing: Speaker Identification - SI*)
- So‘zlovchilarni tekshirish (*ing: Speaker Verification - SV*)
- So‘zlovchilarni ajratish (*ing: Speaker Diarization - SD*)

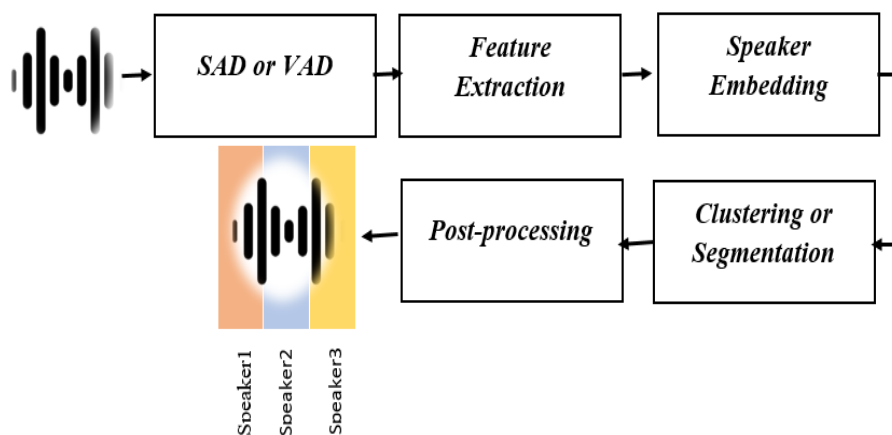
So‘zlovchini aniqlash berilgan audio signal asosida so‘zlovchini mavjud bazadagi shaxslar orasidan aniqlashga qaratilgan bo‘lib, audio segmentlardan olingan xususiyatlar ajratiladi va ular asosida sinflashtirish algoritmlari yordamida so‘zlovchilarni nomini aniqlanadi. So‘zlovchini tekshirish esa juft audio signallar orasidagi o‘xshashlikni o‘lchab, ularni bir xil shaxsga tegishli yoki tegishli emasligini baholaydi. So‘zlovchini ajratish yo‘nalishi esa bir yoki bir nechta so‘zlovchini nutqini tahlil qilib, qaysi vaqt oralig‘ida kim gapirganini aniqlashga mo‘ljallangan. Bu yo‘nalish ko‘p ishtirokchili suhbatlarni avtomatik transkripsiyalashda, anjuman va konferensiyalarni qaydnomalarini ishlab chiqishda, ko‘p tilli tarjimon tizimlarida katta ahamiyatga ega [1-3].

Soʻzlovchilarni ajratish jarayoni turli sohalarda, jumladan, yigʻilishlar, telefon suhbatlari, podkastlar va televideniye eshittirishlari kabi koʻplab real hayotiy holatlarda qoʻllaniladi. Uning asosiy maqsadi bir nechta inson qatnashgan audio yozuvlardan har bir shaxsning nutq segmentlarini aniqlash va ularni mos ravishda guruhlashdir. Biroq, bu jarayon bir qarashda oddiy koʻringani bilan, texnik jihatdan juda murakkab. Bir xil ovoz tembriga ega boʻlgan shaxslarni farqlash yoki bitta odamning turli holatdagi nutq shakllarini (masalan, xotirjam yoki hissiyotli ohangda gapirishi) toʻgʻri ajratish katta qiyinchilik tugʻdiradi. Bundan tashqari, diarization faqatgina spikerlarni ajratish bilan cheklanmay, balki ularning segmentlarini toʻgʻri tartibga solish, har bir spikeriga tegishli nutq qismlarini birlashtirish va audio yozuvning umumiy tuzilishini saqlab qolish kabi muhim vazifalarni ham oʻz ichiga oladi. Shu sababli, samarali speaker diarization tizimi yaratish uchun ilgʻor signallarni qayta ishlash usullari, chuqur oʻrganish modellari va aqlli klasterlash algoritmlaridan foydalanish talab etiladi [4].

Soʻzlovchilarni ajratish sohasida soʻnggi yillarda chuqur oʻrganishga asoslangan yondashuvlar sezilarli taraqqiyotga erishdi. Dastlabki yondashuvlar i-vector asosidagi modellarga tayanib kelgan boʻlsa (Dehak va boshq., 2011)[4], keyinchalik x-vector (Snyder va boshq., 2018)[5] va ECAPA-TDNN kabi yanada barqaror embeddinglar (Bredin va boshq., 2020)[6] keng qoʻllanila boshlandi. Bu modelar shovqinli va koʻp soʻzlovchili muhitlarda yuqori aniqlikni taʼminlab, zamonaviy soʻzlovchilarni ajratish tizimlarining asosiga aylandi. Koʻp mikrofonli va koʻp domenli real hayotiy muhitlarda samarali ishlaydigan tizimlar ustida olib borilgan tadqiqotlar, masalan, CHiME-7 musobaqasi doirasida ishlab chiqilgan NTT tizimi (Tawara va boshq., 2024) EEND (*ing: End-to-End Neural Diarization*) va vektor klasterlashning kombinatsiyasi orqali katta yutuqlarga erishdi[7]. Faol oʻrganishga asoslangan yondashuvlar (Wang, Xue & Li, 2024) annotatsiya xarajatlarini kamaytirishga yordam berib, kam resursli tillar uchun samara berdi[8]. Graph Attention Network asosidagi metodlar (Li va boshq., 2023) esa spikerlar oʻrtasidagi bogʻliqliklarni chuqurroq modellashtirish imkonini berdi[9].

Metodologiya

Umumiy speaker diarization jarayoni bir nechta muhim bosqichlardan iborat boʻlib, har biri tizimning aniqligi va samaradorligini oshirishga xizmat qiladi (1-rasm).



1-rasm. Soʻzlovchilarni ajratish jarayoning umumiy sxemasi

Nutq faolligini aniqlash (ing: Voice Activity Detection – VAD). Diarization jarayonining birinchi bosqichi – audio yozuvdan faqat nutq boʻlgan segmentlarni ajratib olishdir. Ushbu



bosqichning asosiy vazifasi jimlik, fon shovqinlari va boshqa keraksiz qismlarni olib tashlash orqali tizimning samaradorligini oshirishdir[10]. Bu jarayonlarda eng ko'p qo'llaniladigan usullar energy-based VAD hamda deep learning-based VAD bilan birgalikda fitrlash algoritmlaridan ham foydalaniladi. Nutq signallarini nostatsionar signallar bo'lgani uchun oddiy klassik fitrlar yaxshi samara bermasligi mumkin. Shuning uchun bu jarayonda adaptiv fitrlash algoritmlardan foydalanish tizim samaradorligini oshiradi. Jumladan LMS adaptiv fitrlash algoritmi signal fitrlashning SNR, PESQ, STOI hamda speaker diarization tizimlari uchun WER, DER ko'rsatkichlari bo'yicha yaxshi samara ko'rsatgan[11].

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (1)$$

$$w(n+1) = w(n) + \mu e(n)x(n) \quad (2)$$

Bu yerda:

$d(n)$ – maqsadli signal, $y(n)$ – filtr chiqish signali, $e(n)$ – xatolik signali, $w(n)$ – filtrning koeffitsientlari, μ – o'rganish tezligi, $x(n)$ – kirish signali.

Fitrlash natijasida hosil bo'lgan signalda VAD jarayoni amalga oshiriladi. VAD algoritmi nutq segmentlarini aniqlash uchun har bir N uzunlikdagi ramka (frame) bo'yicha signalning energiyasini hisoblaydi.

$$E_n = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (3)$$

$$\theta = \alpha * \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M E_n \quad (4)$$

Bu yerda:

E_n – n -freymdagi energiya, N – freym uzunligi, x_i – signalning i -diskret nuqtadagi signal amplitudasi, M – umumiy freym soni, α – tajriba natijalariga ko'ra tanlangan bosag'a(threshold) koeffitsienti

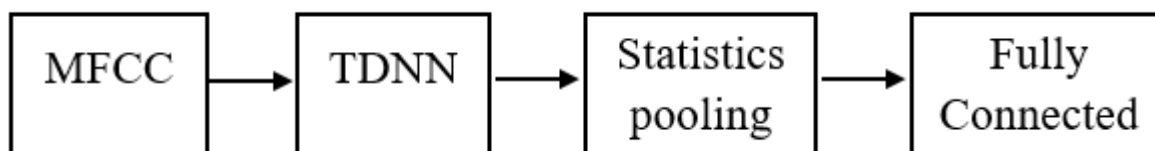
Agar signal energiya chegarasidan (threshold) yuqori bo'lsa, u nutq deb hisoblanadi, aks holda jimlik yoki shovqin deb belgilanadi.

$$S_n = \begin{cases} 1, & E_n > \theta & (\text{Nutq mavjud}) \\ 0, & E_n \leq \theta & (\text{Jimlik yoki shovqin}) \end{cases}$$

Xususiyatlarni ajratib olish (ing: Feature Extraction). Nutq mavjud segmentlari aniqlanganda so'ng, ulardan so'zlovchilarni farqlash uchun muhim akustik xususiyatlar ajratib olinadi. Akustik xususiyatlar nutq signal segmentlaridan ajratib olinadi va uni matematik jihatdan tasvirlash imkonini beradi. Nutq signallariga intellektual ishlov berish sohalarida xususan so'zlovchilarni ajratish jarayonlarida eng ko'p MFCC (*ing: Mel-Frequency Cepstral Coefficient*), Log-Mel (*ing: Log-Mel Spectrogram*), BFCC (*ing: Bark Frequency Cepstral Coefficient*) va boshqa xususiyatlardan foydalaniladi[12].

So'zlovchi xususiyatlar vektorlarini hosil qilish (ing: Speaker Embedding). Bu jarayon so'zlovchining ovozining o'ziga xos xususiyatlarini ifodalovchi past o'lchamli, ixcham tarzda belgilanadigan vektor bo'lib, u uzluksiz va o'zgaruvchan uzunlikdagi nutq signalni doimiy uzunlikdagi latent fazoda tasvirlaydi. Bugungi kunda so'zlovchilarni aniqlash, tekshirish va ularni ajratish jarayonlarida keng qo'llanilmoqda. U bevosita xususiyatlarni ajratib olish jarayonlariga bog'liq bo'lib, shu xususiyatlar asosida so'zlovchining xususiyatlar vektorlarini shakllantiriladi.

Xususiyatlarga ajratish jarayonlarida olingan xususiyatlar koeffitsientlari kamroq farqlovchi ajratish belgilariga ega, soʻzlovchining xususiyatlar vektorlarini hosil qilish esa yuqori aniqlikdagi farqlovchi imkoniyatlarni taqdim etadi[13]. Soʻzlovchining xususiyatlar vektorlarini hosil qilishning eng keng tarqalgan i-vector, d-vector, x-vector va ECAPA-TDNN usullari mavjud. Zamonaviy soʻzlovchilarni ajratish tizimlarida x-vector va ECAPA-TDNN modellaridan foydalaniladi[6,14].



2-rasm. Soʻzlovchi xususiyatlar vektorlarini hosil qilish jarayoni umumiy tuzilishi

X-vectorni hosil qilish jarayoni quyidagi formulaga asoslanadi. Shu orqali xususiyatlar vektori shakllandi va keying jarayon uchun uzatiladi.

$$x_v = f(W * x + b) \quad (5)$$

bu yerda:

W – Neyron tarmoqning oʻrganilgan ogʻirliklari, x – nutq segmentining akustik xususiyatlari(MFCC), b – bias parametrlari, $f()$ – aktivatsiya funksiyasi

ECAPA-TDNN (*ing: Emphasized Channel Attention, Propagation, and Aggregation in TDNN*) bu x-vector modelining takomillashgan versiyasi boʻlib, speaker embedding olishda Transformer darajasidagi natijalarni bera oladi. U Time-Delay Neural Network (TDNN) asosida ishlaydi va turli modifikatsiyalar bilan takomillashgan.

Klasterlash (*ing: Clustering*). Bu jarayonning asosiy maqsadi bir xil soʻzlovchiga tegishli boʻlgan nutq segmentlarini aniqlash hamda ularni soʻzlovchining yorliqlarini bilan belgilashdan iborat. Klasterlash jarayonlarini asosan ikki xil yoʻnalishda yaʼni soʻzlovchilar soni avvalda maʼlum boʻlgan holatda (intervyular, suhbatlar) hamda soʻzlovchilarni soni avvaldan maʼlum boʻlmagan holat uchun amalga oshiriladi. Klasterlash algoritmlari sifatida esa K-means, Spektral klasterlash, AHC (*ing: Agglomerative Hierarchical Clustering*) algoritmlaridan foydalaniladi. AHC algoritmlari eng keng tarqalgan klasterlash usullaridan biri boʻlib, u “pastdan yuqoriga” (bottom-up) tamoyili asosida ishlaydi. Ushbu usulda har bir soʻzlovchi xususiyatlar vektorlari alohida klaster sifatida qabul qilinadi, oʻzaro oʻxshash boʻlgan klasterlar bosqichma-bosqich birlashtiriladi va oldindan belgilangan boʻsagʻa qiymatlari (*ing: threshold*) boʻyicha soʻzlovchilarga ajratiladi. Buning oʻziga xos tomonlari ovoz segmentlari soniga umuman bogʻliq emas. Umumlashtirish jarayonlarida yaxshi samara beradi.

Qoʻshimcha ishlov berish (ing: Post-Processing). Soʻzlovchilarni ajratish jarayonining yakuniy bosqichi boʻlib, natijalarni yaxshilash uchun qoʻshimcha ishlov berish. Bu bosqich quyidagilarni oʻz ichiga oladi:

a. Klasterlarni tozalash (*ing: Cluster Purification*). Tajribalar davomida klasterlash natijalari har doim ham toʻgʻri chiqmasligi mumkin, yaʼni bir soʻzlovchining nutq signallari alohida guruhlariga ajratilib yuborilishi mumkin. Klasterlarni tozalash jarayonida aniq natijalarni olish uchun qayta klasterlash, ishonchli embeddinglarni saqlash amalga oshiriladi.

b. Soʻzlovchilar sonini aniqlash. Juda koʻp hollarda soʻzlovchilarning soni avvaldan maʼlum emas. Bu esa model aniqligiga taʼsir qiladi. Shuning uchun bu bosqichda soʻzlovchilarni aniqlash uchun BIC algoritmlarini ishlatish tavsiya qilinadi.



c. Qo'shma nutqni hal qilish (Handling Overlapping Speech). Bir vaqtning o'zida bir nechta so'zlovchilarning nutqlari ustma-ust tushib qoladi. Bun muammo diarizatsiyani amalga oshirishni murakkablashtirib yuboradi. Bundan muammolarda zamonaviy tizimlar End to end neural diarization(EEND) kabi chuqur o'rganish modellaridan foydalaniladi.

So'zlovchilarni ajratish tizimlarini ishlab chiqish jarayonlarida uning aniqliklarini to'g'ri baholash asosiy jarayonlardan biri hisoblanadi. Bu jarayonda baholash usullari asosida tizimning ishlash samaradorligi aniqlanadi va tizimning parametrlarini tahlil qilinadi. Tahlil qilingan maqolalarda so'zlovchilarni ajratish tizimlarining samaradorligini baholash uchun turli xil usullar qo'llanilgan. Jumladan DER(*ing: Diarization Error Rate*), SER(*ing: Speaker Error Rate*), JI(*ing: Jaccard Index*), NMI(*ing: Normalized Mutual Information*) va boshqalar tizimlarning samaradorligini baholashda keng foydalaniladi[4-8].

DER bu so'zlovchilarni ajratish tizimlarining umumiy xatolik darajasini ko'rsatadigan asosiy metrikalardan biri. DER qanchalik kichik bo'lsa tizim shuncha yaxshi ishlaydi. Shuning uchun tajribalar natijasida olingan DER ko'rsatkichlari solishtiriladi va parametrlari mos ravishda yangilanadi. DER quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi.

$$DER = \frac{FA+MISS+ERROR}{TOTAL} \quad (6)$$

Bu yerda:

FA(false alarm) – noto'g'ri nutq aniqlash, *MISS* – nutq bo'lishiga qaramay aniqlanmagan segmentlar, *ERROR* – noto'g'ri spikerga tegishli segmentlar, *TOTAL* – umumiy audio uzunligi.

Jaccard Index (JI) so'zlovchi ajratish tizimi aniqlagan segmentlar va ground-truth annotatsiyalar o'rtasidagi o'xshashlik darajasini o'lchaydi. JI qiymati 1 ga yaqin bo'lsa, speaker diarization tizimi mukammal ishlaydi.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (7)$$

Bu yerda: A va B - avvalgi hamda keyingi segment annotatsiyalari.

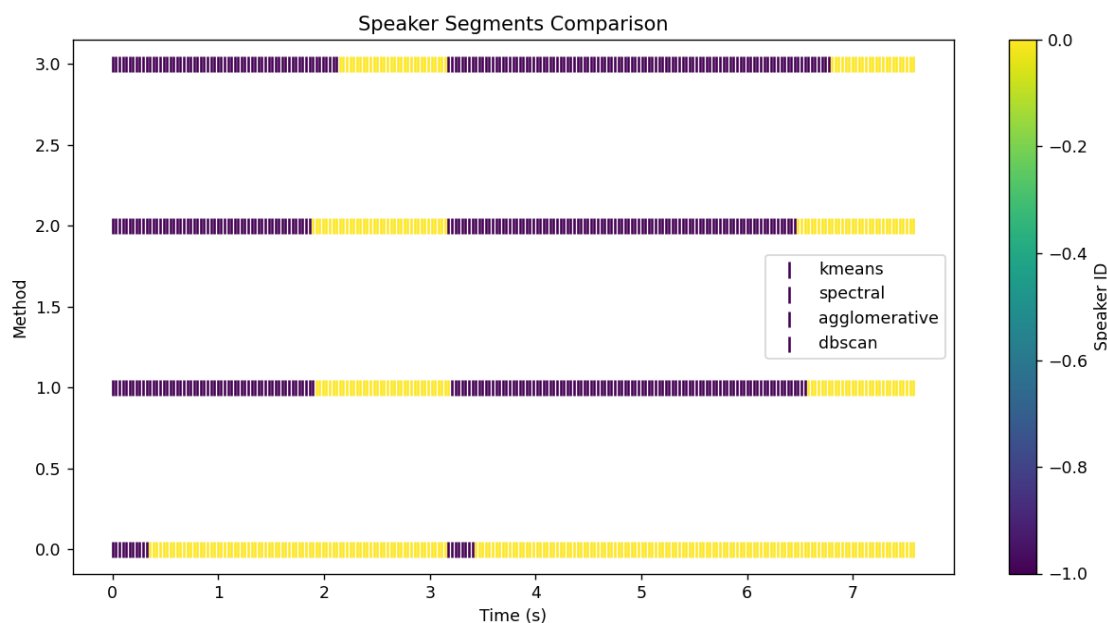
Natijalar

Yuqorida keltirilgan usullar yordamida speaker diarizationni amalga oshiriladi va ularning samaradorliklari baholanadi. Dastlab, audio signalidan MFCC va uning delta qiymatlari olinadi. Ushbu xususiyatlar nutqni spikerga xos jihatlarni saqlab qolgan holda past o'lchamli vektor fazosida ifodalash imkonini beradi. Nutq segmentlari to'rt xil klasterlash usuli orqali tahlil qilinadi: K-means, Spektral Klasterlash, AHC, DBSCAN (*ing: Density-Based Spatial Clustering*). Har bir algoritm uchun natijalar mustaqil hisoblanib, RTTM formatida saqlanadi.

```
SPEAKER audio 1 0.00 0.1 <NA> <NA> 0 <NA>
SPEAKER audio 1 0.10 0.1 <NA> <NA> 0 <NA>
SPEAKER audio 1 0.20 0.1 <NA> <NA> 0 <NA>
SPEAKER audio 1 0.30 0.1 <NA> <NA> 0 <NA>
SPEAKER audio 1 0.40 0.1 <NA> <NA> 1 <NA>
SPEAKER audio 1 0.50 0.1 <NA> <NA> 1 <NA>
SPEAKER audio 1 0.60 0.1 <NA> <NA> 1 <NA>
SPEAKER audio 1 0.70 0.1 <NA> <NA> 1 <NA>
```

3-rasm. Annotatsiya fayllarining tuzilishi

Ishlab chiqilgan tizim bir nechta usullarni qo'llab ularning orasidan samaralirog'ini tanlab olish uchun mo'ljallangan. Mavjud datasetdan foydalanib turli usullarni sinab ko'riladi. Natijalarni grafik ko'rinishida ekranga chiqariladi. Bunda alohida so'zlovchilarning nutq signallari vaqt o'qi bo'yicha nutqlarining ajratilganligini tasvirlanadi. Annotatsiya faylida qaysi so'zlovchining qachon gapirganini ko'rish mumkin. Bitta so'zlovchiga tegishli audiolar tizim so'ngida tahlil qilish uchun birlashtiriladi. Dastlab klasterlash algoritmlarining turli usullari bo'yicha natijalar tahlil qilinadi.



4-rasm. So'zlovchilarni segmentlash jarayonlarida turli klasterlash algoritmlaridan foydalanish

Olingan natijalarga ko'ra xususiyatlarni o'zgartirilganda so'zlovchilarni ajratish masalasida K-means hamda Agglomerativ klasterlash usullari deyarli yaqin natijalar qayd etmoqda. Ma'lumotlar to'plami sifatida dialog ko'rinishida hosil qilingan audio signallar va ularga tegishli annotatsiyalar asosida ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan ma'lumotlar to'plamida 30000 mingdan ortiq kichik suhbatlar bor. Har bir suhbat uzunligi turlicha 3s-20s bo'lib unda 2 tadan 4 tagacha so'zlovchilarning nutq yozuvlari mavjud.

1-jadval. So'zlovchining ajratish jarayonlarining baholash jadvali

Klasterlash usuli	Model	DER	JI
K-means	MFCC,X-vector	25.61	89.14
Spectral		26.65	88.13
Agglomerativ		24.65	90.15
DBSCAN		27.65	87.23
K-means	MFCC+Log Mel+PLP,X-vector	20.48	90.17
Spectral		24.01	89.22



e	Agglomerativ	21.65	92.12
	DBSCAN	24.65	88.53
	K-means	20.01	90.84
	Spectral	23.12	90.02
	Agglomerativ	19.45	92.45
e	DBSCAN	24.01	89.14

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, soʻzlovchilarni ajratish bu audio tahlili va ovoz tanish sohasida muhim rol oʻynaydigan murakkab jarayondir. Ushbu jarayon avvalo VAD modeli yordamida audioni alohida nutq segmentlariga ajratishdan boshlanadi. Segmentatsiyadan soʻng har bir segment uchun oʻziga xos soʻzlovchilarni xususiyatlar vektorlari ajratib olinadi, bu esa har bir soʻzlovchining ovozigacha xos xususiyatlarni ifodalaydi. Keyin spektral klasterlash orqali ushbu segmentlar oʻzaro oʻxshashlik darajasiga qarab guruhlanadi, shu tariqa individual soʻzlovchilar aniqlanadi. Soʻzlovchilarni ajratish tizimini aniq baholash uchun u yerda mavjud boʻlgan maʼlumotlar toʻplami bilan taqqoslanadi, odatda bu baholash DER kabi metrikalar yordamida amalga oshiriladi. DER ning pastroq qiymati ajratish jarayonining aniqroq ekanligini bildiradi. Ushbu jarayon turli sohalarda, masalan, matnli transkripsiya xizmatlari yoki ovoz bilan boshqariladigan yordamchilarda qoʻllaniladi, chunki spikerlarni ajratish va tanish juda muhimdir. Soʻzlovchilarni ajratish boʻyicha olib borilayotgan uzluksiz tadqiqot va rivojlanishlar ushbu texnologiyaning imkoniyatlarini kengaytirib, zamonaviy ovozga asoslangan tizimlarning ajralmas qismiga aylantirmoqda.

Olib borilgan tadqiqot ishida eng past DER (19.45) va eng yuqori JI (92.45) natijalari MFCC+Log Mel va ECAPA-TDNN kombinatsiyasida AHC usuli ishlatilganda kuzatildi. Bu shuni anglatadiki, ECAPA-TDNN modeli kengroq akustik xususiyatlarni hisobga olib, optimal soʻzlovchi xususiyat vektorlarini hosil qilishda samarali ishlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. K. Shukurov, T. Boburkhon and U. Khasanov, "Implementation of speech processing algorithms based on Singular Value Decomposition and Hidden Markov Model," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 01-03, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670357.
2. S. Kamoliddin Elbobu ugli, K. Shokhruxmirzo Imomali ugli and K. Umidjon Komiljon ugli, "Uzbek speech commands recognition and implementation based on HMM," 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Tashkent, Uzbekistan, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/AICT50176.2020.9368591.

3. Shukurov, Kamoliddin. "Analysis of algorithms and implementation of real time speaker identification system." *Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies* 4.4 (2021): 2.
4. Dehak, N., Kenny, P. J., Dehak, R., Dumouchel, P., & Ouellet, P. (2011). Front-end factor analysis for speaker verification. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 19(4), 788-798. <https://doi.org/10.1109/TASL.2010.2064307>
5. Snyder, D., Garcia-Romero, D., Sell, G., Povey, D., & Khudanpur, S. (2018). X-vectors: Robust DNN embeddings for speaker recognition. *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, 5329-5333. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2018.8461375>
6. Bredin, H., Yin, R., Coria, J. M., Gelly, G., Korshunov, P., Lavechin, M., Fustes, D., Titeux, H., Bouaziz, W., & Gill, M.-P. (2020). Pyannote.audio: Neural building blocks for speaker diarization. *ICASSP 2020 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 7124-7128. <https://doi.org/10.1109/ICASSP40776.2020.9052942>
7. Tawara, N., Delcroix, M., Ando, A., & Ogawa, A. (2024). NTT speaker diarization system for CHiME-7: Multi-domain, multi-microphone end-to-end and vector clustering diarization. *ICASSP 2024 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. <https://doi.org/10.1109/ICASSP48485.2024.10447817>
8. Wang, Y., Xue, K., & Li, P. (2024). Active learning based constrained clustering for speaker diarization. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*.
9. Li, H., Ma, X., & Liu, Y. (2023). Clustering driven multi-hop graph attention network for speaker diarization. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*.
10. K. Shukurov, U. Xasanov (2025). Faol nutq segmentlarini aniqlash: VAD texnologiyalari tahlili. "Kompyuter lingvistikasi: muammo va yechimlar" mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy-amaliy konferensiya.
11. K. Shukurov, U. Berdanov, U. Khasanov, S. Kholdorov and B. Turaev, "The role of adaptive filters in the recognition of speech commands," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670084.
12. K.E. SHukurov, U.K. Xasanov, Sh.A. Javliyev (2024). Nutq signallarini xususiyatlarini ajratib olishda parallel qayta ishlashning ahamiyati. "Scientific foundations of raising the use of information technologies to a new level and modern problems of automation" III – international scientific conference. November 20, 2024.
13. Zhang, C., Wang, Q., & Zhang, Y. (2024). A cluster purification algorithm for speaker diarization system. *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*.
14. Garcia-Romero, D., Villalba, J., & Povey, D. (2023). Analysis of clustering algorithms for speaker diarization using LSTM. *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*.
15. Kunešová, M., Meignier, S., & Barras, C. (2022). End-to-end speaker diarization as post-processing. *Interspeech 2022*, 4821-4825.



16. Wang, Q., Downey, C., Wan, L., Mansfield, P., & Moreno, I. L. (2018). Speaker diarization with LSTM. Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 5239-5243. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2018.8461714>

O‘ZBEK MATNLARI SENTIMENT TAHLIL TIZIMI: ARXITEKTURA VA LOYIHALASH

Botir Elov; Abdulla Abdullayev

Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent. ToshDO‘TAU

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zbek tilidagi matnlarni avtomatik sentiment tahlil qilishga mo‘ljallangan axborot tizimining arxitekturasi va uning komponentlarini loyihalash bosqichlari tahlil qilinadi. Tizim uch qavatli model (frontend, backend, ma’lumotlar bazasi) asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, Flask asosidagi REST API orqali foydalanuvchi interfeysi bilan integratsiyalashgan. Backend qismida transformer modellariga asoslangan chuqur o‘rganish algoritmlari (masalan, XLM-RoBERTa) orqali sentiment klassifikatsiyasi amalga oshiriladi. Ma’lumotlar bazasi sifatida SQLServer tanlangan bo‘lib, tizim docker konteyner orqali joylashtirilgan. Shuningdek, maqolada tizimning UML diagrammalari, modul tuzilmasi, ishlov berish oqimi va foydalanuvchi interfeysi dizayni yoritilgan. Ilmiy va amaliy natijalar asosida ishlab chiqilgan arxitektura real vaqtli tahlil uchun barqaror va masshtablanuvchan yechim sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar: sentiment tahlil, tizim arxitekturasi, REST API, Flask, React, SQLServer, Transformer modeli, SDLC, Docker, XLM-RoBERTa, UML.

Kirish

Hozirgi raqamli davrda matnlardagi fikr-mulohazalarni avtomatik ravishda tahlil qilish (sentiment tahlil) – axborot texnologiyalari va sun‘iy intellekt sohalarning muhim yo‘nalishiga aylandi. Sentiment tahlil yordamida foydalanuvchilarning matnlarda ifodalagan kayfiyati va munosabatini (ijobiy, salbiy yoki betaraf) aniqlash imkoniyati paydo bo‘lib, bu turli sohalarda, ijtimoiy tarmoqlar tahlilidan tortib, mijozlar fikrlarini o‘rganish va hatto siyosiy kayfiyatni bashoratlashgacha keng qo‘llanmoqda. So‘nggi yillarda sun‘iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarining jadal rivojlanishi natijasida sentiment tahlil texnologiyasi yanada takomillashib, ko‘plab tillar uchun yuqori samaradorlikka erishilmoqda. Biroq, o‘zbek tilidagi matnlarni avtomatik baholash masalasi hali to‘liq yechimini topmagan va dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda. O‘zbek tilining boy morfologik qurilishi, so‘z yasallashining affiksallik tabiati va gap tuzilishidagi o‘ziga xosliklar sentiment tahlilni qiyinlashtiradi. Masalan, bir so‘zning turli grammatik shakllari va ma’nodagi o‘zgarishlari uning hissiy bo‘yoqini aniqlashni murakkablashtiradi. Natijada, jahon miqyosida keng qo‘llanilayotgan ba’zi metodlar o‘zbek tilida kutilgan darajada samarali natija bermasligi mumkin.

Shunga qaramay, o‘zbek tili uchun ham sentiment tahlil sohasida dastlabki ilmiy izlanishlar boshlangan. Xususan, ayrim tadqiqotlarda ijtimoiy tarmoqlar va sharhlar korpusi yig‘ilib, mashinali o‘qitish modellari yordamida yuqori aniqlikka erishilganligi xabar berilgan [1]. Bu yutuqlar o‘zbek tilida sentiment tahlil usullarini qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq, mavjud ishlanmalar asosan algoritmik yechimlar va dastlabki prototiplar darajasida bo‘lib, to‘liq funksional axborot tizimi shaklida joriy etilmagan. Hali o‘zbek tilida sentiment tahlilini amalga oshiruvchi, foydalanuvchiga qulay interfeysga ega va yuqori samarali komponentlardan tashkil topgan integrallashgan tizimlar kam uchraydi.



Ushbu maqolada aynan o‘zbek matnlari uchun sentiment tahlil axborot tizimini ishlab chiqishga e‘tibor qaratiladi. Tadqiqotning maqsadi – o‘zbek tilidagi matnlardan foydalanuvchi fikrlarini avtomatik tahlil qilib, ularning hissiy rangini aniqlovchi tizim arxitekturasini loyihalash va prototipini yaratishdir. Tizimni loyihalashda uning ko‘p moduldan iborat arxitekturasini, ma‘lumotlar oqimini boshqaruvchi biznes jarayonlar modeli, dasturiy ta‘minot kod tuzilmasi hamda foydalanuvchi uchun qulay interfeys elementlarini puxta o‘ylash talab etiladi. Maqolada aynan shu jihatlar tizimning umumiy arxitekturasini va qatlamlari, UML kabi modellashtirish vositasi yordamida loyihalash metodologiyasi, dasturiy yechimlar tanlovi, ishlab chiqish bosqichlari va yakuniy foydalanuvchi interfeysi ilmiy asosda yoritib beriladi. O‘zbekistonda bunday tizimni yaratish masalasi dolzarb bo‘lib, u milliy axborot resurslaridan samarali foydalanish, davlat va jamiyat ehtiyojlariga moslashtirilgan til texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar sharhi

Dunyo miqyosida sentiment tahlil tizimlarining arxitekturasini odatda ko‘p qatlamli va modular tuzilishga ega bo‘lib, u bosqichma-bosqich matnni qayta ishlash jarayonini aks ettiradi. Ilmiy manbalarda sentiment tahlil tizimlari odatda ma‘lumotni kiritish, matnni oldindan qayta ishlash, klassifikatsiya (model) va natijalarni chiqish kabi asosiy komponentlardan tashkil topishi ta‘kidlangan [2]. Xususan, Zamoto kabi restoran sharhlarida sentiment tahlil qilish bo‘yicha yaratilgan integrallashgan tizim misolida ikki asosiy qatlamli arxitektura taklif qilingan: birinchisi, matnlarni tahlil qiluvchi NLP pipeline (oldindan qayta ishlash – tokenizatsiya, tozalash, vektorlashtirish va klassifikatsiya); ikkinchisi esa foydalanuvchilar bilan o‘zaro aloqada bo‘ladigan veb-ilova qatlami. Bunday yondashuvda tahlil qilish moduli alohida komponent sifatida offline tarzda ishlaydi va o‘z natijalarini saqlaydi, veb-qism esa ushbu natijalarni foydalanuvchiga taqdim etadi va real vaqt rejimida yangi kiritilayotgan matnlarni ham yengil tahlil qilish imkonini beradi. Bunday modullik tamoyili tizimni kengaytirish va yangilashni yengillashtiradi va kelgusida matn hajmi oshsa yoki klassifikatsiya usullarini chuqur o‘rganishga (deep learning) almashtirish zarurati tug‘ilsa, arxitektura shunga mos holda o‘zgartirilishi mumkin.

O‘zbekistonda ham axborot tizimlarini loyihalashda shunga o‘xshash arxitektura tamoyillariga rioya etilgan ishlar mavjud. Masalan, o‘zbek tilida gaplar semantik tahliliga doir yaratilgan tizim Django veb-frameworki asosida **MVT (Model-View-Template)** arxitekturasida ishlab chiqilgan [3,4]. Tadqiqotchilar dastlab tizim uchun konseptual model va biznes jarayonlarini ishlab chiqqan holda, keyinchalik Django platformasi imkoniyatlaridan foydalangan holda, ma‘lumotlar **modeli (Model)**, **amalga oshirish qismi (View)** va **taqdimot qatlami (Template)**ni ajratgan holda dasturiy realizatsiyani amalga oshirishgan [5]. Natijada yaratilgan prototip tizim polifunksional so‘zlarni aniqlash masalasini hal qilishga mo‘ljallangan bo‘lsa-da, uning arxitekturaviy yechimi boshqa sentiment tahlil tizimlariga ham o‘xshash tarzda ko‘p qatlamli tuzilgan. Umuman, tajriba shuni ko‘rsatadiki, **uch qavatli arxitektura** (ma‘lumotlar bazasi, biznes mantiq va prezentatsiya qatlamlari) yoki maxsus holatlarda ikki asosiy modulga bo‘lingan arxitektura (tahlil moduli + interfeys moduli) sentiment tahlil tizimlarida samarali qo‘llanishi mumkin [6]. Bu modulli yondashuv yangi funksiyalar qo‘shish, algoritmlarni takomillashtirish yoki tizimni kengaytirishda katta qulaylik yaratadi.

Keng ko‘lamli dasturiy tizimlarni ishlab chiqishda Unified Modeling Language (UML) va Business Process Model and Notation (BPMN) kabi standartlashtirilgan modellashtirish

vositalaridan foydalanish jahon tajribasida keng tarqalgan. UML dasturiy ta'minot arxitekturasi va komponentlari o'rtasidagi munosabatlarni grafik shaklda tasvirlashga xizmat qilsa, BPMN biznes jarayonlarning oqimlarini tartibli ravishda aks ettiradi. Sentiment tahlil axborot tizimi singari murakkab tuzilishga ega loyihalarni bosqichma-bosqich loyihalashda ushbu vositalar katta yordam beradi [7]. Xususan, UML ning *use-case diagrammalari*, *klass diagrammalari* va *faoliyat diagrammalari* tizim qanday ishlashini, foydalanuvchi va dastur o'rtasidagi aloqalarni va dasturiy modul va sinflarning tarkibini ko'rsatib beradi. BPMN esa foydalanuvchi so'rovini qayta ishlashdan boshlab natijani taqdim etishgacha bo'lgan ish jarayonini ketma-ket bosqichlar sifatida ifodalaydi.

Ilmiy adabiyotlarda o'zbek tilidagi matnlarni tahlil qiluvchi tizimlar loyihasida aynan BPMN modellashtirishidan foydalanilgan misollar ham uchraydi. Masalan, polifunksional so'zlarni aniqlashga doir yaratilgan axborot tizimi loyihasida tadqiqotchilar tizimning har bir funksional jarayonini tahlil qilib, ularni BPMN notatsiyasida alohida biznes jarayon modellari shaklida ifodalashgan. Natijada, tizimda yuz beruvchi jarayonlar (masalan, matnni kiritish, uni qismlarga ajratish, so'z turkumini aniqlash, natijani bazaga saqlash va hokazo) alohida sxemalar ko'rinishida tasvirlanib, ularni oson tushunish va tahlil qilish imkoni yaratilgan [8]. Bundan tashqari, loyihalash jarayonida BPMN diagrammalari orqali turli modullar o'rtasidagi o'zaro aloqa va ma'lumotlar oqimi aniq belgilab olinganligi kelgusida dasturlash bosqichida xatoliklarni kamaytirishga xizmat qilgan [9]. Xulosa qilib aytganda, UML va BPMN metodologiyalari sentiment tahlil tizimini loyihalashda ham muhim yordamchi vositalar bo'lib, ular yordamida tizimning konseptual tuzilmasini boshidanoq to'g'ri rejalashtirish va manfaatdor tomonlar (dasturchilar, buyurtmachilar) bilan samarali aloqa o'rnatish mumkin.

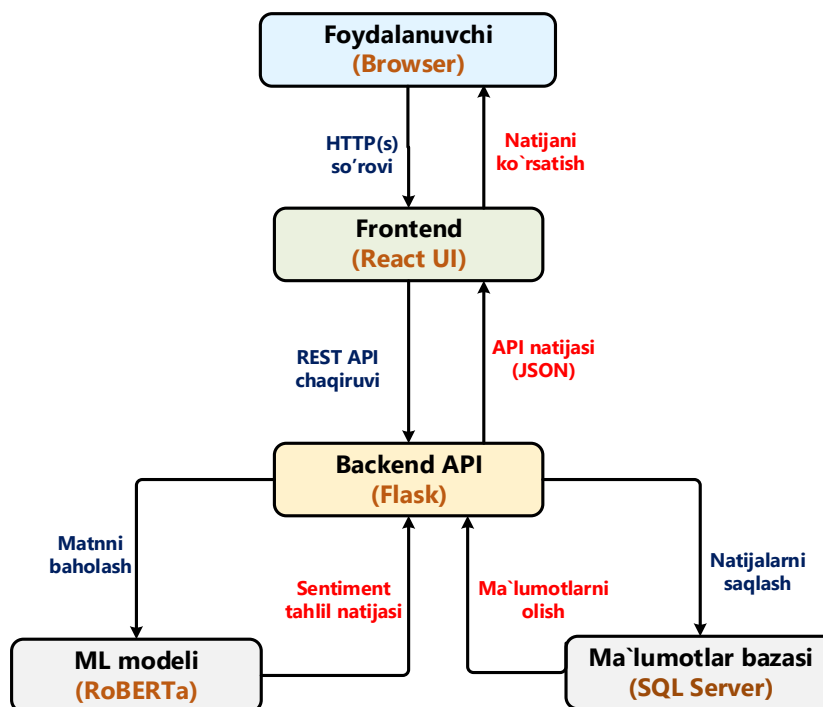
Tizim arxitekturasi (modul va qatlamlar)

Tizimning umumiy arxitekturasi uch qavatli modelga asoslanadi: **tashqi (frontend) qatlami**, **ilova (backend) qatlami** va **ma'lumotlar qatlami** [10]. Frontend qatlami foydalanuvchi uchun grafik interfeys (React asosida veb-ilova)ni ta'minlaydi va brauzerda ishlaydi. Backend qatlami esa Flask yordamida yaratilgan REST API xizmatidan iborat bo'lib, biznes mantiqini bajaradi va foydalanuvchidan kelgan so'rovlarni qayta ishlaydi [11]. Ma'lumotlar qatlami sifatida SQLServer2022 ma'lumotlar bazasi qo'llanilib, tahlil qilingan matnlar va ularning natijalari shu yerda saqlanadi. Shu qatlamlar o'rtasida integratsiya xizmati (ichki API so'rovlar yoki xabarlar tizimi) orqali o'zaro ma'lumot almashinuvi yo'lga qo'yiladi. ML modeli alohida modul sifatida backend ichiga kiritilgan bo'lib, matnlarni baholash uchun chaqiriladi. Bunday arxitekturaviy ajratish tizimning har bir qatlami mustaqil ishlab chiqilishi va kerak bo'lsa alohida o'lchamda masshtablanishini ta'minlaydi [12]. Frontend va backend o'rtasidagi aloqalar HTTP(s) protokoli orqali JSON formatdagi so'rovlar va javoblar shaklida tashkil etiladi. Quyidagi 1-rasmda o'zbek matnlari sentiment tahlil tizim komponentlari va ularning o'zaro aloqasi aks etgan arxitektura keltirilgan.

Bu arxitekturada foydalanuvchi brauzer orqali tizimga murojaat qiladi va frontend komponenti orqali matnlarni kiritadi. Frontend UI komponenti kiritilgan ma'lumotni REST API orqali backend serveriga uzatadi. Backend esa kelgan so'rovni qabul qilib, avvalo **matnni oldindan tayyorlash (preprocessing)** moduliga yuboradi va bu modul matndagi *keraksiz belgilarni tozalash*, *normalizatsiya* va *tokenizatsiya* kabi ishlarni bajaradi. Tozalangan matn so'ng ML modeliga beriladi, u matnning sentymentini aniqlaydi. Natijada hosil bo'lgan ijobiy, salbiy yoki neytral baho qiymati backend tomonidan qayta ishlanadi va ma'lumotlar bazasida natijalar saqlanadi.



Integratsiya xizmati agar tizim boshqa tashqi servislar (masalan, ijtimoiy tarmoqlardan ma'lumot olish yoki messenjer botiga ulanish) bilan bog'lanishi zarur bo'lsa, buni amalga oshiradi. Matnlarni Twitter API orqali yig'ish moduli yoki natijalarni chat-bot orqali yuborish xizmati shunday integratsion komponent sifatida qo'shilishi mumkin. Yakunda backend olingan sentiment natijasini frontendga JSON javob ko'rinishida qaytaradi. Frontend esa foydalanuvchiga natijani qulay ko'rinishda, matnning umumiy sentiment va ehtimoliy baholari bilan ekranga chiqaradi.



1-rasm. O'zbek matnlari sentiment tahlil tizim arxitekturasi.

Tizimni loyihalash jarayonida Unified Modeling Language (UML) vositalari yordamida uning tarkibi va xatti-harakatlari modellashtiriladi. UML – bu dasturiy tizimlar arxitekturasini vizuallashtirish, belgilash, qurish va hujjatlashtirish uchun xizmat qiluvchi standartarashgan grafik modellashtirish tili hisoblanadi. Ushbu tizim uchun bir nechta asosiy diagrammalar tuziladi:

- 1) Foydalanish holatlari diagrammasi (Use Case diagram);
- 2) Oqim diagrammasi (Flowchart yoki Activity diagram);
- 3) Komponentlar diagrammasi (Component diagram).

Foydalanish holatlari diagrammasi tizimdan foydalanuvchi va tizimning o'zaro aloqalarini ssenariy shaklida aks ettiradi. Masalan, foydalanuvchi uchun “Matn kiritish”, “Tahlil natijasini ko'rish” kabi use-case'lar shakllantirilib, ular ushbu diagrammada foydalanuvchi aktori va tegishli use-case oval shakllari bilan ko'rsatiladi. Use-case diagramma foydalanuvchining tizim orqali bajarishi mumkin bo'lgan barcha asosiy funksional holatlarni umumiy ko'rinishda beradi.

Aktivlik (oqim) diagrammasi esa sentiment tahlil jarayonining bosqichma-bosqich oqimini ifodalaydi. Bunda ma'lumot oqimi va amallar ketma-ketligi bloklar va o'qlar yordamida chizilib, masalan: “**Matni yuklash → Oldindan qayta ishlash → ML modelda baholash → Natijani chiqarish**” kabi ketma-ketlik shaklida tasvirlanadi. Oqim diagrammasi bosqichlar orasidagi shartlar va tarmoqlanishlarni ham ko'rsatib, tizimning ichki ishlash jarayonini yaxlit tushunishga yordam beradi.

Ma'lumotlar oqimi diagrammasi vositasida matnlar qanday manbadan olinishi, qanday qayta ishlanib, natijalar qayerga yuborilishi ketma-ketlikda tasvirlanadi: **“Foydalanuvchi sharhini yig‘ish → Polaritetini aniqlash → Natijani bazaga yozish → Vizualizatsiya”** oqimi. Tadqiqotlarda keltirilishicha, bunday diagramma sentiment tahlil jarayonining bosqichlarini aniq tushunishga yordam beradi.

Komponentlar diagrammasi tizimning moddiy tuzilishini, ya'ni dasturiy modullar va ularning bog‘lanishlarini ko‘rsatadi. Bizning holatda komponentlar diagrammasida quyidagilar bo‘ladi: **Foydalanuvchi interfeysi moduli (frontend), REST API moduli (backend), ML model moduli, ma'lumotlar bazasi va Integratsiya xizmati**. Ushbu diagrammada har bir modul alohida blok bilan ifodalanib, ular orasidagi bog‘lanishlar **frontend → backend, backend → ML model, backend → MB** o‘qlar bilan ko‘rsatiladi. Komponentlar diagrammasi tizim arxitekturasi haqida yuqori darajadagi tasavvur berib, dasturiy ta'minot qismlari qanday tashkil etilganini hujjatlashtiradi.

O‘zbek matnlari sentiment tahlil tizimi ishlab chiqish bosqichlari

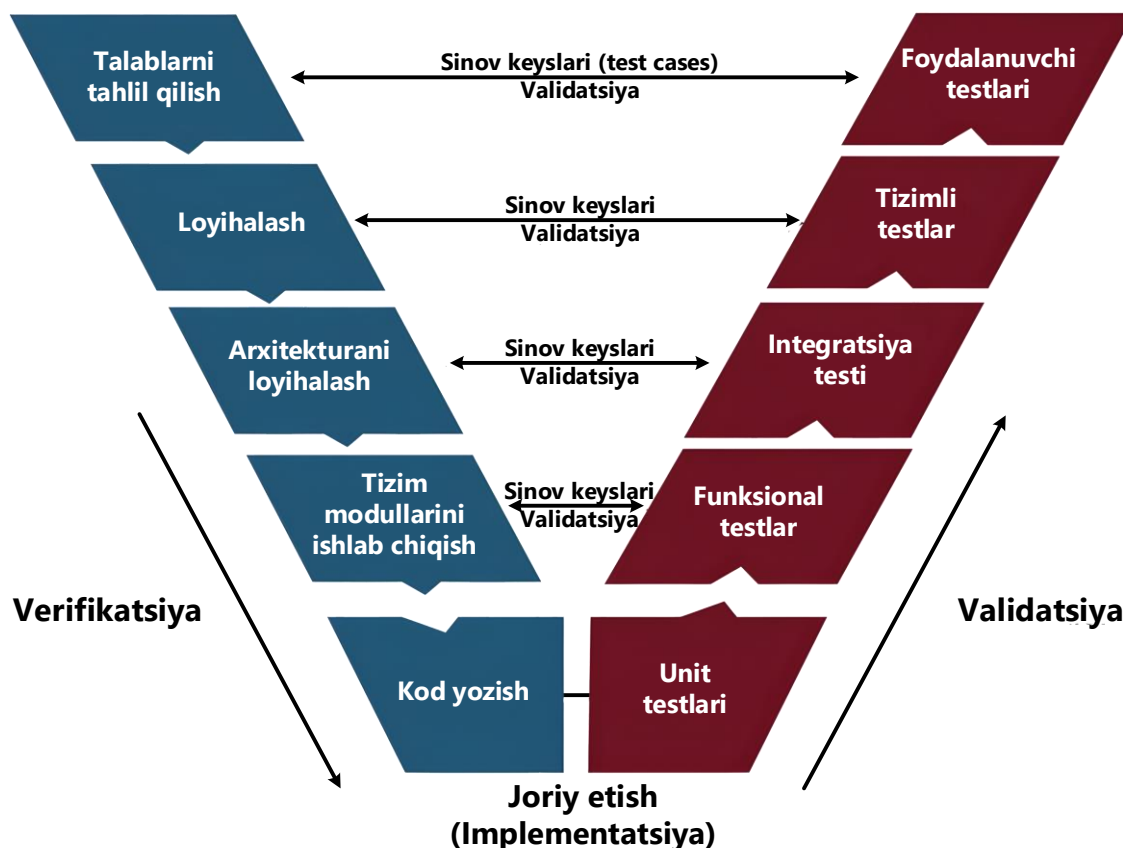
Dasturiy ta'minotni ishlab chiqishning hayotiy sikli (**Software Development Life Cycle, SDLC**) – bu dasturiy mahsulotni konsepsiyadan to‘liq ishga tushirishgacha bo‘lgan bosqichma-bosqich rivojlantirish jarayonidir. SDLC dasturiy ta'minot sifati va ishlab chiqish samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lib, u orqali loyiha bosqichlari aniq belgilab chiqiladi. Natijada, yuqori sifatli va foydalanuvchi talablariga javob beruvchi mahsulotni belgilangan muddat va byudjet doirasida yaratish imkoniyati ortadi. SDLC, xuddi binoni qurishdagi me'moriy reja singari, dasturiy loyihani oldindan puxta rejalash va boshqarish imkonini beradi. Bu jarayon axborot tizimlari, tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) kabi murakkab loyihalarda ayniqsa muhim. NLP tizimini ishlab chiqishda dastlab til korpusini tayyorlash va talablarni aniqlash, keyin esa model arxitekturasi loyihalash va bosqichma-bosqich sinovdan o‘tkazish zarur bo‘ladi. SDLC 7 asosiy bosqichdan iborat:

- 1) Rejalashtirish (Planning)
- 2) Talablarni tahlil qilish (Analysis)
- 3) Loyihalash (Design)
- 4) Dasturlash (Development)
- 5) Sinovdan o‘tkazish (Testing)
- 6) Joriy etish (Deployment)
- 7) Texnik **qo‘llab-quvvatlash (Maintenance)**

Quyida ushbu bosqichlarning mazmun-mohiyati va ularning axborot tizimlarini yaratishdagi o‘rni bosqichma-bosqich tahlil qilinadi.

Akademik nuqtai nazardan, SDLC – bu tizimli metodologiya bo‘lib, har bir bosqichda bajariladigan jarayonlar va yaratiladigan hujjatlar jamlanmasini o‘z ichiga oladi.

Har qanday axborot tizimi kabi, sentiment tahlil tizimini yaratish ham bir necha bosqichli jarayondan iborat bo‘lib, har bosqichda turli vazifalar hal etiladi. Jahon amaliyotida keng qo‘llaniladigan dasturiy ta'minotni ishlab chiqish hayotiy davri modeliga ko‘ra, tizim yaratish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlarni o‘z ichiga oladi:



2-rasm. O‘zbek matnlari sentiment tahlil tizimi ishlab chiqish bosqichlari

1. Rejalashtirish bosqichi. Rejalashtirish – SDLC ning birinchi va eng muhim bosqichi bo‘lib, loyiha muvaffaqiyatining poydevorini yaratadi. Ushbu bosqichda bajariladigan asosiy ishlar:

- **Muammoni aniqlash va maqsadni belgilash:** Dasturiy ta’minot yechmoqchi bo‘lgan asosiy muammo va undan kutilayotgan foyda aniqlanadi. Sentiment tahlil tizimi yaratishdan maqsad – matnlardagi sentiment hissiyot skori (bahosi)ni aniqlash.

- **Loyiha doirasini va cheklovlarini belgilash:** Kelajakdagi dasturiy ta’minotning funksional imkoniyatlari, ko‘lam (scope) va chegaralari belgilanadi. Bu jarayonda loyiha hajmi va murakkabligi baholanadi.

- **Texnik va iqtisodiy imkoniyatlarni o‘rganish (feasibility study):** Loyihani amalga oshirish uchun zarur texnologiyalar va resurslar, dasturchilar jamoasi tajribasi va byudjet taxminan baholanadi. Shuningdek, loyiha oldidagi xavf-xatarlar (risklar) ro‘yxati tuziladi va ularning ehtimoli hamda ta’siri tahlil qilinadi.

- **Ish rejasi va jadval tuzish:** Loyiha bosqichlari bo‘yicha ish reja (projekt rejasi) hamda taxminiy muddatlar grafigi tuziladi. Unda muhim bosqichiy vazifalar va milestonelar belgilanadi. Bu reja loyiha davomida bajarilayotgan ishlarni nazorat qilish imkonini beradi.

Rejalashtirish bosqichining yakuniy natijasi sifatida odatda **loyiha konsepsiyasi (Project Charter)** va **Dasturiy talablarni aniqlash hujjati (Software Requirement Specification, SRS)** ishlab chiqiladi. Shu bilan birga dastlabki iqtisodiy modellashtirish amalga oshiriladi. COCOMO

(Constructive Cost Model) modeli yordamida dastur hajmi va kod qatorlari soniga qarab mehnat hajmi (Effort E) baholanadi. Bunday hisob-kitoblar rejalashtirish bosqichida loyiha narxi va davomiyligini prognoz qilish, byudjet ajratish hamda resurslarni rejalashtirishda qo‘l keladi.

2. Talablarni tahlil qilish bosqichi. Talablarni yig‘ish va tahlil qilish – dasturiy mahsulotdan foydalanuvchilar va buyurtmachi kutayotgan funksional va funksional bo‘lmagan talablarni aniqlash bosqichidir. Bu bosqichda, sentiment tahlil tizimi qaysi turdagi matnlar bilan ishlashi, til modeli qamrovi, natijalarni ko‘rinish shakli kabi jihatlar belgilanadi. Ushbu bosqichda loyiha jamoasi quyidagilarni amalga oshiradi:

– **Manfaatdor tomonlar bilan muloqot:** Tizimdan foydalanuvchilari, buyurtmachilar, tizim analitiklari va boshqa manfaatdor shaxslar (stakeholders) bilan intervyu, so‘rovnomalar va fokus-guruhlar orqali aloqa o‘rnatiladi. Masalan, NLP asosida ishlovchi matnni tahlil qilish tizimi yaratayotgan bo‘lsak, lingvist-mutaxassislar va potensial foydalanuvchilarning istaklari o‘rganiladi.

– **Talablarni hujjatlashtirish:** Olingan barcha ehtiyoj va istaklar tahlil qilinib, zarur va ikkinchi darajali funksiyalar ajratiladi. Bu jarayonda “zarur” (*must-have*) va “yaxshi bo‘lardi” (*nice-to-have*) funksiyalar farqlanadi. Foydalanuvchi talablarining to‘liq ro‘yxati va ularning ustuvorlik darajasi aniqlanadi.

– **Talablar spetsifikatsiyasi (SRS)ni tuzish:** Barcha yig‘ilgan talablar asosida Talablar spetsifikatsiyasi hujjati ishlab chiqiladi. Ushbu hujjatda dasturiy ta‘minotning maqsadi, vazifalari, funksional imkoniyatlari, ishlash unumdorligi, xavfsizlik talableri, interfeys talablarigacha batafsil bayon etiladi. Talablar hujjati loyiha jamoasi uchun kelgusida yo‘l xaritasi bo‘lib xizmat qiladi va loyiha miqyosini aniq belgilaydi.

– **Talablarni verifikatsiya va tasdiqlash:** Yozib chiqilgan talablar buyurtmachi va foydalanuvchilar tomonidan qayta ko‘rib chiqilib, tasdiqlanadi. Bu bosqich talablarning to‘liq va to‘g‘ri tushunilganini tekshirish uchun muhim, aks holda keyingi bosqichlarda noaniqliklar yuzaga kelishi mumkin.

Talablarni tahlil qilish bosqichining muvaffaqiyati butun loyiha muvaffaqiyatini belgilaydi. To‘g‘ri va aniq aniqlangan talablar natijasida yaratilgan dasturiy mahsulot foydalanuvchilarning ehtiyojlarini qondiradi yoki hatto ularning kutilmalaridan oshadi. Aksincha, noto‘g‘ri yoki noaniq talablar loyiha davomida jiddiy muammolarga va qayta ishlashga olib kelishi mumkin. Shu sababli, bu bosqichda manbalarga boy tahlil va muvofiqlashtirilgan muloqot katta ahamiyatga ega.

3. Loyihalash bosqichi. Loyihalash bosqichida dasturiy tizimning umumiy tuzilishi va yechimning “*qurilishi*” rejalashtiriladi. Agar talablar bosqichida nima qilish kerakligi belgilangan bo‘lsa, loyihalash bosqichida qanday qilish kerakligi aniqlashtiriladi. Belgilangan talablar asosida tizimning arxitekturasi, ma‘lumotlar bazasi strukturalari, modullar va ularning o‘zaro aloqasi loyihalashtiriladi. Bu bosqichda yuqorida ta‘kidlanganidek UML diagrammalari, konseptual sxemalar tuziladi va kelajakdagi dasturiy strukturaning “*qurilishi*” rejalashtiriladi. Bu bosqichda quyidagi masalalar hal etiladi:

– **Arxitektura tuzilmasi:** Tizimning yuqori darajadagi arxitekturasi tuziladi. Tizimning asosiy komponentlar (modullar)i va ularning o‘zaro aloqasi aniqlanadi. Masalan, veb-ilova uchun “*mijoz-server*” arxitekturasi yoki NLP tizimi uchun modullar (matnni oldindan ishlov berish moduli, ML modeli, foydalanuvchi interfeysi va h.k.) o‘rtasidagi bog‘liqliklar chizib chiqiladi.

– **Ma‘lumotlar bazasi va ma‘lumotlar modeli tuzilmasi:** Sentiment tahlil tizimi ma‘lumotlar tuzilmasi va obyektlar o‘rtasidagi bog‘lanishlar (ER-diagramma) loyihalashtiriladi. Bu



yerda muhim ma'lumot obyektlari va ularning atributlari, o'zaro munosabatlari ko'rsatiladi. Shuningdek, ma'lumotlar oqimi diagrammalari (DFD) tuzilib, tizim ichida ma'lumotlar qanday oqib o'tishi tasvirlanadi.

– **Interfeys dizayni va foydalanish qulayligi (UX/UI):** Foydalanuvchi interfeysi elementlari, navigatsiya sxemalari, dasturiy ta'minotning ko'rinishi va funksional imkoniyatlarining foydalanuvchi uchun qulayligi rejalashtiriladi. Masalan, veb-ilovaning sahifalari uchun *wireframe* va *mockuplar* chiziladi, NLP tizimi uchun esa foydalanuvchidan matn kiritish va natijani ko'rsatish jarayonining soddaligi ta'minlanadi.

– **Texnik yechimlar va integratsiya nuqtalarini aniqlash:** Tizim qaysi dasturlash tilida yozilishi, qanday kutubxona va freymvorklardan foydalanilishi, agar mavjud tizimlar bilan integratsiya qilinishi lozim bo'lsa, bunday bog'lanish nuqtalari aniqlanadi. Masalan, kompyuter lingvistikasi tizimida mavjud til resurslari (lug'atlar, korpuslar) bilan ishlash uchun tegishli API'lar belgilanadi.

Loyihalash bosqichining yakunida **Dasturiy tuzilma hujjati (Software Design Document, SDD)** tayyorlanadi. Ushbu hujjatda tizim arxitekturasi, ma'lumotlar bazasi sxemasi, modul va komponentlarning vazifalari, ularning o'zaro aloqasi va interfeyslari batafsil bayon etiladi. Tuzilma hujjati keyingi kod yozish bosqichida dasturchilar uchun yo'l xaritasi vazifasini o'taydi. Loyihalash bosqichi – bu talablar bilan ijro (kodlash) o'rtasidagi ko'prikdir: to'g'ri loyihalangan tizim nafaqat foydalanuvchi talablariga mos keladi, balki kelgusida oson kengaytiriladigan va xizmat ko'rsatishga qulay tizim bo'lishini ham ta'minlaydi.

4. Kodlash (ishlab chiqish) bosqichi. Kodlash bosqichi (ba'zan ishlab chiqish bosqichi deb ham yuritiladi) – bevosita dasturiy ta'minotni yaratish, ya'ni kod yozish jarayonidir. Ushbu bosqichda dasturchilar jamoasi loyihalashda belgilab olingan reja va blueprintlarga amal qilgan holda, tizim funksiyalarini dasturlashni boshlaydilar. Agar tizim murakkab bo'lsa, ayrim qismi yoki algoritmlarini matematik modellashtirish, prototip dasturlar yaratib sinab ko'riladi. Ilmiy ishlarda, xususan, o'zbek tilida sentiment tahlil qilish tizimini yaratishda tadqiqotchilar avvalo matematik va lingvistik modellarni ishlab chiqqan holda, ularning samaradorligini kichik tajriba dasturlari orqali sinab ko'rishgan. Bu bosqich kelgusida to'liq tizimni ishlab chiqishda xatolarni barvaqt ko'rib chiqish va yechimini topishga imkon beradi. Bunda oldingi bosqichlarda ishlab chiqilgan loyiha asosida alohida modullar (masalan, matnni tozalash, so'zlarni belgilash, klassifikatsiya modeli, natija chiqarish, foydalanuvchi interfeysi) alohida dasturlanadi va so'ngra yagona tizimga integratsiya qilinadi. Bir necha mahalliy loyiha va ilmiy ishlar tajribasida dasturlash uchun Python tili va uning sun'iy intellekt kutubxonalari tanlangan, natijada prototip tizim tayyor bo'lgach, u Django veb-dasturi bilan integratsiya qilinadi. Kodlash bosqichining asosiy xususiyatlari:

– **Standartga amal qilgan holda kod yozish:** Dasturchilar oldindan kelishilgan kod yozish standartlari (koding standartlari) va nomlash konvensiyalariga amal qilgan holda kod yozadilar. Bu *source* kodning yagona uslubda bo'lishini, turli jamoa a'zolari yozgan kodning o'zaro mos va tushunarli chiqishini ta'minlaydi. Masalan, barcha dasturchilar funksiyalar va o'zgaruvchilarni nomlashda bir xil konvensiyaga rioya qilishadi, kodning tuzilishi yakdil qoidalarga bo'ysunadi.

– **Modullar bo'yicha ishlab chiqish:** Katta dasturiy tizim bo'limlarga (modullarga) bo'linib, har bir dasturchi yoki kichik guruh aniq bir modul ustida ishlaydi. Bu modul tamoyili kodni tartibli va boshqariladigan holda yozishga yordam beradi.

– **Versiya nazorati va integratsiya:** Dasturchilar versiya nazorati tizimlari (masalan, Git) orqali o‘zgarishlarni boshqarib boradilar. Har bir yozilgan kod bo‘lagi (commit) tizimga integratsiya qilinadi va dasturiy ta‘minotning ishchi talqini muntazam yangilanib boradi. Bu *CI (Continuous Integration)* amaliyotiga mos keladi va jamoa kodni birlashtirib borar ekan, integratsion muammolar erta bosqichda aniqlanadi.

– **Kod tekshiruvi (Code Review):** Jamoa ichida yozilgan kod o‘zaro tekshirib boriladi va bir dasturchi yozgan kodni boshqa hamkasbi ko‘rib chiqadi, potensial xatolar, kamchiliklar yoki yaxshilash imkoniyatlari yuzasidan fikr bildiradi. Bunday kod revyu jarayoni dasturiy ta‘minot sifatini oshiradi, xatolarni erta bosqichda bartaraf etish va eng yaxshi amaliyotlarni joriy etishga xizmat qiladi.

– **Ichki sinov va prototiplash:** Kodlash jarayonida har bir modul yozilgach, dasturchilar tomonidan dastlabki ichki testlar o‘tkaziladi. Ya‘ni, modul asosiy funktsiyani bajarayotgan-bajarmayotganini tezkor tekshirish (unit-test) amalga oshiriladi. Shuningdek, agar loyiha prototiplar orqali iterativ rivojlantirilayotgan bo‘lsa, kodlash bosqichida ishlab chiqilgan dastlabki prototip foydalanuvchilarga yoki buyurtmachiga namoyish etib boriladi va bu feedback olib, kerak bo‘lsa, dizayn yoki talablarni tezda o‘zgartirish imkonini beradi.

Kodlash bosqichi yakunida **dasturiy ta‘minotning ishlaydigan versiyasi** (yoki minimal ishchi mahsulot – Minimum Viable Product, MVP) hosil bo‘ladi. Bu hali to‘liq xatolardan xoli bo‘lmasligi mumkin, ammo u oldingi bosqichlarda belgilangan funksional talablarning asosiy qismini amalda bajarib turadi. Axborot tizimlari va NLP loyihalarida kodlash bosqichi ayniqsa ijodiy jarayon bo‘lib, algoritmlar va modellarning bevosita hayotga tatbiq etilishidir. Masalan, NLP tizimi uchun bu bosqichda matnni tozalash va pars qilish algoritmlari, mashina o‘rganish modeli arxitekturasi kodda yoziladi, va dastlabki natijalar olinadi. Kodlash bosqichi – bu oldingi bosqichlardagi reja va loyihalarning “jonlanishi”, ya‘ni real dasturiy mahsulotga aylanish jarayonidir.

5. Sinovdan o‘tkazish bosqichi. Sinov bosqichi – yozilgan dasturiy ta‘minotni sifat nazoratidan o‘tkazish, xatolarni aniqlash va tuzatish bosqichidir. Bu bosqichni ishlab chiqarish tarmoqli zavodidagi mahsulot sifat tekshiruvi bilan qiyoslash mumkin. Tizimning barcha komponentlari tayyor bo‘lgach, ularni funksional va yuklama bo‘yicha sinovdan o‘tkazish bosqichi keladi. Bu yerda tizimga turli test ma‘lumotlar kiritilib, uning to‘g‘ri ishlashiga ishonch hosil qilinadi; xatolar aniqlansa, tegishli tuzatishlar kiritiladi. Sentiment tahlil tizimi uchun sinov bosqichida har xil ko‘rinishdagi matnlar (ijobiy, salbiy, neytral, turli uzunlik va uslubdagi) sinab ko‘riladi va modelning aniqlik, to‘g‘rilik kabi ko‘rsatkichlari baholanadi. Ayrim manbalarda o‘zbek tilidagi model sinovlari natijasida 92–93% aniqlikka erishilgani qayd etilgan bo‘lib, sinovlar jarayonida aniqlangan zaif joylar asosida modelga tuzatishlar kiritilgan. Sinov bosqichida quyidagi jarayonlar amalga oshiriladi:

– **Test rejasi va test holatlari (test case) ishlab chiqish:** Dasturiy ta‘minotning talablariga mos holda sinov strategiyasi belgilanadi. Qaysi funksiyalarni qanday sharoitlarda tekshirish kerakligi, kutilayotgan natijalar nimalardan iborat bo‘lishi lozimligi aniqlanadi. Buning uchun test holatlari yoziladi va har bir test holatida dasturga beriladigan kiruvchi ma‘lumotlar va kutilayotgan chiqishlar ko‘rsatiladi. Masalan, matn tarjimasini tizimi uchun bir necha turdagi jumlar (oddiy, murakkab, idiomatik) kiritilib, tarjima natijasi inson tarjimasini bilan solishtiriladi.



– **Turli xil test turlarini o‘tkazish:** Dasturiy ta‘minotning barcha jihatlarini qamrab olish uchun bir necha bosqichli test sinovlari amalga oshiriladi. Jumladan:

– *Birlik testi (unit testing):* Dasturiy ta‘minotni tashkil etuvchi alohida modullar va funksiyalar izolyatsiya holda test qilinadi. Har bir modul o‘z vazifasini to‘g‘ri bajarayotgani tekshiriladi.

– *Integratsiya testi:* Modullar birgalikda ishlaganda yuzaga keluvchi muammolarni aniqlash uchun o‘zaro bog‘liq qismlar birlashtirilib sinovdan o‘tkaziladi.

– *Tizim testi:* Tizim to‘liq majmua holida ishga tushirilib, yakuniy foydalanuvchi nuqtai nazaridan barcha funksiyalarining to‘g‘ri ishlashi tekshiriladi.

– *Qabul testi (acceptance testing):* Buyurtmachi yoki oxirgi foydalanuvchilar ishtirokida dasturiy mahsulot real foydalanish sharoitiga yaqin muhitda sinovdan o‘tadi. Agar bu testdan muvaffaqiyatli o‘tsa, dasturiy ta‘minot qabul qilinishga tayyor hisoblanadi.

– *Xavfsizlik testi:* Tizimning xavfsizlik talablariga javob berishi, ma‘lumotlar himoyalanganligi, ruxsatsiz kirishlardan holi ekanligi sinovdan o‘tadi (agar dasturiy ta‘minot uchun bu dolzarb bo‘lsa).

– *Yuklama va stress testi:* Tizim ko‘p foydalanuvchilar, katta ma‘lumotlar oqimi yoki chegaraviya holatlar (masalan, server resurslari kamayganda)da barqaror ishlash-qilmasligi tekshiriladi.

– **Xatolarni qayd etish va tuzatish:** Har bir muvaffaqiyatsiz test holati natijasida aniqlangan xato va kamchiliklar batafsil hujjatlashtiriladi. Xatolikning alomati, qanday sharoitda sodir bo‘lishi, dasturiy ta‘minotga ta‘siri kabi ma‘lumotlar qayd qilinadi. Ushbu xatolar dasturchilarga yetkazilib, kodni tuzatish ishlari amalga oshiriladi. Tuzatish kiritilgach, tegishli testlar takrorlanadi va xato bartaraf etilgunga qadar bu jarayon davom etadi.

– **Sinov natijalarini tahlil qilish:** Barcha testlar bajarilgach, umumiy natijalar ko‘rib chiqiladi. Agar jiddiy xatolar qolmagan bo‘lsa va dastur belgilangan talablarga muvofiq ish bersa, loyiha keyingi bosqichga o‘tadi. Aks holda, kerak bo‘lsa, ayrim talablar qayta ko‘rib chiqilishi yoki orqaga kodlash bosqichiga qaytilishi ham mumkin.

Sinov bosqichi dasturiy ta‘minot sifatini ta‘minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ayniqsa, axborot tizimlari uchun, tizimning ishonchligi va barqaror ishlashi muhim. Shu bois puxta test qilingan tizimgina iste‘molchi qo‘liga topshiriladi. NLP tizimlari misolida, sinov bosqichida modelning **aniqlik, to‘g‘rilik (precision/recall)** kabi ko‘rsatkichlari baholanadi, turli sinov korpuslarida model ishlashi tekshiriladi va zarurat tug‘ilsa, model qayta o‘qitilib, natijalar takomillashtiriladi.

6. Joriy etish va ishga tushirish bosqichi. Joriy etish (deployment) bosqichi – dasturiy mahsulotni ishchi muhitga (production muhitiga) o‘tkazish va foydalanuvchilarga yetkazish bosqichidir. Sinovlardan muvaffaqiyatli o‘tgan tizim real muhitga joriy etiladi, foydalanuvchilar uchun foydalanish yo‘riqnomalari ishlab chiqiladi. Shuningdek, ushbu bosqichda tizimning ekspluatatsiya jarayonida monitoringi, foydalanuvchi fikr-mulohazalarini yig‘ish va keyingi versiyalar uchun takomillashtirish rejalari tuziladi. Bu bosqichga kelib dasturiy ta‘minot sinovlardan o‘tgan va qabulga tayyor deb topilgan bo‘ladi. Joriy etish bosqichida:

– **Ishchi muhitga o‘tkazish:** Dasturiy mahsulot ishlab chiqarish muhitiga o‘rnatiladi va ishga tushiriladi. Ko‘p hollarda kompaniyalar dasturiy ta‘minotni bir yo‘la barcha foydalanuvchilarga emas, balki bosqichma-bosqich o‘tkazadilar. Masalan, dastlab *sinov muhitida*

(*staging*) yoki *sandbox* muhitida ishga tushirib ko'rishadi, so'ngra cheklangan foydalanuvchilar guruhiga beta-versiya sifatida taqdim etishadi, oxirida esa to'liq *produksion* muhitga joylashadi. Bunday yondashuv dasturiy ta'minotni real muhitda ham tekshirib ko'rish va kutilmagan muammolarni keng auditoriyaga chiqmasdan oldin tuzatish imkonini beradi.

– **Joylashtirish strategiyasini tanlash:** Loyihaning xususiyatlariga qarab, joriy etishning turli strategiyalari qo'llanadi. Masalan, "Big Bang" – mahsulotni bir zumda hamma foydalanuvchilarga ishga tushirish; "Blue-Green" – eski versiya (blue) yonida yangi versiya (green) parallel ishga tushirib, sinovdan so'ng trafikni yangi versiyaga o'tkazish; yoki "Kanareyka (Canary) joriy etish" – foydalanuvchilarning kichik qismida yangi versiyani sinab ko'rib, so'ng bosqichma-bosqich ulushini oshirish. Bunday usullar foydalanuvchi tajribasiga minimal ta'sir bilan yangilanishlarni tatbiq etish imkonini beradi.

– **Foydalanuvchi qo'llanmasi va o'qitish:** Yangi tizim foydalanuvchilarga taqdim etilayotganda, ularga yo'riqnoma va qo'llanmalar beriladi. Zarur hollarda trening va seminarlar o'tkazilib, foydalanuvchilarga tizimdan foydalanish qoidalari o'rgatiladi. Ayniqsa, korporativ axborot tizimlarini joriy etishda bu bosqich muhim va xodimlar yangi tizimga moslashishi va uning imkoniyatlaridan to'liq foydalana olishi lozim.

– **Texnik infratuzilmani sozlash:** Mahsulotni ishga tushirishda serverlar, ma'lumotlar bazasi, tarmoq sozlamalari kabi infratuzilma komponentlari tayyorlanadi. Agar bu bulutli servis bo'lsa, DevOps jarayonlari (CI/CD pipeline) orqali avtomatlashtirilgan deploy qilinadi.

– **Foydalanuvchi fikr-mulohazalarini yig'ish:** Mahsulot ishga tushirilgach, dastlabki foydalanuvchilardan fikr va mulohazalar olinadi. Bu ma'lumotlar keyingi yangilanishlarda hisobga olinishi uchun jamlanadi.

Joriy etish bosqichi mahsulotning loyiha rejimidan ishchi rejimga o'tishini anglatadi. Ushbu bosqich yakunida dasturiy ta'minot real foydalanuvchilar qo'lida o'z vazifasini bajara boshlaydi. Bu bosqich yakuniy nuqta emas, balki yangi bosqich, ya'ni texnik xizmat va qo'llab-quvvatlash bosqichining boshlanish nuqtasidir. Misol tariqasida, NLP modeli asosidagi xizmatni ishga tushirganimizda, real foydalanuvchi matnlarini qayta ishlash jarayonida model qanday natija berayotgani kuzatiladi, foydalanuvchilarning qoniqish darajasi tahlil qilinadi.

7. Texnik xizmat ko'rsatish (qo'llab-quvvatlash) bosqichi. Texnik xizmat va qo'llab-quvvatlash – dasturiy ta'minotni ishlab chiqishning yakuniy va doimiy davom etuvchi bosqichi bo'lib, mahsulot ishga tushirilgandan so'ng uning barqaror ishlashi, yangilanishi va takomillashtirib borilishini nazarda tutadi. Bu bosqichda quyidagilar amalga oshiriladi:

– **Xatolarni tuzatish:** Foydalanuvchilar tizimdan foydalana boshlagach, avval topilmagan ba'zi xatolar (baglar) aniqlanishi mumkin. Texnik xizmat ko'rsatish jarayonida ishlab chiquvchilar bunday nosozliklarni bartaraf etishadi va dasturiy yamalar (patch) tarzida tizimga joriy qilishadi. Bu doimiy monitoring va tezkor reaksiyani talab qiladi. Xususan, agar yangi versiya jiddiy xatoga ega bo'lsa, hot-fix tarzida zudlik bilan tuzatish chiqarilishi zarur.

– **Funksional imkoniyatlarni kengaytirish:** Vaqt o'tishi bilan foydalanuvchilarning yangi talab va ehtiyojlari paydo bo'lishi mumkin, yoki bozor talabiga ko'ra dasturga yangi funksiyalar qo'shish zaruriyati tug'iladi. Qo'llab-quvvatlash bosqichida tizimga yangilanishlar va versiyalar orqali yangi funksiyalar qo'shib boriladi. Bu aslida SDLC jarayonining yana dastlabki bosqichlariga ma'lum ma'noda qaytishni bildiradi. Ya'ni, yangi qo'shimchalar uchun mini-rejalashtirish, dizayn, kodlash va testdan o'tish jarayonlari takrorlanadi (spiral tarzda rivojlantirish).



– **Ishlash sifatini oshirish va optimizatsiya:** Mahsulot ishlayotgan davrida uning ishlash ko'rsatkichlari (performance) kuzatib boriladi. Masalan, veb-tizim bo'lsa, uning javob berish vaqti, server yuklamasi, foydalanuvchi kirishlari soniga qarab ko'rsatkichlari monitoring qilinadi. Zaruriyat tug'ilganda, kod optimizatsiya qilinadi yoki server resurslari kengaytiriladi. NLP tizimi uchun, vaqt o'tishi bilan modelni yangi ma'lumotlarda qayta o'qitish (retraining) ham optimizatsiya turiga kiradi. Chunki til ma'lumotlari yangilanib boradi yoki dastlabki modelda yetarlicha hisobga olinmagan holatlar paydo bo'lishi mumkin.

– **Xavfsizlik yangilanishlari:** Dasturiy ta'minot uchun xavfsizlik juda muhim, ayniqsa axborot tizimlarida. Qo'llab-quvvatlash bosqichida yangi aniqlangan kibernetika xavfsizlik xatarlari bo'yicha tizim doimiy yangilanadi, xavfsizlik yamallari chiqariladi va foydalanuvchilarga o'z dasturlarini yangilab borish tavsiya etiladi.

– **Foydalanuvchilarni qo'llab-quvvatlash:** Texnik xizmat tarkibiga foydalanuvchilarga yordam berish, ularning savollariga javob berish ham kiradi. Ko'pincha maxsus texnik support jamoasi 24/7 rejimida ishlaydi, foydalanuvchilardan murojaatlar tushsa, muammoni hal qilishda ko'mak beradi. Bu dasturiy mahsulotga bo'lgan ishonch va qoniqishning muhim qismi sanaladi.

– **Mahsulotning hayotiy siklini yakunlash (sunsetting):** Vaqt o'tib tizim eskirganda yoki yangiroq platformaga o'tish rejalashtirilganda, mahsulotni qo'llab-quvvatlashni to'xtatish haqida qaror qabul qilinishi mumkin. Bu bosqichda foydalanuvchilarga oldindan e'lon qilinadi, muqobil yechimlar taklif etiladi va tizim bosqichma-bosqich yopiladi. Misol uchun, eski versiyadagi dastur uchun oxirgi yangilanish va xavfsizlik yamasi chiqarilib, foydalanuvchilarga ma'lum muddatdan keyin ushbu versiya endi qo'llab-quvvatlanmasligi haqida xabar beriladi.

Qo'llab-quvvatlash bosqichi eng uzoq davom etadigan bosqich bo'lib, dasturiy ta'minotning butun foydalanish davomiyligini qamrab oladi. To'g'ri yo'lga qo'yilgan texnik xizmat dasturiy mahsulotning umrini uzaytiradi, foydalanuvchilarning qoniqishini yuqori darajada ushlab turadi va mahsulotning bozordagi raqobatbardoshligini ta'minlaydi.

Yuqoridagi bosqichlar ketma-ket sanalgan bo'lsa-da, zamonaviy metodologiyalarda ular iterativ tarzda takrorlanishi ham mumkin. Ya'ni kichik qism ishlab chiqilib sinovdan o'tgach, navbatdasisiga o'tiladi va tizim bosqichma-bosqich kengaytiriladi. Adabiyotlarda sentiment tahlil tizimini ishlab chiqishda ham xuddi shunday takrorlanuvchi yondashuv samarali ekani ta'kidlanadi, chunki dastlabki model natijalari va foydalanuvchi fikri asosida tizimni tezkor takomillashtirish imkoniyati bo'ladi. Muhimi, rivojlanish bosqichlarida puxta rejalashtirish va har bir jarayonni hujjatlashtirish yakunda barqaror va sifatli axborot tizimini yaratishga zamin bo'ladi.

Axborot tizimlarini ishlab chiqishning hayotiy sikli – SDLC konsepsiyasi dasturiy mahsulot yaratish jarayonini nazariy va amaliy jihatdan asoslashga xizmat qiladi. SDLC doirasida ishlash:

1. Loyihani puxta rejalash va risklarni boshqarish imkonini beradi.
2. Talablar va dizaynda aniqlikni ta'minlaydi.
3. Ishlab chiqish jarayonida sifat nazoratini kuchaytiradi.
4. Yakuniy mahsulotni o'z vaqtida va sifatli topshirishga zamin yaratadi.

SDLC turli rollardagi mutaxassislarini (analitiklar, dasturchilar, testerlar, foydalanuvchilar) yagona maqsad sari birlashtiradi va ularning har bir bosqichdagi ishtirokini aniqlab beradi. SDLCning bir qator modellari mavjud bo'lib, ularning har biri ma'lum sharoitda maqsadga muvofiqdir – bu haqda munozara qismida sharhlab o'tildi. SDLC bosqichlarini ongli ravishda qo'llash va mos modelni tanlash dasturiy mahsulot yaratuvchilariga ijodiy yondashuv va tizimli

nazoratni birlashtirishga imkon beradi. Bu ayniqsa bugungi kunda tez o'zgaruvchan IT sohasida juda muhim: yangi texnologiyalar (sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar) shiddat bilan rivojlanar ekan, ular bilan bog'liq loyihalarni muvaffaqiyatli amalga oshirish intizomli yondashuvni talab qiladi. SDLC esa aynan shunday intizom va izchillik uchun nazariy va amaliy poydevor bo'lib xizmat qiladi. Shunday ekan, SDLC tamoyillariga rioya qilgan holda, dasturiy injiniring va axborot tizimlari sohasida yanada ishonchli, samarali va foydalanuvchi talablari darajasidagi yechimlarni yaratish lozim.

SDLC nuqtai nazaridan, texnik xizmat bosqichi eng uzoq davom etadigan va ko'p resurs talab qiladigan bosqich. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, dasturiy ta'minotga sarflanadigan umumiy resurs va xarajatlarning katta qismi aynan uning texnik xizmat ko'rsatish davriga to'g'ri keladi. Shu sabab, dasturiy mahsulotni loyihalashda kelgusidagi texnik xizmatni yengillashtiradigan yechimlarni tanlash (masalan, kodning o'qilishi oson bo'lishi, hujjatlarning to'liq yozilishi, modulning mustaqilligini saqlash) juda muhim. Axborot tizimlari va NLP mahsulotlari uchun muntazam yangilanish chiqarmasdan iloji yo'q. NLP modellari yangi ma'lumotlar bilan qayta o'qitilishi yoki til qoidalariga mos ravishda yangilanib turishi kerak. Texnik xizmat bosqichi mohiyatiga ko'ra *"loyiha boshidan boshlangan takomillashtirish jarayoni"* ning davomidir. Ya'ni, dasturiy mahsulot hayotga kelgach ham, uni doimiy ravishda parvarishlash zarur. Aks holda, dasturiy mahsulot tez orada eskirishi, foydalanuvchilarni qoniqtirmay qo'yishi va natijada foydalanilmay qolishi mumkin. Yuqorida bayon etilgan SDLC bosqichlarini sarhisob qilar ekanmiz, quyidagi jadval ularning har birida bajariladigan asosiy vazifalar, ishlab chiqiladigan hujjatlar va bosqich yakunidagi natijani umumlashtirib ko'rsatadi (1-jadval):

1-jadval. SDLC bosqichlari bo'yicha bajariladigan asosiy ishlar va natijalar

Bosqich	Asosiy ishlar (vazifalar)	Hujjat va natijalar
1. Rejalashtirish	Loyiha maqsadini aniqlash; texnik-iqtisodiy asoslash; risklarni baholash; jadval tuzish; resurslarni rejalashtirish; loyiha doirasini belgilash.	Loyiha kontsepsiyasi; Loyiha rejasi; Dastlabki SRS (talablar ro'yxati).
2. Talablar tahlili	Foydalanuvchi va buyurtmachi talablarini yig'ish; ularni tahlil qilish va ustuvorliklarini belgilash; aniq va tekshiriladigan talablar shakllantirish; talablarni hujjatlashtirish va tasdiqlatish.	Talablar spetsifikatsiyasi (SRS) hujjati – dasturga qo'yiladigan barcha talablar ro'yxati.
3. Loyihalash	Tizim arxitekturasi va komponentlarini aniqlash; ma'lumotlar modeli va interfeys dizaynini ishlab chiqish; DFD, ER diagrammalar tuzish; texnik yechimlarni (algoritmalar, platformalar) tanlash; integratsiya nuqtalarini belgilash.	Dasturiy dizayn hujjati (SDD) – arxitektura tavsifi, komponentlar va ularning o'zaro aloqa sxemasi, UI maketlar.
4. Dasturlash	Kod yozish (modullarni dasturlash); versiya nazorati ostida hamkorlikda ishlab chiqish; kod standartlariga rioya qilish;	Ishlovchi dasturiy ta'minotning dastlabki versiyasi (prototip yoki



	kutubxonalar va freymvorklardan foydalanish; ichki birlik testlarini o'tkazish; kodni ko'rib chiqish (review).	beta-versiya); yaratilgan dastur kodi (repository).
5. Sinov	Test strategiyasini belgilash; test-case larini tayyorlash; birlik, integratsion, tizim va qabul testlarini o'tkazish; xatolarni aniqlash va qayd etish; xatolarni tuzatish va qayta test qilish (iterativ jarayon).	Sinov hisobotlari; xato (bug)lar ro'yxati va ularning holati; dastur sifati tasdiqlangani haqida xulosa (tasdiqlangan talablarga muvofiqlik).
6. Joriy etish	Dasturiy ta'minotni ishlab chiqarish muhitiga o'tkazish; serverlarda o'rnatish va konfiguratsiya qilish; foydalanuvchilarga dasturdan foydalanish imkonini yaratish; foydalanuvchi qo'llanmalarini taqdim etish; dastlabki monitoring.	Ishlab chiqarish muhitida ishga tushirilgan dasturiy mahsulot; foydalanuvchilarga e'lon qilingan yangi mahsulot (versiya); sozlangan tizim muhiti.
7. Texnik xizmat	Dastur faoliyatini doimiy kuzatish (monitoring); yuzaga kelgan xatolarni tuzatish (patch releases); o'zgaruvchan talablar va muhitga mos ravishda dasturga o'zgartirishlar kiritish; foydalanuvchi takliflariga ko'ra yangi funksiyalar qo'shish; tizimni optimallashtirish va yangilab borish; foydalanuvchilarga texnik ko'mak berish.	Dasturiy mahsulotning yangilangan versiyalari (updatelar); texnik qo'llab-quvvatlash hujjatlari; foydalanuvchi muammo/takliflari jurnali; (Mahsulot hayoti yakunida: tizimni eskirgan deb topish va dekomission qilish hujjatlari).

Yuqoridagi 1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, SDLC doirasidagi har bir bosqichning aniq vazifalari va natijalari mavjud. Har bir bosqich o'zidan keyingi bosqich uchun asos yaratadi, shu sababli biror bosqichdagi kamchilik yoki e'tiborsizlik butun loyiha sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, SDLC modeli dasturiy ta'minot ishlab chiqish jarayonini izchil boshqarish va nazorat qilishga imkon beradi.

Sentiment tahlil axborot tizimining dasturiy kod tuzilmasi

Sentiment tahlil axborot tizimi kodi aniq va tartibli tuzilishda tashkil etiladi. Kataloglar iyerarxiyasi shunday rejalashtiriladiki, har bir modul va vazifa alohida joylashuvi bilan ajralib tursin. Quyida tizimning namunaviy papkalar strukturasi va ularning vazifalari keltirilgan:

1. **preprocessing/** – Matnlarni oldindan qayta ishlash (tozalash, normalizatsiya, tokenizatsiya)ga oid funksiyalar va skriptlar joylashadi. Masalan, bu yerda matndagi imlo xatolarini to'g'rilash, stop-so'zlarni olib tashlash kabi kodlar bo'ladi.

2. **classifier/** – Sentiment klassifikatsiya modeli bilan ishlovchi modul. Bu katalogda modelning o'zi (o'qitilgan Transformer modelini yuklash yoki sklearn modelini **.pkl** ko'rinishida

saqlash), matnlardan xususiyatlar ajratish (**feature_extraction.py**) va baholash (**predict.py**) kodlari turadi. Agar modelni o'qitish ham tizim tarkibida ko'zda tutilgan bo'lsa, u holda o'qitish skripti (**train.py**) va tegishli konfiguratsiyalar ham shu yerda bo'ladi.

3. **api/** – Flask web-servisi uchun manba kodlari joylashgan katalog. Unda marshrutlar (routes) va endpointlar aniqlanadi (**app.py** yoki **routes.py** ichida /**analyze** API endpointi). Bu yerda foydalanuvchidan kelgan so'rovni qabul qilish, classifier modulini chaqirish va natijani qaytarish funksiyalari yoziladi. Shuningdek, bu katalogda autentifikatsiya yoki foydalanuvchi sessiyasini boshqarish kabi veb-xizmatga aloqador kodlar ham bo'lishi mumkin.

4. **visualization/** – Natijalarni vizual tarzda chiqara olish uchun zarur modul. Masalan, agar tizimda biror statistik ko'rsatkichlarni grafik ko'rinishda taqdim etish (diagramma chizish) funksionali bo'lsa, uning kodi shu papkada bo'ladi. Web interfeysda grafikalar ko'rsatish yoki frontendga diagramma uchun ma'lumot tayyorlash funksiyalari ham shu yerga joylanadi.

5. **config/** – Loyihaning turli konfiguratsion fayllari va sozlamalari. Masalan, ma'lumotlar bazasi ulanish sozlamalari (**db_config.py** yoki **.env** faylida), model parametrlarini o'rnatish, dastur ishlash muhitiga tegishli o'zgaruvchilar bu yerda saqlanadi. Bu modul yordamida kod ichida turli sozlamalarni alohida jamlab, ularni markazlashtirilgan holda boshqarish osonlashadi.

6. **logs/** – Tizim ishlashi jarayonida hosil bo'ladigan log-fayllar saqlanadigan katalog. Flask server loglari, xatoliklar stack trace'lari yoki foydalanuvchi so'rovlari tarixi kabi ma'lumotlar bu yerga yozilishi mumkin. Loglar asosida keyinchalik monitoring va xatolarni debug qilish amaliyoti olib boriladi.

7. **tests/** – Test skriptlari va test ma'lumotlari joylashgan bo'lim. Har bir modul uchun alohida test fayllari (masalan, **test_preprocessing.py**, **test_api.py**) tuziladi. Unittest yoki PyTest yordamida yozilgan avtomatlashtirilgan testlar tizim funksiyalarini tekshiradi. Bu katalogda shuningdek test uchun kerakli sun'iy ma'lumotlar yoki fixture-fayllar saqlanishi mumkin.

Yuqoridagi tuzilma *modullarning bir-biridan mustaqilligini ta'minlaydi* va kodni tushunishni osonlashtiradi. Masalan, agar kelgusida yangi model sinab ko'rilmog'chi bo'lsa, **classifier/** katalogida o'zgartirishlar qilinadi, frontend qismi tegilmagan holda qolaveradi. Shu tarzda **MVC (Model-View-Controller)** prinsipiiga o'xshash qatlamlarga bo'lingan strukturaga erishiladi:

- 1) **classifier** – *model (Model) qismi*,
- 2) **api** – *controller (xizmat) qismi, visualization*,
- 3) **UI kodi** – *view (taqdimot) qismi vazifasini bajaradi*.

Bunday kataloglar strukturasi qo'llash jamoaviy ishlashda ham qulay bo'lib, har bir dasturchi tegishli modul ustida mustaqil ishlashi va versiyalarni boshqarish tizimida to'qnashuvlar minimal bo'lishini ta'minlaydi.

Sentiment tahlil axborot tizimining dasturiy ta'minot tarkibi modular tarkibda tashkil etilishi zarur. Bu degani, tizimni amalga oshiruvchi dasturiy kod aniq vazifalar bo'yicha bo'lingan bo'lib, har bir modul mustaqil ravishda o'z funksiyasini bajaradi va kerak bo'lganda boshqa modullar bilan o'zaro aloqaga kirishadi. Ilmiy ishlar tahliliga ko'ra, bunday modul tuzilmasi nafaqat kodni tushunishni osonlashtiradi, balki uni qo'llab-quvvatlash va kengaytirishni ham yengillashtiradi. Masalan, matnlar bazasini yuklash, matnni oldindan qayta ishlash, klassifikatsiya modelini tayyorlash va yangi matnlar uchun bashorat qilish kabi bosqichlar har biri alohida kod moduli sifatida tashkil etilishi tavsiya etiladi.

Sentiment tahlil tizimi to'rtta asosiy modulga ajratilgan:



- 1) *Sharhlar datasetsini yuklash va saqlash;*
- 2) *Matnlarni tozalash va tayyorlash (kichik harflarga o'tkazish, ortiqcha belgi va so'zlarni olib tashlash, lemmalash);*
- 3) *Mashina o'qitish modelini tayyorlash;*
- 4) *Sinov ma'lumotlarini modelga kiritib, natijalarni bashorat qilish.*

Modular yondashuvning afzalligi shundaki, agar tizimning ma'lum qismida o'zgarish qilish kerak bo'lsa (klassifikator turini o'zgartirish yoki yangi oldindan qayta ishlash qoidalarini qo'shish), bu to'g'ridan-to'g'ri tegishli modul ichida amalga oshiriladi va bu boshqa qismlarga minimal ta'sir ko'rsatadi.

O'zbek tilidagi sentiment tahlil tizimlarini yaratish tajribasida ham kod strukturasi masalasiga alohida e'tibor berildi. Yuqorida zikr etilgan Django asosidagi tizimda kod MVT arxitektura printsipiga muvofiq qatlamlarga ajratilgan: models.py fayllarida ma'lumotlar bazasi va til modellari bilan ishlovchi sinflar, views.py da biznes mantiq (matnni qayta ishlash, modelni chaqirish va h.k.), templates/ jildida esa foydalanuvchi interfeysi uchun HTML shakllari joylashtirilgan. Shuningdek, mustaqil NLP funksiyalarini (masalan, to'plamni tozalash, so'zlarni ajratish) alohida kutubxona yoki yordamchi modullarga joylashtirish amaliyoti kuzatiladi. Bu esa kodning qayta ishlatiluvchanligini oshiradi va bir xil funksiyani tizimning turli joyida takror yozish o'rniga, bitta modulni chaqirish kifoya bo'ladi. Tizimning dasturiy strukturasi lozim darajada modular tashkil etish uning sifatini belgilovchi muhim omillardandir. Zamonaviy dasturlashda keng tarqalgan MVC/MVT arxitektura tamoyillari va obyektga yo'naltirilgan dasturlash uslubi bunday kod tuzilmasini yaratishda asosiy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Sentiment tahlil axborot tizimining texnik tavsifi (texnologiyalar va arxitektura tanlovi)

Ushbu sentiment tahlil tizimini yaratishda zamonaviy va ochiq kodli texnologiyalar majmuasi tanlandi. Asosiy dasturlash tili – Python, chunki Python tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) va mashinaviy o'rganish uchun boy kutubxonalarga ega. ML model sifatida Transformers kutubxonasidan foydalanildi va bu Hugging Face kompaniyasi tomonidan taklif qilinadigan, hozirgi zamon NLP muammolari uchun eng ilg'or oldindan o'qitilgan modellar to'plamini oson qo'llash imkonini beruvchi kutubxonadir. Transformers kutubxonasi yordamida biz o'zbek matnlari uchun tayyorlangan BERT modelini yoki shunga o'xshash ko'p tilli modelni ishlatish mumkin. Oldindan tayyor modeldan foydalanish hisoblash xarajatlarini kamaytiradi va modelni noldan o'qitish uchun ketadigan vaqt va resurslarni tejalisiga olib keladi [13]. Shu tariqa, juda kam ma'lumot bilan ham yuqori sifatli sentiment aniqlovchi modelni integratsiya qilish imkoni bo'ldi.

Backend qismi uchun Flask ishlatilgani bejiz emas. Flask Python'da yozilgan veb-freymvork bo'lib, u RESTful API yaratishda juda qulay va tez natija beruvchi vositadir. Flask yordamida biz tezkorlik bilan zarur endpointlarni yo'lga qo'yib, ularni ML modeli bilan bog'landi. Flask'ning soddaligi va minimalizmi loyihani kichik mikroxizmat tarzida tuzishda qo'l keldi. Shuningdek, Flask'ga kerak bo'lsa boshqa kutubxonalar (masalan, Flask-CORS orqali frontend bilan cross-origin aloqani yo'lga qo'yish) oson ulanishi va konfiguratsiya qilinishi ham tanlov uchun sabab bo'ldi.

Frontend qismi React yordamida ishlab chiqildi. React – bu komponentga yo'naltirilgan JavaScript kutubxonasi bo'lib, Single Page Application (SPA) yaratish uchun juda mos. React orqali foydalanuvchi interfeysi dinamik va tezkor bo'ladi, chunki sahifa tarkibining o'zgarishi faqat kerakli qismlarigina yangilash orqali amalga oshadi. Bu esa foydalanuvchi tajribasini sezilarli

yaxshilaydi. Bundan tashqari, React yordamida loyihani mobil qurilmaga mos Progressive Web App (PWA) sifatida ham tayyorlash imkoni paydo bo'ladi. Frontend bilan backend o'rtasida o'zaro aloqa AJAX/Fetch API orqali HTTP so'rovlar yuborish orqali amalga oshiriladi. Ya'ni, React komponenti foydalanuvchi kiritgan matnni oladi va Flask API'ga JSON so'rov yuboradi, natijani qabul qilib, foydalanuvchiga ko'rsatadi.

Ma'lumotlar bazasi sifatida SQLServer2022 tanlandi. SQLServer kuchli MBBT bo'lib, u ma'lumotlarning yaxlitligi va ishonchliligini ta'minlaydi, va murakkab SQL so'rovlarini qo'llab-quvvatlaydi. Ushbu tizimda SQLServer'dan foydalangan holda foydalanuvchilar kiritgan matnlar, ularning sentiment natijalari, va ehtimoliy statistik ma'lumotlar saqlanadi. Masalan, agar foydalanuvchi bir nechta matnlarni jo'natgan bo'lsa, ularning har biri uchun sentiment va sana-vaqti bilan yozuvlar bazada saqlanib, keyinchalik tahlil uchun ishlatilishi mumkin. Bazaga ulanish Flask orqali amalga oshiriladi. Tanlovimizga ko'ra, SQLServer ko'p foydalanuvchili muhitda ham barqaror ishlashi, tranzaksiyalarni qo'llab-quvvatlashi va JSON kabi ma'lumot turlarini ham saqlay olishi sabab loyihamiz uchun ayni muddao bo'ldi.

Docker konteyner texnologiyasi tizimni har xil muhitlarda bir xilda ishlashini ta'minlash va deployment (yuklash) jarayonini soddalashtirish uchun joriy qilindi. Docker yordamida bizning frontend (React) va backend (Flask) qismlarimiz alohida konteynerlarda qadoqlanib, bir xil konfiguratsiya bilan har qanday serverga o'rnatilishi mumkin. Bu jarayon dasturchilar o'rtasida muhitalarning uyg'unligini ta'minlaydi. Docker konteynerlari **microservice arxitekturasi**ga o'tish uchun ham zamin yaratadi, chunki kelgusida tizim modullarini alohida konteynerlarga ajratib, ularni orkestratsiya (Kubernetes) yordamida boshqarish mumkin bo'ladi.

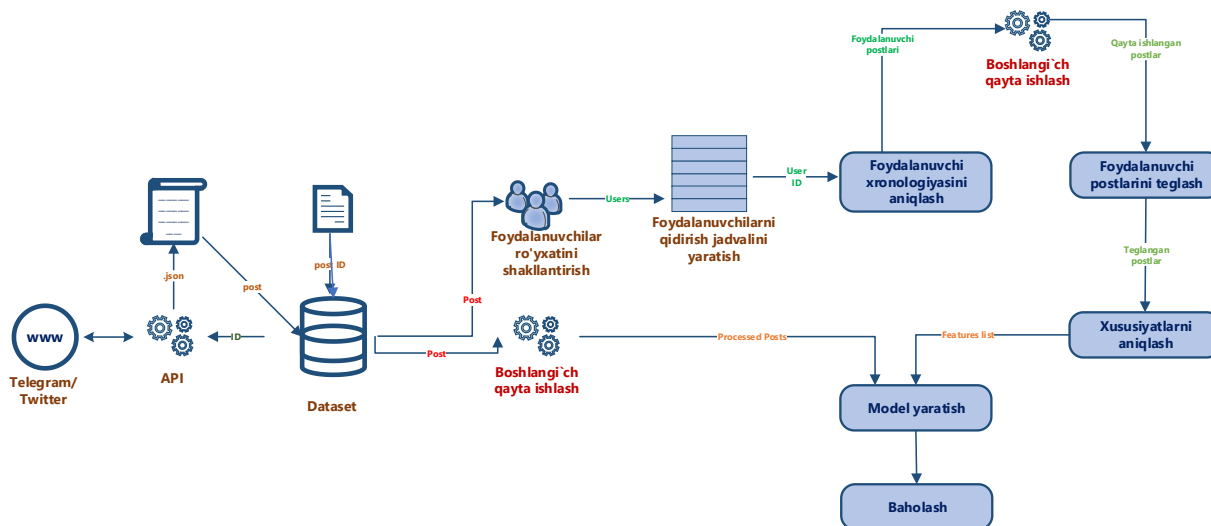
Yuqoridagi texnologik yechimlar zamonaviy tizim muhandisligi tamoyillariga mos ravishda tanlangan. Masalan, uch qavatli arxitektura (client-server-DB) tanlash orqali sentiment tahlil tizimi xavfsizligini oshirildi. Chunki mijoz (frontend) to'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlar bazasiga ulanmaydi, faqatgina oraliq API orqali murojaat qiladi [12]. Bu esa ma'lumotlar qatlamini himoya qilgan holda, biznes mantiqni prezentatsiyadan ajratish imkonini berdi. Shuningdek, har bir komponent mustaqil bo'lgani tufayli, masalan, yuk ko'payganda faqat model serverini alohida kuchaytirish (scaling) yoki biror qismda nosozlik bo'lsa, boshqa qismlarga ta'sirini minimallashtirish imkoni tug'ildi.

Arxitekturani tanlashda loyihaning hajmi va murakkabligi ham inobatga olindi. Monolit yondashuv (barcha funksiyalarni bitta ilovaga jamlash) kichik loyihalarda qulay bo'lsa-da, kelgusida tizimni rivojlantirish va yangilashda qiyinchilik tug'dirishi mumkin. Shu bois biz **modullararo aniq interfeyslar (API)** bilan bo'lingan xizmatlar arxitekturasi ma'qul ko'rdik. Bu yondashuv hozirgi kunda mikroxizmatlar arxitekturasi tarafdorlari orasida keng qo'llanadi va katta tizimlar uchun o'zining samaradorligini isbotlagan. Bizning holatimizda tizim nisbatan kichik bo'lsa-da, modular arxitektura tatbiq etildi. Natijada loyiha ustida bir nechta dasturchi parallel ishlaganda ular bir-biriga xalaqit bermaydi, har bir qismni alohida sinab, alohida joyga joriy etish mumkin bo'ladi.

Umuman olganda, tanlangan texnologiyalar to'plami **Python+Flask+Transformers+SQLServer+React+Docker** loyihani tez va samarali rivojlantirish, ham ilmiy jihatdan ilg'or yondashuvlarni (masalan, Transformer modelidan foydalanish) qo'llash, ham amaliy jihatdan mustahkam yechim qurishga xizmat qildi. Bunda har bir texnologiyaning o'z o'рни va asosli tanlash sabablari bor: Python – NLP va ML uchun, Flask – yengil va tezkor API xizmati uchun, Transformers – sifatli matn tahlili modeli uchun, SQLServer – ishonchli



ma'lumotlar saqlash uchun, Docker – portable (ko'chma) va uyg'un ishlash muhiti uchun, React – zamonaviy va foydalanuvchiga qulay interfeys uchun. Ushbu uyg'unlik ilmiy yondashuv (modelning aniqligi, algoritmlarning to'g'riligi) va amaliy yondashuvni (tizimning ishlashi, arxitekturaviy yechimlar) birlashtirishga imkon berdi. Quyida ijtimoiy tarmoq foydalanuvchilari post(xabar)larini sentiment tahlil qilish tizimi arxitekturasi keltirilgan.



3-rasm. Ijtimoiy tarmoq foydalanuvchilari postlarini sentiment tahlil qilish axborot tizimi arxitekturasi

Quyidagi 2-jadvalda sentiment tahlil axborot tizimining texnik tavsifi keltirilgan.

2-jadval. Sentiment tahlil axborot tizimining texnik tavsifi

No	Komponent / Tavsif	Tanlangan texnologiya	Tavsif / tanlash sababi
1.	Dasturlash tili	Python	NLP va mashinaviy o'qitish uchun kuchli ekotizim, qulay va tez ishlab chiqish
2.	NLP modeli	Transformers (BERT/XLM-RoBERTa)	Zamonaviy NLP vazifalar uchun oldindan tayyorlangan modellar, tez integratsiya qilish imkoniyati
3.	Backend freymvorki	Flask	Yengil vaznli REST API uchun optimallashtirilgan, tezkor va sodda
4.	Frontend texnologiyasi	React	Komponentlarga asoslangan, dinamik va qulay foydalanuvchi interfeysi, SPA va PWA ishlab chiqish imkoniyati
5.	Ma'lumotlar bazasi	SQLServer	Ishonchlilik, tranzaksiyalarni qo'llash, murakkab so'rovlarni qo'llab-quvvatlash va JSON ma'lumotlarini saqlash
6.	Konteynerlashtirish	Docker	Tizimni istalgan muhitda oson joylashtirish va bir xil konfiguratsiya bilan ishlash imkoniyati, mikroservislar uchun asos yaratish

7.	Arxitektura	Uch qavatli va Mikro servislar	Modularlik, kengayish imkoniyatlari, yuklamani alohida boshqarish va xatolarning ta'sirini kamaytirish
8.	API protokoli	REST	Frontend va backend o'rtasida sodda, keng tarqalgan va moslashuvchan aloqa o'rnatish
9.	Modelni o'qitish muhiti	PyTorch / HuggingFace	Chuqur o'rganish modellari uchun moslashuvchan, o'zbek tiliga mos pre-trained modellardan foydalanish imkoniyati
10.	Frontend-backend integratsiya	Axios / Fetch API	REST API orqali JSON formatida frontend-backend o'zaro aloqa qilish imkonini beradi

Ushbu tahliliy jadval sentiment tahlil axborot tizimi uchun tanlangan texnologiyalar va arxitekturaviy yechimlarni aniq ko'rsatib beradi va tizimning samarali ishlashini ta'minlash uchun tanlovlarning asosini tavsiflaydi.

Foydalanuvchi interfeysi (UI)

Tizimning foydalanuvchi interfeysi oddiy va intuitiv tarzda ishlab chiqilgan. Maqsad shuki, foydalanuvchi ilk bor tizimga murojaat qilganidayoq qanday amallarni bajarish kerakligini oson tushunilishi kerak. Go'yo ilgari ham ushbu interfeysdan foydalangandek "o'zini uydagidek his qilsin" [14]. Buning uchun interfeys dizaynida bir nechta prinsiplarga amal qilindi: **minimalizm** (keraksiz elementlarni chiqarib tashlash), **mantiqiy guruhlash** va **ko'rinuvchi navigatsiya**. Asosiy sahifa strukturasi foydalanuvchiga darhol tanlash uchun ikki xil imkoniyatni taqdim etadi: *yakka matnni tahlil qilish* yoki *fayl (ko'p matnlarni) tahlil qilish* rejimi. Interfeysning bosh ekrani yuqori qismida loyiha nomi va menyu (asosiy bo'limlarga havolalar: bosh sahifa, loyiha haqida ma'lumot, aloqa) joylashgan. Markaziy qismda foydalanuvchiga tanlov beriladi: u to'g'ridan-to'g'ri matn kiritishi yoki oldindan tayyorlangan CSV faylini yuklab, bir nechta matnni birdaniga tahlil qilishi mumkin. Sentiment axborot tizimi bir vaqtning o'zida bir nechta matnni baholab, natijalarni jadval shaklida taqdim eta oladi. Jadvalda har bir matn uchun asl matnning o'zi, oldindan tozalangan ko'rinishi, aniqlangan sentiment kategoriyasi va (agar mavjud bo'lsa) sana-vaqt kabi ma'lumotlar ko'rsatiladi. Interfeysda natijalarni filtrlash imkoniyati ham mavjud: foydalanuvchi jadval ustidagi filtrdan foydalanib, faqat ijobiy yoki faqat salbiy yozuvlarni alohida ajratib ko'rishi mumkin. Bu kabi funktsionallik foydalanuvchiga ko'p sonli natijalar orasida keraklisini tez topishga yordam beradi. Jadval tarzidagi chiqarishdan tashqari, yakka matn tahliliga mo'ljallangan rejimda natija alohida blok sifatida ko'rsatiladi.

Navigatsiya va ko'rinish jihatidan, interfeysning barcha elementlari bir-biridan aniq ajratilgan va belgilangan. Masalan, matn kiritish maydoni yonida "**Tahlil qilish**" tugmasi joylashgan bo'lib, u bosilganda foydalanuvchi tanlagan rejimga qarab tegishli harakatni amalga oshiradi (yakka matn uchun API chaqiriladi yoki fayl yuklangan bo'lsa, fayl serverga jo'natiladi). Agar tizimda foydalanuvchi ro'yxatdan o'tishi yoki tizimga kirishi talab etilsa, interfeysning yuqori o'ng qismida "*Kirish*" yoki "*Ro'yxatdan o'tish*" tugmalari ko'zda tutiladi. Biroq, ushbu sentiment tahlil tizimi odatda ochiq foydalanish uchun mo'ljallanganligi sababli, autentifikatsiya majburiy emas va asosiy e'tibor funksiyaga qaratiladi.



Grafik dizaynda ranglar va shriftlar foydalanuvchi ko'zini qulay qabul qiladigan tarzda tanlandi. Asosan neytral ochiq ranglar foni va kontrastli matn ranglari ishlatildi. Natija chiqarishda ijobiy, neytral va salbiy holatlar uchun mos ravishda yashil, kulrang va qizil belgi yoki matn ranglari orqali vizual ajratish joriy qilindi. Bu foydalanuvchiga matn kayfiyatini darhol rangdan bilib olishga yordam beradi. Masalan, agar natija "ijobiy" bo'lsa, "ijobiy" so'zi yashil bilan yoziladi, salbiy bo'lsa qizil va hokazo – bu intuitiv rang kodi inson ongida tezroq idrok etiladi. Interfeysni loyihalashda responsivlik ham inobatga olingan. Ya'ni, sayt turli ekran o'lchamlarida to'g'ri va qulay ko'rinishda qoladi. Buning uchun CSS Flexbox/Grid texnologiyalaridan foydalanilib, komponentlarning joylashuvi mobil qurilmalarda vertikal tartibga o'tishi, keng ekranda esa yonma-yon joylashishi ta'minlandi. Shuningdek, agar foydalanuvchi smartfon yoki planshetdan kiritish jarayonida xatoga yo'l qo'ysa (matn kiritmay "Tahlil" tugmasini bosib yuborsa), interfeys buning oldini olib, mos ravishda ogohlantiruvchi xabar chiqish (validation) imkoniyatlariga ega.

Demo sahifa tuzilmasini qisqacha tasvirlaydigan bo'lsak, u quyidagicha: yuqorida sayt sarlavhasi va menyu, markazda chapda "CSV yuklash" bloki va o'ngda "Matn kiritish" bloki (yoki ketma-ket tartibda, ekran kengligiga qarab), pastroqda esa natija paneli joylashgan bo'ladi. Agar foydalanuvchi biror rejimni tanlamay to'g'ridan-to'g'ri matn kiritishni boshlasa, tizim avtomatik ravishda shu rejimga o'tadi. Interfeys foydalanuvchining odatiy xatti-harakatlarini oldindan hisobga olgan holda ishlab chiqilgan. Matn kiritish maydoniga biror matn yozilishi bilan "Tahlil qilish" tugmasi faol (enabled) holatga o'tadi. Shu tariqa har bir elementning holati foydalanuvchi harakatiga javoban moslanadi. Umuman olganda, foydalanuvchi interfeysi zamonaviy veb-ilova dizayn prinsiplari asosida yaratilgan bo'lib, yuklash tezligi, interaktivlik va soddalikka alohida e'tibor berilgan. Intuitiv interfeys ortida jiddiy dizayn qarorlari yotadi. Ya'ni, foydalanuvchi uchun "hammasi o'z-o'zidan tushunarli" bo'lishi uchun dizayner va dasturchilar oldindan puxta mehnat qilishgan. Natijada, sentiment axborot tizimdan foydalanish jarayoni foydalanuvchi uchun iloji boricha qulay va samarali tashkil etildi: u bir necha oddiy qadam bilan o'zbek tilidagi matnlarning sentimentini aniqlashi va natijalarni ko'rishi mumkin. Ushbu maqolada keltirilgan yechimlar va tavsiflar ilmiy yondashuv (UML diagrammalar, algoritmlar) va amaliy tajriba (texnologik tanlov va tuzilma) uyg'unlashgan holda, zamonaviy tizim muhandisligi tamoyillari asosida keltirildi.

Xulosa

Ushbu maqolada sentiment tahlil vazifasini amalga oshiruvchi zamonaviy axborot tizimi arxitekturasining barcha qatlamlari – frontend, backend, ma'lumotlar bazasi, ML modeli – ilmiy asosda tahlil qilindi va ularning o'zaro integratsiyasi aniqlashtirildi. Taklif etilgan arxitektura RESTful mikroservislar asosida qurilgan bo'lib, modulga asoslangan dizayn tizimning kengayuvchanligini va xatolarga chidamliligini ta'minlaydi. XLM-RoBERTa modeli yordamida sentiment aniqligi yuqori bo'lishi ($AUC \approx 0.96$) tizimning ilmiy asosiligi va amaliy samaradorligini isbotlaydi. Interfeys soddaligi, tizim tezligi va Docker yordamida konteynerlash texnologiyasi esa real vaqtda foydalanish qulayligini ta'minlaydi. Yagona ekotizim sifatida bu yechim o'zbek tilida avtomatik matn tahlili uchun barqaror, masshtablanuvchan va ilmiy jihatdan asoslangan platforma yaratishga xizmat qiladi. Tizimning modulli arxitekturasi esa kelgusida boshqa NLP vazifalarini (masalan, named entity recognition (NER), topic modeling) integratsiyalash imkoniyatini ham beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Suyunova, M. (2025). SENTIMENT ANALYSIS RESEARCH AND IMPORTANCE. *Journal of Applied Science and Social Science*, 1(2), 891-897.
2. Muniraja, M., Bharadwaj, S., Marupudi, H., Santhosh, C., More, K., Valla, A. A., & Maddi, D. (2025, May). Sentiment Analysis of Customer Satisfaction Using ML Models. In *2025 Global Conference in Emerging Technology (GINOTECH)* (pp. 1-6). IEEE.
3. Das, A., Gunturi, K. S., Chandrasekhar, A., Padhi, A., & Liu, Q. (2021, December). Automated pipeline for sentiment analysis of political tweets. In *2021 international conference on data mining workshops (icdmw)* (pp. 128-135). IEEE.
4. Boltayevich, E. B., Tursunaliyeva, A. M., Ilxomovna, A. X., Xolmo'minovna, A. O., & Farkhodovich, K. B. (2024, February). Modeling of Models and Processes that Differentiate Semantically Polyfunctional Words in the Context of the Uzbek Language. In *International Congress on Information and Communication Technology* (pp. 421-431). Singapore: Springer Nature Singapore.
5. Garg, A., & Sharma, D. (2025). AI Insights: Navigating Education News Ethically Through Aggregation and Sentiment Analysis. *Ethical Decision-Making Using Artificial Intelligence: Challenges, Solutions and Applications*, 313-342.
6. Yadav, A., & Vishwakarma, D. K. (2020). Sentiment analysis using deep learning architectures: a review. *Artificial Intelligence Review*, 53(6), 4335-4385.
7. Bommagani Ramesh, D. G. A STUDY ON UML DIAGRAMS FOR TOURIST PLACE REVIEW SENTIMENT ANALYSIS CLASSIFICATION USING MACHINE LEARNING.
8. Gupta, R., Sameer, S., Muppavarapu, H., Enduri, M. K., & Anamalamudi, S. (2021, September). Sentiment analysis on Zomato reviews. In *2021 13th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)* (pp. 34-38). IEEE.
9. Lüftenegger, E., & Softic, S. (2020, September). Sentipromo: a sentiment analysis-enabled social business process modeling tool. In *International Conference on Business Process Management* (pp. 83-89). Cham: Springer International Publishing.
10. Söderman, O. (2025). Comparison of web application architecture styles.
11. <https://amlanscloud.com/apparchitecture/>
12. <https://www.intellectsoft.net/blog/web-application-architecture/>
13. <https://huggingface.co/docs/transformers/en/index>
14. <https://medium.com/design-bootcamp/3-key-principles-for-creating-an-intuitive-user-interface-6189a6165134>



5G TARMOQLARIDA CHEGARAVIY HISOBLASH RESURSLARINI BOSHQARISHGA MO‘LJALLANGAN AQLLI TIZIM

Aybek Xaytbayev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Email: xaytbaev.aybek.81@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada 5G tarmoqlarida chegaraviy hisoblash (MEC) resurslarini boshqarish uchun taklif etilgan aqlli tizim – REx (Resource Exchange) platformasi arxitekturasi va ishlash prinsiplari batafsil tahlil qilingan. Telekommunikatsiya tarmoqlarining yuklama va kechikish muammolarini bartaraf etish uchun MEC texnologiyasi yordamida ilovalarni tarmoq chekkasida avtomatik taqsimlash konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan platforma yordamida xizmat ko‘rsatuvchi provayderlar o‘z ilovalarini kerakli hududlardagi MEC tugunlariga joylashtirish orqali transport tarmoqlaridagi yuklamani kamaytirish va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Maqolada REx platformasining ikki asosiy ishlash rejimi – talab bo‘yicha va avtomatik rejim tahlil qilinib, trafikni oldindan bashorat qilish uchun genetik algoritmlar qo‘llanilgani qayd etiladi. Modellashtirish natijalari REx platformasi yordamida tarmoq samaradorligini 30% dan ko‘proq oshirish mumkinligini ko‘rsatadi. Shuningdek, real tarmoq trafigi asosida o‘tkazilgan tajribalarda ilovalarning minimal uzilish bilan migratsiyasi va transport tarmog‘ining yengillashuvi kuzatilgan. Platformaning 6G tarmoqlari uchun ham potentsial qo‘llanilishi va yuqori masshtablilik, past kechikishli xizmat ko‘rsatish, tarmoq topologiyasining dinamik moslashuvi kabi afzalliklari ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: 5G tarmoqlari, MEC (Mobile Edge Computing), REx platformasi, chegaraviy hisoblash, ilovalarni avtomatik taqsimlash, tarmoq yuklanishi, genetik algoritmlar, transport tarmog‘ini optimallashtirish, xizmat ko‘rsatish sifati (QoS).

Kirish

Hozirgi kunda telekommunikatsiya tarmoqlarida ma’lumotlar oqimi hajmining jadal oshib borishi natijasida tarmoq infratuzilmasini samarali boshqarish, yuklamani kamaytirish va xizmatlar sifatini oshirish masalalari dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, 5G tarmoqlarida kechikish vaqtlarini minimallashtirish, yuqori ishonchlilik va keng polosali xizmatlarni taqdim etish kabi talablar tarmoq operatorlari oldida yangi muammolarni yuzaga keltirmoqda. Bu borada Mobile Edge Computing (MEC) texnologiyasining joriy etilishi muhim bosqich bo‘lib, u ma’lumotlarni tarmoqning chekka qismida qayta ishlash imkonini beradi. Shu bilan birga, xizmatlarni optimal joylashtirish va resurslardan oqilona foydalanishni ta’minlash maqsadida yangi boshqaruv mexanizmlariga ehtiyoj ortib bormoqda. Mazkur maqolada ushbu ehtiyojni qondirish uchun taklif etilgan REx (Resource Exchange) platformasining arxitekturasi, ishlash prinsiplari va tarmoq samaradorligini oshirishdagi o‘rni batafsil yoritib beriladi. Telekommunikatsiya texnologiyalari va internet-ilovalarning rivojlanishi bilan tarmoqdagi yuklama ortib bormoqda. Xizmatlarni taqdim etish tezligi va kechikishi ushbu sohani baholashning asosiy mezonidir, shuning uchun aloqa kanallarining sig‘imini oshirishdan tashqari, tarmoq infratuzilmasini optimallashtirish kerak. Aloqa kanallarining sig‘imini cheksiz oshirish iqtisodiy va jismoniy sabablarga ko‘ra mumkin emas, shuning uchun ilmiy hamjamiyat turli xizmatlar uchun taqsimlangan hisoblash usullarini ishlab chiqmoqda. Taqsimlangan hisoblash yo‘nalishidagi muhim qadam CDN (Content Delivery

Network, kontentni yetkazib beruvchi tarmoq) texnologiyasining paydo bo'lishi edi. Ushbu texnologiyaning afzalligi shundaki, xizmat ko'rsatuvchi provayder o'z serverlarini mintaqaviy xususiyatlarga ko'ra mijozlarga imkon qadar yaqinroq joylashtiradi. So'nggi yillarda MEC (Mobile Edge Computing, chegaraviy hisoblash) texnologiyalarini joriy etish usullari ham katta e'tibor bilan o'rganilmoqda. CDN birligi bo'lsa operator yoki shahar boshiga o'rtacha edi, keyin MEC tugunlaringizni to'g'ridan-to'g'ri tayanch stantsiyalarga yoki tayanch stantsiyalar guruhlariga joylashtirish imkonini beradi. Shuningdek, MECning afzalligi CDN dagi kabi doimiy emas, balki qisqa vaqt ichida tugunning hisoblash maydonini egallash qobiliyatidir. Edge computing, ilovalarni abonentlarga iloji boricha yaqinroq yuklash orqali tarmoqning juda yuqori kechikishi, juda past ma'lumotlarni uzatish tezligi va transport tarmoqlarida yuqori yuklanish kabi ko'plab telekommunikatsiya muammolarini hal qilish imkonini beradi. Ilova tayanch stantsiya darajasida joylashganida, tarmoq yuklamasi kamayadi va bu operator tomonidan taqdim etiladigan xizmatlarga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga, transport tarmoqlari tuzilmasini optimallashtirish masalasi bugungi kunning eng muhim masalalaridan biridir.

So'nggi paytlarda aloqa tarmoqlarida avtomatlashtirish va moslashuvchan tarmoq strukturasi rivojlantirish tendentsiyalari kuzatilmoqda, aloqa tarmoqlarining rivojlanishi qo'lda o'tishdan so'nggi yillarda aloqa operatorlari o'tayotgan moslashuvchan virtuallashtirilgan arxitektura o'tmoqda. Shuningdek 3ta GPP standartlari doirasida tarmoq funksiyasini virtualizatsiya qilish (NFV, Network Functions Virtualization) aloqa operatorlari tomonidan muvaffaqiyatli baholandi va tarmoq samaradorligini oshirish, shu jumladan tarmoq topologiyasini optimallashtirish nuqtai nazaridan ko'rsatdi. Bundan tashqari, beshinchi avlod tarmoqlari doirasida 5 G ultra past kechikishlar bilan o'ta ishonchli aloqani tashkil etish (URLLC, Ultra-Reliable Low Latency Communication) va ommaviy mashinadan mashinaga o'zaro ta'sir (mMTC, Massive Machine-Type Communications) markazlashtirilgan topologiyaga ega tarmoqlar uchun qiyin bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, tarmoq monitoringi, xususan, tashuvchi toifasidagi uskunalar, tarmoq va uning elementlari uzoq xizmat muddati davomida bir xilda yuklanishi mumkin bo'lgan ideal statik tarmoq topologiyasi yo'qligini ko'rsatadi [1].

MEC tugunlarda ilovalarni avtomatik taqsimlash uchun yechim taklif qilingan. Yechimning ajralmas afzalligi shundaki, serverlarda nafaqat operator ilovalarini, balki uchinchi tomon ilovalarini ham joylashtirish mumkin. REX tomonidan taklif qilingan yechim platforma ilovalarni optimal MEC tuguniga yuklash usulini avtomatlashtirish imkonini beradi.

Taklif etilayotgan platforma tufayli abonentlar va ilova o'rtasidagi masofani minimal darajaga qisqartirish va shu tariqa kechikishni kamaytirish, xizmat ko'rsatuvchi provayderning markaziy bulutiga va aloqa operatori tarmog'idagi yuklamani kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, taklif qilingan yechimning boshqa afzalliklarini sanab o'tish mumkin:

- Platforma aloqa operatorining hisoblash resursidan boshqa ishtirokchilarga xizmat ko'rsatuvchi provayder sifatida foydalanish imkonini beradi.
- Platforma xizmat ko'rsatuvchi provayderlarga taqdim etilayotgan xizmatlar sifatini yaxshilash, ularni oxirgi foydalanuvchilarga yaqinlashtirish maqsadida cheklangan vaqtga tarmoq operatori infratuzilmasida o'z ilovalarini joylashtirish imkonini beradi.
- Platforma aloqa operatori va xizmat ko'rsatuvchi provayderning bulutli infratuzilmasi uchun MEC orkestratori vazifasini bajaradi va API orqali o'zaro aloqa qilish imkoniyatiga ega.
- Taklif etilayotgan tizimda tarmoq operatori va xizmat ko'rsatuvchi provayder bir-biridan



mustaqildir.

Aloqa tarmoqlarini rivojlantirish istiqbollarini hisobga olgan holda shuni ham ta'kidlash kerakki, taklif etilayotgan platforma oltinchi avlod aloqa tarmoqlarining (6G) asosiy potentsial xususiyatlarini hisobga olgan holda 5G dan keyingi davrda tadqiqotlarni qo'llab - quvvatlashi mumkin.

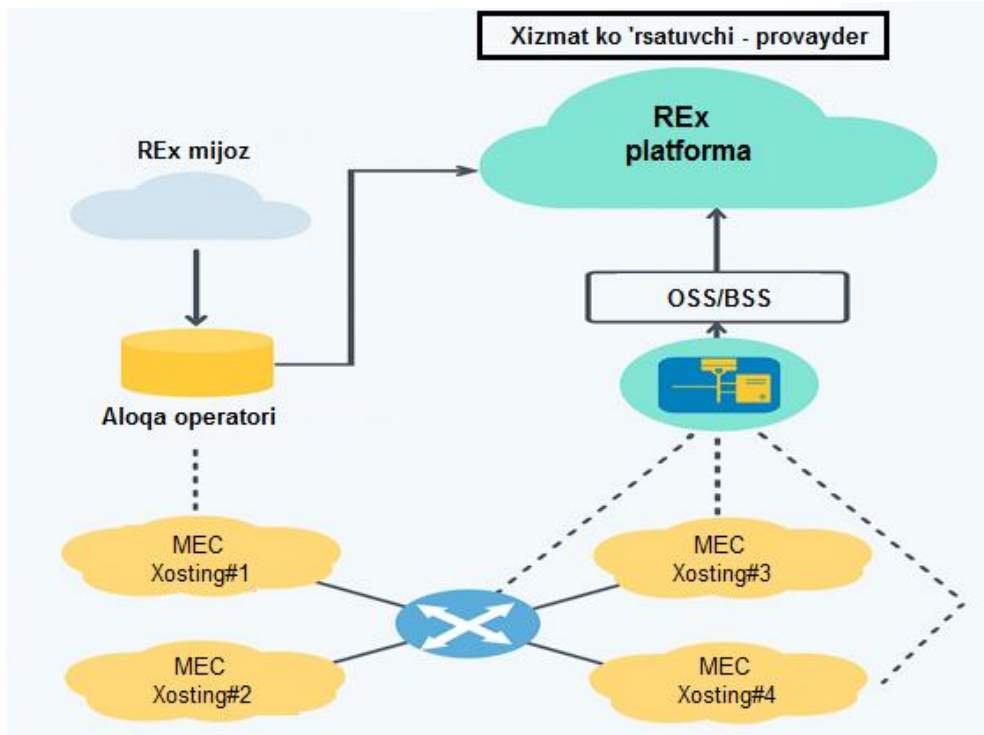
Bundan tashqari taklif etilayotgan platforma tarmoq uskunalari samaradorligini ba'zi hollarda 30% dan ko'proq oshirishi mumkinligini ko'rsatgan simulyatsiya natijalari tasvirlangan.

Masalaning qo'yilishi

Abonentlarning internet xizmatlariga bo'lgan talabi kundan-kunga ortib borayotgani aloqa operatorlarining transport tarmoqlarining yuklamaning ko'payib ketishi bilan bog'liq katta muammo tug'dirmoqda. MEC texnologiyalarini joriy etish MEC tugunlari o'rtasida dastur taqsimoti yuklamlarini kamaytirish imkonini beradi. MEC tugunlaridan foydalanish masalasi aloqa tarmoqlari ishlashining turli jihatlarini ko'rib chiqishni talab qiladi, chunki, masalan MEC tuguniga tushirishda tugun tomonidan xizmat ko'rsatadigan hududda talab past bo'lgan ilovalar, bunday harakatning samaradorligi nolga teng bo'ladi. Aksincha, tugunning xizmat ko'rsatish zonasida yuqori talabga ega bo'lgan ilovani joylashtirish orqali transport tarmog'ini tushirish va ko'rsatilayotgan xizmat sifatini oshirish hisobiga yuqori samaradorlikka erishamiz. Shuni hisobga olish kerakki, arizalarga talab vaqt o'tishi bilan doimiy emas va kunning vaqtiga, haftaning kuniga va hokazolarga qarab o'zgarishi mumkin. Shunday qilib, transport tarmog'ini yengillashtirish va QoSni oshirish uchun kerakli vaqt oralig'ida va kerakli MEC tugunida kerakli ilovalarni tushirishni amalga oshiradigan algoritmlar kerak. Taklif qilingan MEC tugunlarini boshqarishning aqlli tizimi tomonidan hal qilinadigan asosiy muammo bo'lgan minimal operator resursidan foydalanish orqali amalga oshiriladi.

Taklif etilayotgan platformaning arxitekturasi (REx, Resource Exchange platform)

REx platformasi 1-rasmda ko'rsatilganidek, xizmat ko'rsatuvchi provayder va internet provayder o'rtasida ma'lumotlar almashinadigan mustaqil platformadir. Ushbu elementni joriy etish zarurati operator va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasida aloqa kanallarini tashkil qilish har doim ham mumkin emasligi bilan izohlanadi. Ayniqsa, agar xizmat ko'rsatuvchi provayder boshqa mamlakatda joylashgan bo'lsa. REx platformasi operatorlarga o'z xizmatlari haqida ma'lumotlarni o'z veb-saytida joylashtirish imkonini beradi. Xizmat ko'rsatuvchi provayderlar esa real vaqt rejimida REx platformasi orqali operator resurslarini ma'lum vaqtga bron qilishlari mumkin REx ish jarayoni diagrammasi ko'rsatilgan, bu yerda operator va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasidagi o'zaro aloqaning butun jarayoni avtomatik ravishda amalga oshiriladi. Internet-provayder va xizmat ko'rsatuvchi provayder platformaga ulanadi. Birinchisi, ma'lum bir chekka hisoblash tizimidagi mavjud resurslar haqida ma'lumot beradi. Xizmat ko'rsatuvchi provayder ushbu chekka hisoblash tizimi haqida ma'lumot olish uchun obuna bo'ladi. Keyingi REx Platforma mavjud resurslar to'g'risidagi ma'lumotlarni e'lon qiladi. Xizmat ko'rsatuvchi provayder platformaga ma'lumotlarni joylashtirish uchun so'rov yuboradi. Internet-provayder va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasida dasturni tarmoq chetiga ko'chirishga tayyorgarlik ko'rilmoqda, bu esa migratsiyani boshlash uchun to'g'ri ma'lumotlarni almashishni o'z ichiga oladi. Nihoyat, xizmat vakili ma'lumotlarini MECga ko'chirish jarayoni sodir bo'ladi [2]. Ushbu maqolada 1-rasmda ko'rsatilganidek, uchta asosiy komponentdan, ya'ni bulutli xizmat ko'rsatuvchi provayder, tarmoq operatori va REx platformasidan iborat arxitekturani ko'rib chiqilgan.



1-rasm. REX integrallashgan platformali tarmoqning prinsipial sxemasi

Tarmoq operatori - MEC xostlari joylashgan tarmoq infratuzilmasi.

Xizmat ko'rsatuvchi provayder - bulutli hisoblash shaklida taqdim etilgan raqamli xizmatlarni taqdim etuvchi operator.

Provayder REX platformalar - REX platformasi xizmatlarini ko'rsatuvchi operator .

REx platformasi - xizmat ko'rsatuvchi provayder va tarmoq operatori o'rtasida raqamli xizmatlar almashinuvini osonlashtiradi.

MEC - raqamli xizmatlarni joylashtirish uchun tarmoqning chekkasida o'rnatilgan Docker dasturiga ega hisoblash tizimi.

REx arxitekturasi

REx arxitekturasi REX mijoz va REX serveridan iborat.

1. REX Server REX platformasi provayderining ma'lumotlar markaziga o'rnatilgan .

2. REX mijoz tarmoq operatori va xizmat ko'rsatuvchi provayder infratuzilmasida o'rnatilgan:

a. API orqali ulanadi OSS / BSS ga tarmoq operatori.

b. API orqali ulanadi xizmat ko'rsatuvchi provayderning boshqaruv tizimiga.

Bulutli xizmat ko'rsatuvchi provayder xizmatni, shuningdek, xizmatni joylashtirish va yetkazib berish mumkin bo'lgan joyni taqdim etadi. Tarmoq operatori tizimning tayanchi bo'lib, MEC tugunlarini o'rnatish mumkin bo'lgan turli xil telekommunikatsiya tugunlari to'plamidan iborat. Maqolada simulyatsiya modellashtirish maqsadida operator tarmog'i etita zonaga bo'lingan, ularning har biri o'z MEC tuguniga ega. Mustaqil REX platformasi xizmat ko'rsatuvchi provayder va tarmoq operatori o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini ta'minlaydi. Ushbu ma'lumotlarni uch xil turga bo'lish mumkin: chekka bulutda hosting xizmati narxi, xizmat chekka bulutda joylashgan vaqt va bitta chekka bulut modulida xizmat tomonidan egallangan resurslar, masalan, operativ xotira, protsessor, tarmoqli kengligi va ROM larni o'z ichiga oladi.



Stendda har bir xizmat Docker konteyneri orqali taqdim etiladi va barcha konteynerlar sukut bo'yicha bulutli ilovada ishlaydi, ular markazlashtirilgan tizimni ifodalaydi. Keyin har bir xizmat uchun o'tkazish so'rovlari yaratiladi va xizmatlarning nusxalari kerakli tarmoq operatori hududiga joylashtiriladi. Bunday stsensariy aloqa operatoriga uchta muhim foyda keltirishi mumkin:

- Transport tarmog'idagi yuklamani engillashtirish.
- Xizmatni taqdim etishda ma'lumotlarni uzatishda tarmoq kechikishini kamaytirish.

Markaziy bulut xizmatlariga yukni kamaytirish.

Platformani o'rnatish

Quyida platformani tarmoq operatori bilan integratsiya qilish uchun taklif qilingan stsensariy keltirilgan:

- Tarmoq operatori REX mijozini o'z tomoniga o'rnatadi.
- Xizmat ko'rsatuvchi provayder REX platformasida ro'yxatdan o'tadi .
- API ulanishi uchun noyob kalitni oladi .
- Tarmoq operatori har bir MEC tugunini ro'yxatdan o'tkazadi OSS platformasida/BSS.
- MEC tugunining holati haqidagi ma'lumotlarni platformada e'lon qiladi.
- Operatorga obuna bo'lgan xizmat ko'rsatuvchi provayder haqida ma'lumot oladi
- aloqa tarmog'ining periferiyasi. REX platformasi kerakli huquqlarga ega bo'lgan konteynerlarni tushirish funksiyalarini bajaradi.

• Telekommunikatsiya operatori va bulutli xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasida samarali tahlil qilish va ma'lumot almashish uchun quyidagi ma'lumotlar uzatiladi:

1. xizmat ko'rsatish zonasi (saytlar ro'yxati);
2. mavjud bo'lgan tasodifiy kirish xotirasi (RAM);
3. mavjud uzatish kanalining tarmoqli kengligi;
4. protsessorning mavjud hisoblash resurslari;

video kartaning mavjud hisoblash resurslari (video karta resurslarini talab qiladigan xizmatlar uchun).

Ilovalarni tushirish

Ilovalarni yuklash platformaning ajralmas qismidir. Platformaning asosiy xususiyatlaridan biri shundaki, ilovalar Docker konteynerlarida joylashtirilishi kerak. Bu xizmatlarni moslashuvchan va samarali avtomatik tushirish imkonini beradi. Yuklamani tushirish jarayoni quyidagicha:

- Docker konteyner tasvirini yuklash ;
- MEC tuguni va xizmat ko'rsatuvchi provayderning markazlashtirilgan bulutli xizmati o'rtasida tunnel yaratish ;

- tunnel orqali tasvirni yuborish;
- ishga tushirish tasviri;

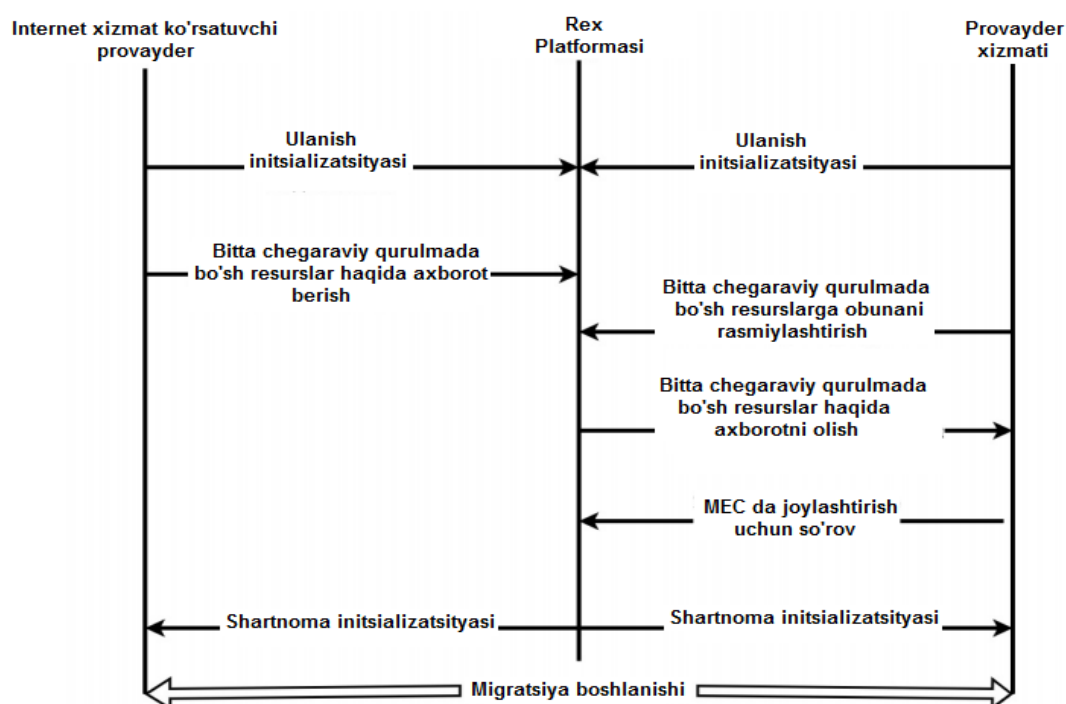
ilovalar o'rtasida xizmat aloqasini ta'minlash uchun dasturdan foydalanish muddati davomida tunnelni saqlash.

Genetik algoritim

Genetik algoritim (GA) - tabiiy tanlanishga o'xshash mexanizmlar yordamida kerakli parametrlarni tasodifiy tanlash, birlashtirish va o'zgartirish orqali optimallashtirish va modellashtirish masalalarini hal qilish uchun ishlatiladigan evristik qidiruv algoritmi hisoblanadi. Kirish sifatida netconf kollektor ma'lumotlaridan foydalanilgan , ya'ni quyidagi qiymatlar olingan:

1. har bir zona uchun har bir ariza uchun so'rovlar intensivligi; (netconf ko'rsatkichlari asosida);
 2. o'rtacha paket uzunligi;
 3. ilovaning operativ xotirasi;
 4. konteyner hajmi;
- minimal o'tkazish tezligi.

Yuqoridagi parametrlarning har biri genetik algoritmi (GA) uchun xromosomalardir. U o'z navbatida, abonent trafikini bashorat qiladi va MEC tugunlarida xizmatlarni joylashtirish imkoniyatini modellashtiradi. REX ni oldindan hisoblash va uchinchi shaxslardan so'rash mumkin. REX platformasi algoritmlarini batafsil ko'rib chiqilgan, ilovalarni ko'chirish uchun 2-rasmda dasturni bulutdan MECga ko'chirish ko'rsatilgan.



2-rasm. REX operatsiyalari ketma-ketligi sxemasi

Tugun A - bulutli server, tugun B - MEC tugunlari migratsiya uchun Docker konteyneri bulutdan (tasvir) MEC tuguniga klonlanadi. Keyinchalik, konteyner ishga tushiriladi va jarayonlar bulutli tugun bilan sinxronlashtiriladi. Nuqtadan nuqtaga yaratiladi bulut va chekka hisoblash tizimi o'rtasidagi kanal ochiladi. Keyinchalik mijoz bilan aloqani yo'qotmaslik uchun port raqamlashni saqlab, ulanishlarni blokirovka qilinadi. 3-rasmda internet-operator va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasida xizmat ko'rsatish darajasi bo'yicha shartnomani avtomatik ravishda tuzish algoritmi ko'rsatilgan. OSS/BSS barcha MEC tugun manbalariga kirish huquqiga ega va REXga xabar beradi va bo'shatilgan resurslar haqida tarmoq provayderi ma'lumot beradi. Shuningdek, kerakli MEC hosting parametrlari haqida ma'lumot beradi. Agar tugun band bo'lmasa, u haqidagi ma'lumotlar doimiy ravishda yangilanadi, aks holda xizmat ko'rsatuvchi provayder barcha tugunlar uchun noyob bo'lgan avtorizatsiya kaliti bilan ta'minlanadi.


Algorithm 1 Service Migration

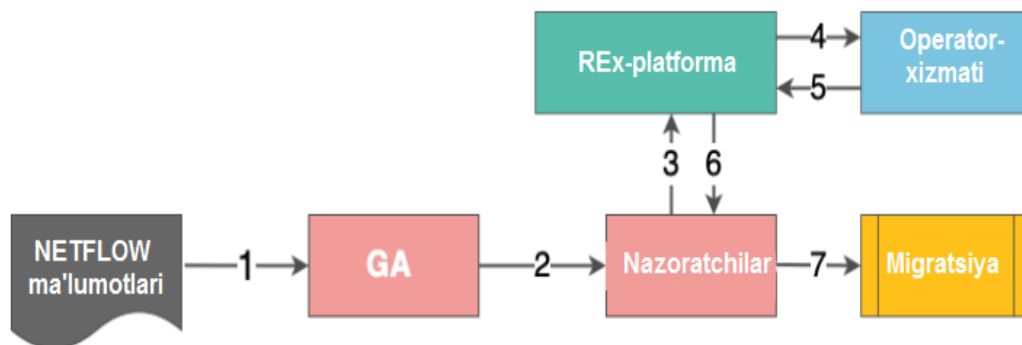
```

1: Run docker container on node A.
2: Input: N (number of session), P (number of migration), j (iteration number)
3: for all i=0, j<=P do
4:   stA=container status on node A.
5:   stB=container status on node B.
6:   if actual number of session == N & stA ==1 then
7:     Cloning container from ftp-server to node B
8:     Sync processes
9:     Reorganize the p2p channel (restAPI)
10:    Delay (2s)
11:    Send to generator command to check loss packets
12:   else if actual number of session==N & stB==1 then
13:     Cloning container from ftp-server to node A
14:     Sync processes
15:     Reorganize the p2p channel (restAPI)
16:     Delay (2s)
17:     Send to generator command to check loss packets
18:   end if
19: end for

```

3-rasm. Xizmat ko'rsatish algoritmining tavsiflari

Tarmoq tekshiruvchi NetFlow statistikasini oladi uzoq vaqt davomida hamda haftaning kunlari bo'yicha tarmoq segmentlarini ajratadi. Keyin har kuni foydalanuvchi trafiginu bashorat qilish bilan tez-tez tahlil qilish boshlanadi, kun oxirida natijani standart bilan taqqoslaydi va xatoni ko'rsatadi. Shundan so'ng, xato 20% dan kam bo'lgan paytda, erta migratsiya jarayoni boshlanadi. MEC da ma'lumotlar uzatishni amalga oshirish uchun qurilmalarning ulanish diagrammasi 4-rasmda ko'rsatilgan.



4-rasm. REX platformalarlarni ulanish sxemasi

Tajriba natijalari

Astersik xizmat ko'rsatish uchun dastur sifatida ishlatilgan. Bu ofis avtomatik telefon stantsiyasining dasturiy ta'minoti hisoblanadi. Tegishli telefoniya apparat interfeyslari va asterisk tarmoq ilovalari bilan birlashganda an'anaviy telefon apparatlari, umumiy kommutatsiyalangan telefon tarmog'idagi (UfTT) manzillar va IP orqali ovoqli qurilmalar yoki xizmatlar kabi aloqaning so'nggi nuqtalari o'rtasida telefon qo'ng'iroqlarini o'rnatish va boshqarish uchun ishlatiladi. (Internet Protokol, VoIP). Uning nomi ko'p chastotali terishda ishlatiladigan signalni ko'rsatish

uchun ishlatiladigan "yulduzcha" belgisidan kelib chiqqan [3].

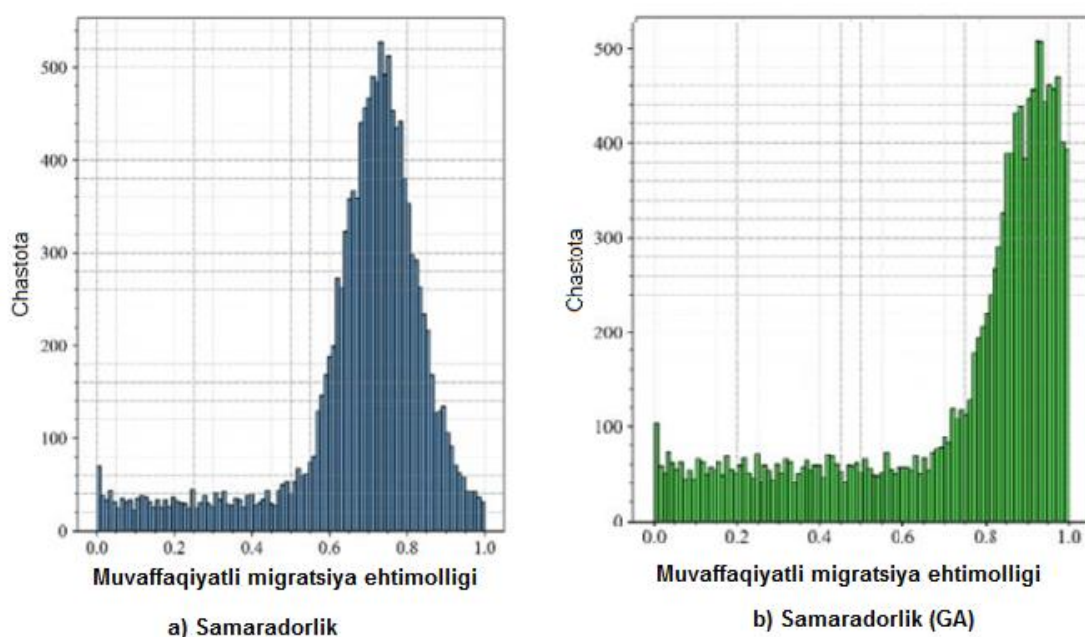
Yulduzcha nafaqat shaxsiy telefon tizimlari, balki VoIP shlyuzlari, qo'ng'iroq markazi tizimlari, konferentsiya ko'prigi, ovozli pochta serverlari va real vaqt rejimida aloqani o'z ichiga olgan boshqa barcha turdagi ilovalarning ishlashini ta'minlaydi [4, 5].

Yulduzcha ilova aloqa serveri vazifasini ham bajarishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, Apache veb-server bilan taqqoslash mumkin HTTP protokoli orqali ma'lumotlarni jo'natish va qabul qilishning barcha past darajadagi tafsilotlarini boshqaradi. Yulduzcha turli xil aloqa protokollari yordamida ma'lumotlarni jo'natish va qabul qilishning barcha past darajadagi tafsilotlarini boshqaradi. Apache'ni o'rnatishda bundan tashqari, veb-server mavjud va u veb -ilovalarni yaratishga imkon beradi. Biroq asteriskni o'rnatishda aloqa serveri bor va u aloqa ilovalarini yaratish uchun mo'ljallangan.

Tarmoqning chekkasida dasturning ishlashini aniqlash uchun tarmoq trafigi haqiqiy tarmoq operatoridan olingan ma'lumotlardan olingan, so'ngra NetFlow tarmoq ilovasi yordamida qayta ishlangan va tahlil qilingan. Ushbu ilova har bir TCP/ IP yozuvini yaratadi. Operatsiyalar U 3x dan iborat asosiy komponentlarga quyudagilar kiradi:

1. Tarmoqni tinglaydigan va seans ma'lumotlarini yozib oladigan sensor.
2. UDP portidagi sensor tomonidan olingan ma'lumotlarni to'playdigan kollektor u qayta ishlash uchun faylda yozuvlarni yaratadi.
3. Fayllardan inson o'qiy oladigan hisobotlarni ishlab chiqaruvchi qayta ishlash tizimi.

Taklif etilayotgan arxitekturaning grafigi genetik algoritm yordamida bashoratlash natijasida yuzaga keladigan cho'qqigacha ko'chish boshlanishi stsenariysini tavsiflaydi. Ko'rib turilgandek, ko'p sonli sessiyalar bilan bashoratlash juda ijobiy ta'sir ko'rsatadi va so'rovlar manzilga etib borishi ehtimoli ko'proq bo'ladi. Bunday holda, sessiya to'xtatilgan vaqt rad etish deb hisoblanadi. Ammo shuni ta'kidlash kerakki, ko'pgina ilovalar uchun seansning uzilishi va tez tiklanishi xizmatning umumiy sifatiga ta'sir qilmaydi. Ilovalarni ikki rejimda joylashtirish samaradorligini tahlil qilish uchun umumiy transport tarmog'ining haqiqiy aloqa tarmog'i paketlaridan tushirilishi tahlil qilindi.



6-rasm. Ikki rejimning samaradorligini taqqoslash

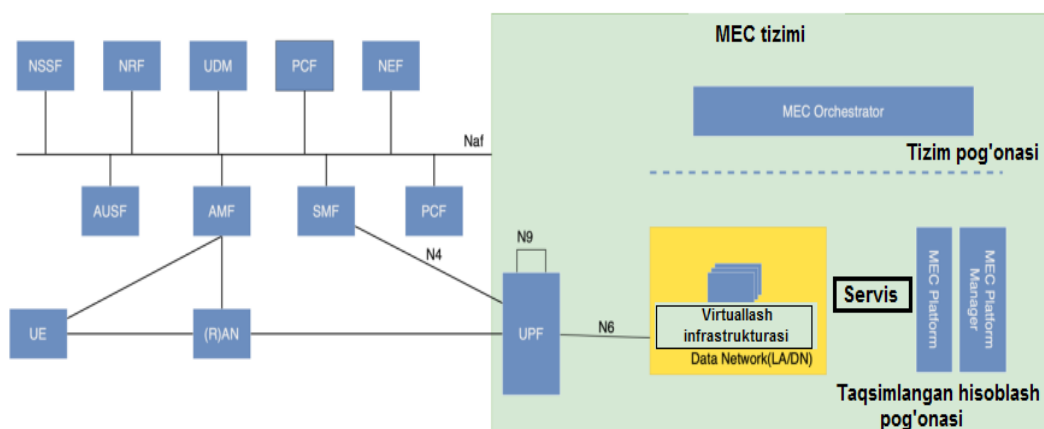


Dastlabki ma'lumotlar sifatida haqiqiy abonentlar trafigidan foydalanilgan. Platforma tomonidan ishlatiladigan GA keyingi kun uchun MEC tugunlarida ilovalarni samarali joylashtirish imkoniyatini bashorat qildi va modellashtirdi va kundan keyin xato va samaradorlik ehtimolini hisoblab chiqdi. Oldingi tajribada bo'lgani kabi ikkita ish rejimi solishtirildi va bashoratlashdan foydalanganda magistral tugunlardagi trafik kamayadi. Natijalar 6-rasmda keltirilgan. Samaradorlik MEC tugunida joylashgan dastur paketlari sonining bir xil dastur paketlarining umumiy soniga nisbati sifatida hisoblab chiqilgan.

Samaradorlikni taqsimlash shuni ko'rsatadiki, bashoratlashni qo'llash ilovalarni taqsimlash samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Bashoratlar sifatini oshirish va tushirish uchun ilovalarni tuzilmalash operator tarmoq topologiyasi samaradorligini sezilarli darajada oshiradi, aloqa tarmoqlari arxitekturasi moslashuvchan va dinamik bo'ladi. Bundan tashqari, shunday xulosaga kelish mumkin, bunday platformalar iqtisodiy nuqtai nazardan muhim, chunki tarmoqning yuklanmagan qismlaridan foydalanish mumkin.

Spetsifikatsiyaga ko'ra, tizim 5G quyidagi tuzilma variantiga ega bo'lishi mumkin, unda asosiy tarmoqning funksiyalari xizmatga yo'naltirilgan arxitekturadan foydalangan holda bir-biri bilan o'zaro ta'sir qiladi.

5G xizmatiga yo'naltirilgan arxitektura ko'rib chiqilgan MEC tarmog'i va tizim tuzilishi API bayon etilgan. 7-rasmda 5G da tarmoqda MEC tizimining integratsiyalashgan joylashuvi ko'rsatilgan.



7-rasm. 5G NSA 3GPP etalon tarmog'i

5G da tarmoq jarayonlari va xizmatlari tarmoq resurslari funksiyasi (ing. Network Resurs Funktsiya, NRF) MECda ilovalar tomonidan yaratilgan xizmatlar chekka hisoblash tizimi platformasining xizmat ko'rsatish reestrda ro'yxatga olinadi. Xizmatdan foydalanish uchun, agar u ruxsat etilgan bo'lsa, tarmoq funksiyasi xizmatni ishlab chiqaruvchi boshqa funktsiya bilan bevosita o'zaro aloqada bo'lishi mumkin. Tarmoqqa ta'sir etish funksiyasi (аНГЛ. Network Exposure Function, NEF) xizmat ko'rsatish jarayoniga markazlashtirilgan ta'sir nuqtasi sifatida ishlaydi va tizimdan tashqaridan kelib chiqadigan barcha kirish so'rovlarini avtorizatsiya qilishda asosiy rol o'ynaydi. Autentifikatsiya bilan bog'liq jarayonlar autentifikatsiya server funktsiyasi tomonidan amalga oshiriladi. Tarmoq fragmentlarini tanlash funktsiyasi (Network Dilim Tanlash Function NSSF) foydalanuvchilar uchun tegishli tarmoq fragmentlari misollarini tanlashda va kerakli kirishni boshqarish funktsiyalarini taqsimlashda yordam beradi (Access Management Functions, AMF). 5G siyosati va qoidalari tizimlar siyosatni boshqarish funktsiyasi tomonidan qayta ishlanadi (Policy

Nazorat Funktsiya , PCF).

Yagona ma'lumotlarni boshqarish (Unified Data Management UDM) foydalanuvchilar va obunalar bilan bog'liq ko'plab xizmatlar uchun javobgardir. U autentifikatsiya hisob ma'lumotlarini yaratadi, foydalanuvchi identifikatsiyasi bilan bog'liq ma'lumotlarni qayta ishlaydi, kirish avtorizatsiyasini boshqaradi (masalan, rouming cheklovlari) va tarmoq funktsiyalariga xizmat ko'rsatadigan foydalanuvchini ro'yxatdan o'tkazadi.

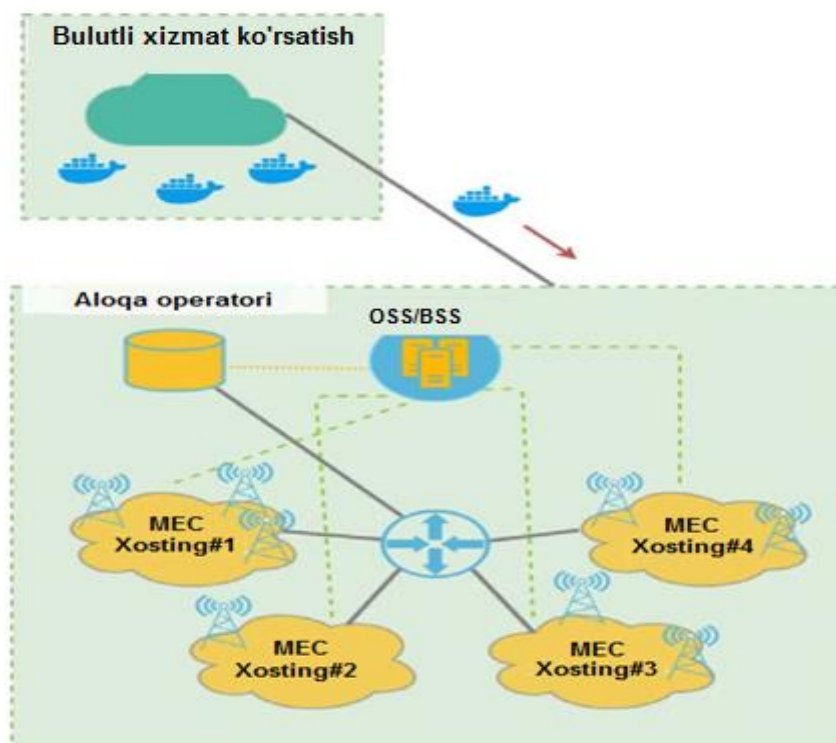
Foydalanuvchi tekislik funksiyasi (User Plane Function, UPF) MECni integratsiyalashgan joylashtirishda asosiy rol o'ynaydi 5 G tarmog'ida ishlaydi. Shuning uchun UPF MEC tizimi nuqtai nazaridan taqsimlangan va sozlanishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar tekisligi sifatida ko'rish mumkin. Ushbu ma'lumotlar maydonini boshqarish, ya'ni yo'l harakati qoidalarini sozlash endi NEF - PCF - SMF yo'nalishi bo'ylab amalga oshiriladi . Shuning uchun, ba'zi bir maxsus joylashtirishlarda, mahalliy UPF hatto MEC amalga oshirish qismi bo'lishi mumkin.

5G tizimidagi ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida joylashtiriladi . NEF paytida asosiy tarmoq funksiyasi sifatida o'xshash funktsiyalar bilan birga markazlashtirilgan tarzda joylashtirilgan tizim darajasidagi ob'ekt. NEF nusxasi MEC xostidan past kechikish, yuqori o'tkazuvchanlik xizmatlariga kirishni ta'minlash uchun tarmoq chetida ham joylashtirilishi mumkin .

Tarmoq segmenti arxitekturasi

Maqolada seansning kam yo'qotilishi bilan ilovalar migratsiyasini ta'minlash uchun dinamik algoritmi taklif qilingan. Tahlil uchun namunaviy stand yig'ildi. Taklif etilayotgan usulning o'ziga xos xususiyati dasturni docker tasviriga joylashtirishdir.

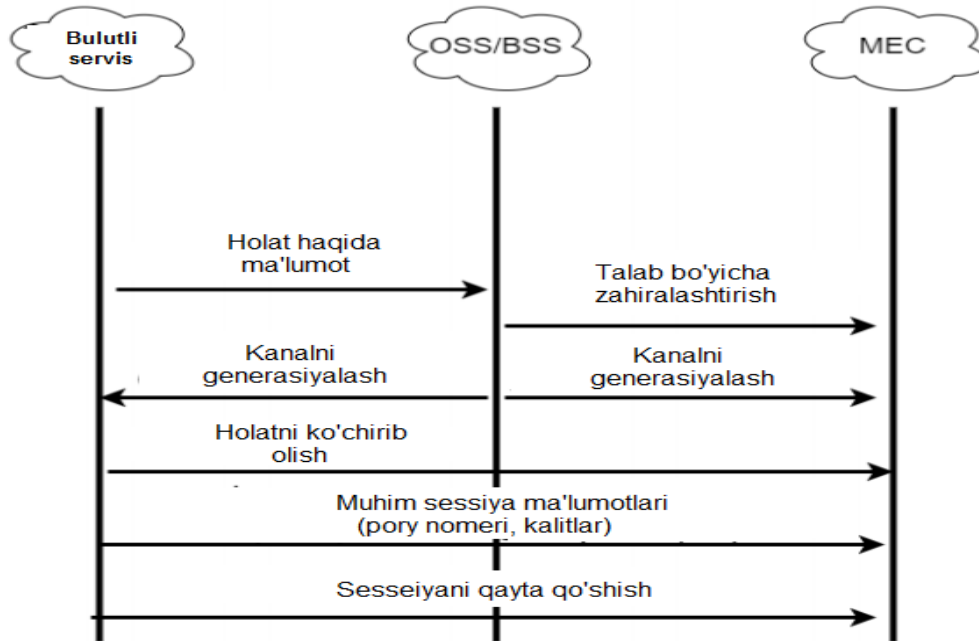
Operatorning tarmoq infratuzilmasi, 8-rasmda tasvirlangan.



8-rasm. Sinov tariqasida olingan tarmoqning namunaviy modeli



Tarmoq infratuzilmasi operator tarmog'ini to'liq takrorlaydi va EPC elementlaridan iborat bo'ladi. EPC elementlari shuningdek stend Docker ga joylashtiriladi.

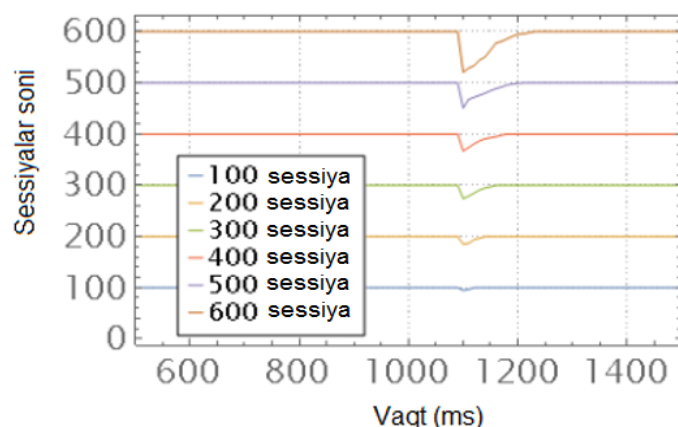


9-rasm. Migratsiya algoritmi

Taklif etilayotgan algoritm dasturni foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish holatida ko'chirish imkonini beradi. Usul oxirgi foydalanuvchilar uchun qulay migratsiyani ta'minlash uchun sessiya tushishlarini kamaytirishni o'z ichiga oladi. Usulning amallar ketma-ketligi 9-rasmda ko'rsatilgan. Migratsiya vaqtida masofaviy server MECga xabar beradi xizmatning uzluksizligini ta'minlash uchun barcha foydalanuvchi ma'lumotlarini tugunlarga ajratadi. OSS/BSS uchinchi tomon integratsiyalashgan xizmatlarini boshqarish uchun universal vosita sifatida u bulutli server va MEC tugunining o'zaro ta'siri uchun ishlatiladi. DOCKER konteynerini ko'chirishda har bir foydalanuvchining keshlangan ma'lumotlarini va sessiya xizmat ko'rsatadigan portlarni hisobga olish kerak. Shuning uchun taklif qilingan usul birinchi navbatda Dockerni yuboradi tasvir, uni MECda o'rnatadi va ishga tushiradi tugunni ishga tushiradi va keyin foydalanuvchilarni uzatishni boshlaydi.

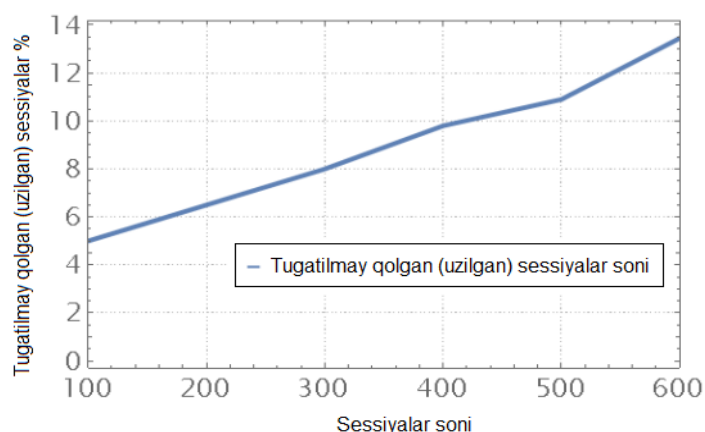
Tajribaning tavsifi

HSS xizmati tanlandi Open Air Interface dasturiy ta'minotida o'rnatilgan virtual LTE tarmoqlari bulutli serverda saqlanadi. Ushbu element tarmoq boshqaruvchisiga va to'g'ridan-to'g'ri EPC xizmatlariga kirish huquqiga ega. Taklif etilayotgan tizimdan kutilayotgan natijalar tarmoqning yuqori masshtabligi va tarmoqdagi muammoli maydonlarni tezkor aniqlashdir [6] Tajriba migratsiya jarayoniga mumkin bo'lgan ta'sirni o'rganish uchun turli xil faol foydalanuvchi seanslaridan foydalandi. Chunki faol seanslar HSS bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqaga ega. Aynan shu element mobil tarmoqlarda eng yuqori ustuvor trafikka ega. To'g'ri hisob-kitoblarni olish uchun turli xil sessiyalar soni (100-600 foydalanuvchi) tahlil qilindi. Tajribalarni takrorlash soni - 100 ta takrorlash. Har safar HSS seanslarini o'rnatgandan keyin MECga ko'chib o'tdi. 10-rasmda ko'rsatilganidek, 1100 ms dan keyin uzatish jarayoni boshlandi. Keyinchalik, paketlarni yo'qotishning o'rtacha vaqti va yo'qolgan paketlarning o'rtacha soni o'lchandi.



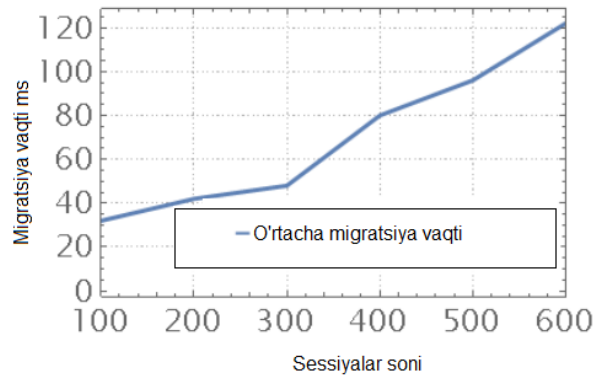
10-rasm. Vaqtga qarab seansga bog‘liqlik grafigi

Tajribaning har bir konfiguratsiyasi uchun 100 ta iteratsiyani qayta ishlash jarayonida yo‘qolgan paketlarning o‘rtacha soning qiymatlari olindi. Foydalanuvchilar soni ortishi bilan sessiya uzilishlarining o‘rtacha soni ham ortadi. Biroq, bu muhim muammo emas, chunki xatolar hisoblash quvvatidagi cheklovlar tufayli yuzaga kelgan. Bundan tashqari, sessiyani tiklash vaqti katta qiymatlarga ega emas.



11-rasm. Tugamay qolgan (uzilgan) seanslarning o‘rtacha soni

12-rasmda ko‘rsatilganidek, 600 foydalanuvchi uchun o‘rtacha tiklanish vaqti taxminan 120 ms ni tashkil qiladi, bu ovozli aloqa kanalini saqlab qolish uchun yetarli (kanal davomiyligi 125 ms).



12-rasm. O'rtacha migratsiya vaqti

Shuningdek, barcha iteratsiyalar uchun seansni tiklash va uzilgan sessiyalar uchun taqsimlash funksiyasining grafigi tuzilgan. Bu taklif qilingan algoritmnining ishlashiga to'liq baho beradi.

Xulosa

Maqolada yuqori yuklamaga ega bo'lgan tarmoqlarni qurish muammolari tahlili va ularni chekka periferik qurilmalarga yuklamalarni tushirish xizmatlari orqali hal qilish usullari keltirilgan. Tahlil asosida xizmatni optimal tushirish uchun tarmoq operatori va uchinchi tomon xizmat ko'rsatuvchi provayderlar o'rtasidagi o'zaro munosabatlar modeli taklif etiladi. Tarmoq operatori va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasidagi o'zaro aloqalarni hisobga olgan holda, chekka hisoblash qurilmalariga xizmatlarni optimal yuklash imkonini beruvchi yangi REx platformasi ishlab chiqildi. Kichik operator tarmog'idagi ishtirokchilar o'rtasidagi munosabatlar strukturasi modellashtirish platforma samaradorligini ijobiy baholashni ko'rsatdi. Genetik algoritmgaga asoslangan trafikni bashoratlash so'rovlar cho'qqisiga chiqmasdan oldin uchinchi tomon xizmat ilovalarini tushirishga yordam berishi isbotlangan, bu ilovalarning ishlaymay qolish ehtimolini kamaytiradi va transport tarmoqlarini o'z vaqtida engillashtiradi.

Adabiyotlar

1. Khakimov, A., Dynamic Algorithm for Building Future Networks Based on Intelligent Core Network / Khakimov, A., Muthanna, A., Elgendy, I. A., & Samouylov, K. // In International Conference on Distributed Computer and Communication Networks Springer, Cham. (pp. 126-136). 2020
2. Khakimov, A., Flexible architecture for deployment of edge computing applications. / Khakimov, A., Elgendy, I. A., Muthanna, A., Mokrov, E., Samouylov, K., Maleh, Y., & Abd El-Latif, A. A. // Simulation Modelling Practice and Theory, 114, 102402. 2022
3. Атея А.А. Интеллектуальное ядро для сетей связи 5G и тактильного интернета на базе программно-конфигурируемых сетей / А.А. Атея, А.С. Мутханна, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2019. – № 3. – С. 34-40.
4. S. Forge, K. Vu, Forming a 5G strategy for developing countries: A note for policy makers, / S. Forge, K. Vu, // Telecommun. Policy 44 (7) (2020) 101975.
5. S. Dang, O., What should 6G be? / S. Dang, O. Amin, B. Shihada, M.-S. Alouini // Nat. Electron. 3 (1) (2020) 20–29.
6. Parvez, I. A survey on low latency towards 5G: RAN, core network and caching solutions /



Parvez, I., Rahmati, A., Guvenc, I., Sarwat, A.I. and Dai, H. // IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20(4), pp.3098-3130, 2018.



BLOKCHAIN TEXNOLOGIYASIDA FOYDALANILADIGAN KRIPTOGRAFIK XESH FUNKSIYALAR TAHLILI

Abduraximov Baxtiyor; Allanov Orif; Turdibekov Baxtiyor

Kiberxavfsizlik va kriminalistika kafedrası, “Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti” universiteti
baxtiyorturdibekovo4@gmail.com

Annotatsiya: Blokcheyn ma’lumotlarni ishonchli tarzda bog‘laydigan tartiblangan bloklar zanjirini saqlaydigan taqsimlangan ma’lumotlar bazasidir. Bog‘langan bloklar ro‘yxatini yaratish uchun xeshlash qo‘llaniladi. Ushbu ishda zamonaviy blokcheyn tarmoqlarida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan xeshlash algoritmlari ishlashining qiyosiy tahlili o‘tkaziladi. Xususan, xesh unumdorligi, bir bayt uchun aylanishlar soni (sikl/bayt), soniyada xeshlangan xabar miqdori (MB/s) va xesh tezligi (KHash/s) bo‘yicha solishtiriladi. Turli xil xeshlash algoritmlarini qiyosiy tahlil qilish markazlashtirilmagan blokcheyn tizimlarini qurish uchun eng munosib nomzodlarni tanlash imkonini beradi.

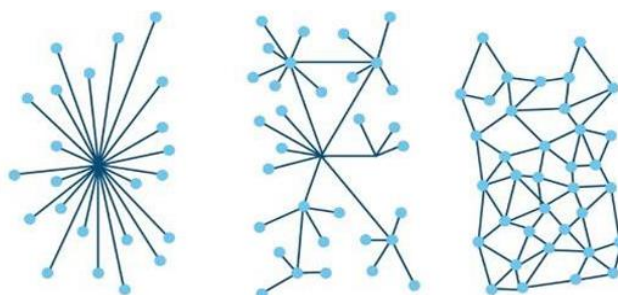
Kalit so‘zlar: xeshlash, butunlik, kriptografik algoritm, blokcheyn, kriptovalyuta.

Kirish

Blokcheyn texnologiyasiga asoslangan zamonaviy markazlashmagan axborot tizimlari va tarmoqlari tobora keng tarqalmoqda va turli ilovalarda foydalanilmoqda. Shunday qilib, blokcheyn texnologiyalari kriptovalyutalarni qurishda, turli maqsadli va funktsional vazifalarning markazlashtirilmagan tizimlarini qurishda, masalan, asosiy sertifikatlashtirish markazlarini birlashtirgan, elektron identifikatsiyalash va elektron ovoz berishning taqsimlangan markazlashtirilmagan tarmoqlarini qurishda, aqlli shartnomalar deb ataladigan qo‘llab-quvvatlanadigan axborot tizimlarini qurishda va boshqalarda foydalanilayabdi. Muayyan xesh funksiyasini tanlash blokcheyn tizimini loyihalashning asosiy vazifalaridan biridir. Quyida blokcheyn texnologiyasida foydalanish mumkin bo‘lgan xesh-funksiyalarning keng qamrovli tahlili keltiriladi.

Blokchan texnologiyasi

1-rasmda markazlashtirilgan, markazlashtirilmagan, taqsimlangan tizimlarning o‘zaro farqi keltirilgan.



Markazlashtirilgan Markazlashtirilmagan Taqsimlangan

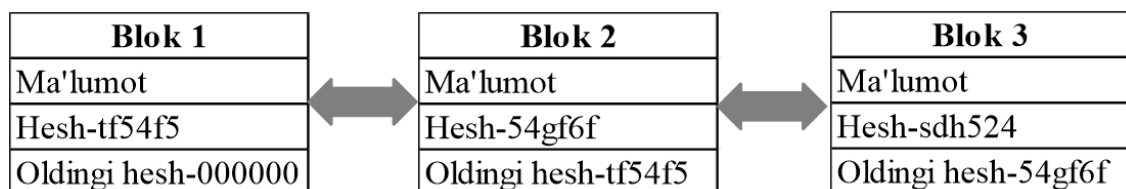
1-rasm. Markazlashtirilgan, markazlashtirilmagan va taqsimlangan tizimlar.

1. Markazlashtirilgan. Kompaniyaning aktivlari, majburiyatlari, egalarining kapitali, daromadlari va xarajatlari bilan bog'liq operatsiyalarni qayd etish uchun barcha hisoblarni o'z ichiga oladi. Markaziy partiya ma'lumotlar ustidan nazorat qilish huquqiga ega.

2. Markazlashtirilmagan. Har bir tomon hisob yozuviga ega bo'lib, bir tomonning ma'lumotlar ustidan vakolatini kamaytiradi va ma'lumotlarni kim va qachon o'zgartirganligi uchun javobgarlikni ta'minlaydi.

3. Taqsimlangan. Har bir tugun har bir elementni qayta ishlaydi va tekshiradi, shu bilan har bir elementning yozuvini yaratadi va uning haqiqiyliги bo'yicha konsensus yaratadi.

Blokcheyn - bir-biriga bog'langan bloklar zanjiridan iborat (2-rasm). Har bir tranzaksiya tizim ishtirokchilarining aksariyati tomonidan tekshiriladi. Har bir blok tranzaksiyaning har bir yozuvini o'z ichiga olinadi. U P2P (Peer-to-Peer) protokoli, raqamli shifrlash texnologiyasi, konsensus mexanizmi, aqlli shartnoma va boshqa texnologiyalarni o'zida birlashtiradi.



2-rasm. Blokchain tarkibidagi bloklar.

Quyida blokcheyn tizimlarida qo'llanilishi mumkin bo'lgan kriptografik xesh-funksiyalar samaradorligini tahlil qilish keltiriladi. Xalqaro miqyosda standartlashtirilgan eng keng tarqalgan va qo'llaniladigan kriptografik xeshlash algoritmlari, shuningdek, standartlashtirilmagan bo'lsada, blokcheyn texnologiyasi asosida qurilgan aksariyat zamonaviy markazlashtirilmagan tizimlarda qo'llaniladigan algoritmlar ko'rib chiqiladi[1].

CPU uchun xeshlash algoritmlarini o'zaro taqqoslash

Xususan, quyidagi kriptografik xeshlash funksiyalari o'rganiladi:

- ARGON kriptografik algoritmlar oilasi (ARGON2D va ARGON2I xesh funksiyalari), ba'zi kriptovalyutalarda, masalan, MMXVI da qo'llaniladi;

- BALLOON xeshlash algoritmi Deft kripto valyutasida qo'llaniladi;

BLAKE kriptografik algoritmlar oilasi quyidagi xesh funksiyalardan iborat: BLAKE224, BLAKE256, BLAKE384, BLAKE512. Ushbu algoritmlar oilasi Monero, Blakecoin, Electroneum va boshqalar kabi kripto valyutalarida qo'llaniladi.

- BMW224, BMW256, BMW384, BMW512 kabi xesh-funksiyalardan tashkil topgan BMW Kriptografik Algoritmlar oilasi. Ushbu algoritmlar oilasi CLOAK, Dark, XST, MXT, ONION va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qo'llaniladi;

- CUBEHASH algoritmlar oilasi: CUBEHASH224, CUBEHASH256, CUBEHASH384, CUBEHASH512. Bu xesh algoritmlari oilasi X17, X13, X11 va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qo'llaniladi;

- DJB-2 xeshlash algoritmi. Bu xeshlash funksiyasi kriptografik emas, lekin u X17 kriptovalyutasida qo'llaniladi;

- ECHO224, ECHO256, ECHO384, ECHO512 kabi ECHO kriptografik algoritmlar oilasi. Ushbu algoritmlar DarkCoin, Navcoin, PinkCoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qo'llaniladi;



- ED2K xeshlash algoritmi, fayl almashish tarmoqlari va eDonkey2000 va Overnet fayl almashish dasturlarida qoʻllaniladi;
- EDONR256 va EDONR512 kabi algoritmlarning EDONR oilasi;
- DAGGER-HASHIMOTO xeshlash algoritmi va uni yanada takomillashtirilgan - ETHASH algoritmi. U Ethash algoritmi bilan almashtirilgan;
- FUGUE kriptografik algoritmlar oilasi (FUGUE224, FUGUE256, FUGUE384, FUGUE512). Ushbu algoritmlar Navcoin, MinersCoin, KoboCoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi[2].
- kriptografik xeshlash algoritmi GOST34.11-94-256;
- GROESTL kriptografik algoritmlar oilasi (GROESTL224 xesh funksiyasi, GROESTL256; GROESTL384; GROESTL512), baʼzi blokcheyn tizimlarida, jumladan, Verge kriptovalyuta loyihasida qoʻllaniladi;
- HAMSI224 xeshlash funksiyalaridan tashkil topgan HAMSI kriptografik algoritmlar oilasi, HAMSI256, HAMSI384, HAMSI512. Ushbu algoritmlar Firecoin, Orlycoin, EverGreenCoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- Has160 xeshlash algoritmi;
- J-H224, J-H256, J-H384, J-H512 kabi J-H xeshlash algoritmlari. Ular Orlycoin, EverGreenCoin, XSH, Dash va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- SHA3 sifatida standartlashtirilgan KECCAK224, KECCAK256, KECCAK384, KECCAK512 kabi KECCAK xeshlash funksiyalari. Hozirgi kunda ushbu algoritmlar oilasi turli kriptovalyutalarda eng keng tarqalganlardan biri hisoblanadi. Ular Quark, METH, SMART, BIFI, GLN, TALK va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- Kupyna xeshlash algoritmi (Kupyna256 va Kupyna512 xesh funksiyalari).
- LOSELOSE xeshlash algoritmi. LOSELOSE xeshlash funksiyasi kriptografik emas, lekin u X17 kriptovalyuta algoritmidagi ishlatiladi;
- LUFFA kriptografik algoritmlar oilasi (LUFFA224 xesh funksiyasi; LUFFA256; LUFFA384; LUFFA512). Ushbu xeshlash funksiyalari Dash, Navcoin, Halcyon, Orlycoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- LYRA xeshlash algoritmlari: LYRA2RE, LYRA2REV2. Ushbu algoritmlar oilasi ORE, MONA, VTC, RUP va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- xeshlash funksiyalarining MD oilasi (MD4 va MD5);
- PANAMA256 kriptografik xeshlash algoritmi;
- PROGPOW xeshlash algoritmi. ProgPoW algoritmidagi kriptovalyuta Bitcoin Interest (BCI) hisoblanadi;
- koʻplab zamonaviy kriptovalyutalarda qoʻllaniladigan RIPEMD160 kriptografik xeshlash algoritmi;
- SCRYPT kriptografik xeshlash algoritmi. Scrypt koʻplab kriptovalyutalarda tekshirish algoritmi sifatida ishlatiladi. Algoritm birinchi marta Tenebrix uchun amalga oshirilgan va Litecoin va Dogecoin uchun asos boʻldi.
- SHA1 kriptografik xeshlash algoritmi;
- SHA2 kriptografik algoritmlar oilasi (SHA2-256 va SHA2-512 xesh funksiyalari), Peercoin, Bitcoin, NXT, Namecoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;

- SHABAL256 va SHABAL512 kabi xeshlash funksiyalarining SHABAL oilasi. Ushbu kriptografik algoritmlar Firecoin, KoboCoin, Orlycoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- xeshlash funksiyalarining SHAVITE oilasi (SHAVITE224, SHAVITE256; SHAVITE384; SHAVITE512). Bu algoritmlar Dash kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi, Bu algoritmlar Dash, PURA, SNRG, EverGreenCoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- SIMD224, SIMD256, SIMD384, SIMD512 kabi SIMD xeshlash funksiyalari. Ushbu algoritmlar Dash, EverGreenCoin, MLM, DeepOnion va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
- kriptografik algoritmlarning SKEIN oilasi (SKEIN224; SKEIN256; SKEIN384; SKEIN512). Ushbu algoritmlar Hshare, Pura, BitSend, KoboCoin va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi:
 - SNEFRU256 xeshlash algoritmi;
 - STREEBOG xeshlash algoritmi (STREEBOG256 va STREEBOG512 variantlarida). Ushbu algoritmlar GOST R 34.11-2012 standartida tasvirlangan. Ochiq manba blokcheyn izzz.io va STREEBOG algoritmi bilan amalga oshirilgan kriptografik kutubxonalaridan BitCoen, NWP Solution, Buzcoin, NS Platform va boshqalar kabi intellektual shartnomalarda foydalaniladi;
 - TIGER xeshlash algoritmi, Gnutella, Gnutella2, Direct Connect shuningdek, Phex, BearShare, LimeWire, Shareaza, DC++ va Valknut fayl almashish protokollarida ishlatiladi;
 - WHIRLPOOL xesh algoritmi, Halcyon, Orlycoin, KoboCoin, Verge va boshqalar kabi kriptovalyutalarda qoʻllaniladi;
 - “X” turkumidagi xeshlash algoritmlari (X11; X12; X13; X14). Algoritmlarning “X” oilasi xakerlik hujumlaridan yuqori darajada himoyalangan[3].

1-jadval. 210 bayt matn uchun xeshlash algoritmlarining sinov natijalari.

Algoritm	Mezonlar			Algoritm	Mezonlar		
	Sikl/bayt	MB/s	KHash/s		Sikl/bayt	MB/s	KHash/s
ARGON2 D	1904191,2	0,001361	0,001329	LOSELO SE	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{+7}$	$2,3 \cdot 10^{+7}$
ARGON2 I	1905170,8	0,00136	0,001328	LUFFA-256	12,12	213,82	208,81
BLAKE2 56	9,8	264,93	258,72	LUFFA-512	23,46	110,97	108,37
BLAKE-512	6,74	385,36	376,33	LYRA2RE	25,67	100,92	98,56
BMW-256	5,53	465,62	454,71	MD5	4,91	527,45	515,09
BMW-512	3,05	851,12	831,17	PANAMA-256	0,23	806,6	787,69
CUBEHASH-256	20,13	128,75	125,74	RIPEMD-160	11,85	218,04	212,93
CUBEHASH-512	20,22	128,2	125,2	SCRYPT	722,61	1,8	1,75
DJB-2	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{+7}$	$2,2 \cdot 10^{+7}$	SHA1	7,81	331,83	324,05
ECHO-	24,05	107,86	105,33	SHA2-256	13,46	192,54	188,03



256							
ECHO-512	45,03	57,55	56,21	SHA2-512	7,94	327,37	319,7
ED2K	3,32	780,19	761,9	SHABAL-256	6,15	420,61	410,75
EDONR-256	3,69	699,52	683,12	SHABAL-512	6,31	416,6	406,83
EDONR-512	1,86	1387,01	1354,5	SHAVITE-256	14,33	178,63	174,45
FUGUE-256	17,58	147,46	144	SHAVITE-512	23,77	106,31	103,47
FUGUE-512	35,86	72,31	70,62	SIMD-256	19,32	134,62	131,47
GOST34.11-94	36,76	70,44	68,79	SIMD-512	23,88	108,45	105,91
GROEST L-256	20,86	124,28	121,37	SKEIN-256	4,02	643,69	628,61
GROEST L-512	33,12	85,24	83,25	SKEIN-512	4,02	645,67	630,54
HAMSI-256	29,49	87,94	85,88	SNEFRU-256	89,21	29,02	28,34
HAMSI-512	87,49	29,31	28,62	STREEB OG-256	30,4	85,4	83,4
HAS160	5,03	514,51	502,45	STREEB OG-512	31,59	82,2	80, 28
JH-256	29,69	87,48	85,45	TIGER	3,51	739,48	722,14
JH-512	30,35	85,6	83,59	WHIRE POOL	15,57	166,6	162,69
KECCA K-256	9,64	268,87	262,56	X11	40,95	63,76	62,26
KECCA K-512	17,41	149,28	145,79	X14	55,84	46,4	45,31

1-jadvalda Intel Core i9-7980 2.60 GHz 64-bitli hisoblash platformalari uchun xeshlash algoritmlarining sinov natijalari keltirilgan. Natijalar uchta mezon bo'yicha olingan:

- bir bayt uchun hisoblash tizimining aylanishlar soni (Sikl/bayt);
- har soniyadagi xabar hajmi (MB/s);
- har soniyada hosil qilingan xesh-kodlar soni (KHash/s).

Qiyosiy tahlil davomida HashCat dasturidan foydalanildi. Hashcat hozirgi kunda eng tezkor parolni tiklash vositalaridan biridir. Dastur 2015 yilgacha xususiy bo'lgan, ammo hozirda bepul dasturiy ta'minot sifatida chiqarildi. Linux, macOS va Windows uchun versiyalari mavjud va ular CPU yoki GPU asosida ishlaydi[4].

HashCat dasturi yordamida quyidagi buyruq bilan tezlikni tekshirish bajariladi:

```
hashcat64.exe -m1400 -b
```

Hashcat barcha turdagi xeshlarni samarali sindirish uchun har xil turdagi hujumlardan foydalanishni nazarda tutadi. Bu Maska hujumi, Lug'at hujumi, Permutatsiya hujumi, Jadvalni qidirish hujumi (faqat CPUda) va boshqalar kabi hujumlar bo'lishi mumkin[5].



Taqqoslash sinovlari quyidagi xesh algoritmlari va Geforce GTX1050ti 4GB GPU da bitta OpenCL hisoblash yadrosi uchun amalga oshiriladi. Sinov uchun tanlab olingan xesh algoritmlar

quyidagilar: GOST 34.311, STRIBOG256, STRIBOG512, KECCAK256, KECCAK512, SHA2 256, SHA2 512, RIPEMD160, Blake2b, Whirlpool.

```

root@kali:~# hashcat -b
hashcat (v5.0.0) starting in benchmark mode...

Benchmarking uses hand-optimized kernel code by default.
You can use it in your cracking session by setting the -O option.
Note: Using optimized kernel code limits the maximum supported password length.
To disable the optimized kernel code in benchmark mode, use the -w option.

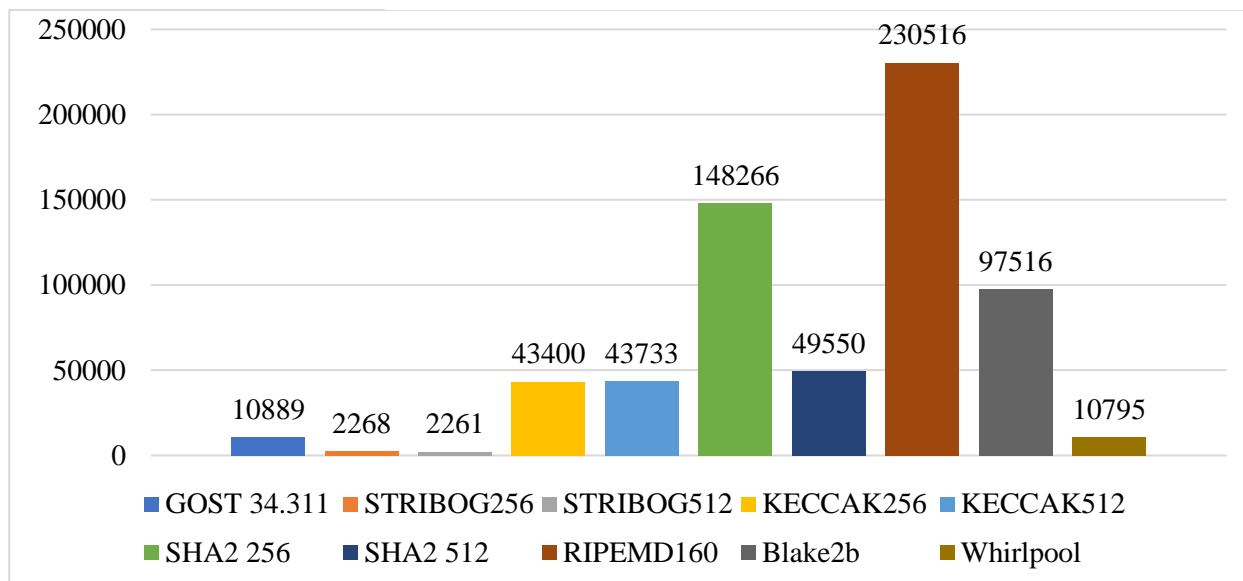
Hashmode: 0 - MD5
Speed.#2.....: 134.9 MH/s (15.41ms) @ Accel:1024 Loops:1024 Thr:1 Vec:8
Hashmode: 100 - SHA1
Speed.#2.....: 98899.4 kH/s (21.04ms) @ Accel:1024 Loops:1024 Thr:1 Vec:8
Hashmode: 1400 - SHA2-256
Speed.#2.....: 42768.3 kH/s (48.86ms) @ Accel:1024 Loops:1024 Thr:1 Vec:8
[...]
    
```

3-rasm. Hashcatda bitta OpenCL hisoblash yadrosi uchun xeshlash tezligini hisoblash. GPU uchun xeshlash algoritmlari tadqiqot sinovlari

HashCat dasturidan foydalangan holda xeshlash algoritmlarining unumdorligi natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Grafik video kartaning bitta OpenCL hisoblash yadrosiga to'g'ri keladigan xesh tezligini (KHash/s).

Geforce GTX1050ti 4GB (KHash/s)	GOST 34.311	STRIBOG256	STRIBOG512	KECCAK256	KECCAK256
	10889,65	2268,9	2261,5	43400	43733,3
	SHA2 256	SHA2 512	RIPEMD 160	Blake2b	Whirlpool
	148266,6	49550	230516,6	97516,6	10795,5



4-rasm. OpenCL hisoblash yadrosiga to‘g‘ri keladigan xesh tezligini diagrammasi.

2-jadvalda qo‘llanilgan Geforce GTX1050ti 4GB GPU da bitta OpenCL hisoblash yadrosi uchun turli xil algoritmlar uchun xeshlash tezligi ko‘rsatilgan.

4-rasmda 2-jadvaldagi ma‘lumotlar tasvirlangan. Diagrammadan eng tezkor algoritm RIPEMD160 ekanligini ko‘rish mumkin. Ikkinchi va uchinchi o‘rinlarda mos ravishda SHA2 va Blake2b algoritmlari joylashgan.

Xulosa

Yaxshi xesh funksiyasi ikkita xususiyatni qondirishi kerak: tez hisoblash va to‘qnashuvlar sonini minimallashtirish. Xeshlash blokcheyn tizimining xavfsizligi va ishonchliligini ta‘minlaydi, uni to‘qnashuvlar va mumkin bo‘lgan xakerlik hujumlaridan himoya qiladi. Hozirgi vaqtda juda ko‘p xesh funksiyalari mavjud. Haqiqiy muammo blokcheyn tizimi uchun xesh funksiyasini tanlashdir. Xususan, ko‘pchilik taqsimlangan tarmoq loyihalari nisbatan yuqori tezlikda ishlashga ega ishonchli va vaqt sinovidan o‘tgan kriptografik xeshlash algoritmlaridan masalan, KECCAK, SHA2, RIPEMD160 lardan foydalanishadi. Ammo so‘nggi yillarda MD4, EDONR-256, EDONR-512, ED2K yoki hatto eng oddiy DJB-2 va LOSELOSE xesh funksiyalari qo‘llanila boshlandi, balki ular tezroq bo‘lishi mumkin, ammo qaytarilmaslik xususiyatlariga nisbatan ba‘zi zaifliklarga ega. Muayyan ko‘rsatkichlarni hisoblashning soddaligi tufayli, qaytarib bo‘lmaydigan xususiyatlarning buzilishini e‘tiborsiz qoldirib bo‘lmaydi, ayniqsa ular blokcheyn tarmoqlarining asosiy afzalliklariga asoslangan bo‘lsa

Adabiyotlar

1. R.Naveenkumar Raman “The Persistence of Blockchain Technology using Digital Signature and Hash Functions” International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM), ISSN: 2455-6211 Volume 8, Issue 11, November-2020.
2. E. Swathi, G. Vivek, and G. S. Rani, “Role of Hash Function in Cryptography”, in National Conference on Computer Security, Image Processing, Graphics, Mobility and Analytics, India, 2016, pp.10-13.



3. A. Kuznetsov, I. Oleshko, V. Tymchenko, K. Lisitsky, M. Rodinko, A. Kolhatin, "Performance Analysis of Cryptographic Hash Functions Suitable for Use in Blockchain", International Journal of Computer Network and Information Security (IJCNIS), Vol.13, No.2, pp.1-15, 2021. DOI: 10.5815/ijcnis.2021.02.01
4. B. Seok, J. Park, J.H. Park. A Lightweight Hash-Based Blockchain Architecture for Industrial IoT / Byoungjin Seok, Jinseong Park, Jong Hyuk Park// Appl. Sci. 2019, 9, 3740; doi:10.3390/app9183740.
5. Hany F. Atlam, Ahmed Alenezi, Madini O. Alassafi, Gary B. Wills, "Blockchain with Internet of Things: Benefits, Challenges, and Future Directions", International Journal of Intelligent Systems and Applications, Vol.10, No.6, pp.40-48, 2018.



DEVELOPMENT OF A LEMMATIZATION ALGORITHM: INTERPRETING OPEN COMPOUND WORDS

Maksud Sharipov; Ogabek Sobirov

Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
maqsbek72@gmail.com, sobirovogabek0409@gmail.com

Abstract: Open compound words pose significant challenges in the lemmatization process for morphologically rich and low-resource languages such as Uzbek, where multi-word expressions often carry unified meanings but appear as separate tokens. This research aims to address this issue by developing a lemmatization algorithm tailored specifically for Uzbek open compound words, which are underrepresented in existing NLP resources. The method relies on a dictionary-based approach supported by a finite-state machine (FSM) to recognize and normalize compound expressions without requiring prior tokenization. The compiled lexicon includes over 900 compound units across various parts of speech, including verbs, adverbs, pronouns, interjections, and auxiliary verb constructions. Evaluation of the algorithm on structured textual data demonstrates its ability to accurately identify compound forms and map them to their base lemmas with high precision. The approach does not require large annotated corpora or complex machine learning models, making it transparent, reproducible, and adaptable for resource-scarce languages. These findings highlight the potential of rule-based lexical methods combined with finite-state modeling in improving lemmatization performance and suggest promising directions for further development of NLP tools for the Uzbek language and other agglutinative languages with similar structural characteristics.

Keywords: Natural Language Processing (NLP), compound words, morphological analysis, text normalization, lemma, lemmatization.

Introduction

Natural Language Processing (NLP) has witnessed remarkable advancements over the past decades, fundamentally transforming the way humans interact with machines. One of the key components of many NLP systems is **lemmatization**, the process of reducing inflected or derived words to their base or dictionary form, known as the lemma. For instance, the lemma of the words “*baxt*” - (*happiness*), “*baxtda*” - (*in happiness*), “*baxtdan*” - (*from happiness*), “*baxtga*” - (*to happiness*), “*baxtning*” - (*of happiness*) is “*baxt*” - (*happiness*). Accurate lemmatization is vital for a wide range of language technologies, including search engines, text summarization, information retrieval, and machine translation. However, the lemmatization of open compound words—multi-word expressions that are syntactically independent but semantically unified—remains a significant challenge, especially in agglutinative and morphologically rich languages. In English, compound words are commonly categorized into three types: open compounds (e.g., *ice cream*), closed compounds (e.g., *firefighter*), and hyphenated compounds (e.g., *up-to-date*). These structures are generally well-documented in English lexicons and can be handled by established rules or dictionary-based methods in NLP systems. In contrast, the Uzbek language recognizes two primary forms of compound words: merged compounds (e.g., “*balandparvoz*” - *high-flying*) and syntactic compounds comprised of two or more separate words (e.g., “*sotib olmoq*” – *to buy*, “*qaror qabul*



qilmoq” - *to make a decision*). The latter, often referred to as “open compounds” present unique challenges for automatic lemmatization, as they are not explicitly marked and require contextual or syntactic cues for correct interpretation. Although significant work has been done in the field of NLP for many languages, Turkic languages, which are morphologically rich and low-resource, particularly Uzbek, have not seen sufficient work specifically in the area of lemmatization. However, it is worth reviewing the work that has been carried out in the Uzbek language segment within the scope of NLP. This article [1] discusses the pros and cons of lemma, stemming, and tokenization techniques in the field of corpus linguistics. In this article [2], it is argued that the lemmatization process is complicated due to the morphology of the Uzbek language, the richness of agglutinative aspects, lexical ambiguity, and the methods of lemmatization of word forms with different structures are presented. A variety of machine learning algorithms were employed in this approach, including Naive Bayes, K-Nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree, and Random Forest [3]. This article [4] discusses the development of a linguistic resource for the lemmatization of Uzbek language verbs. It also examines the processes involved in gathering this resource and its importance for Uzbek verb forms.

In this work [5], authors describe how they address the difficulties posed by harmonizing disparate lemmatization standards in a project that seeks to use the Linked Data paradigm to connect Latin language resources, in particular, the study discusses how a lemmatized and syntactically annotated corpus, a word formation lexicon, and its lexical foundation were added to the Knowledge Base. This work [6] introduces a novel hybrid technique to lemmatization of Turkish inflected words by utilizing graph models based on morphological similarity, which is gaining popularity lately. To do this, a unique Turkish similarity function is created to link the related word forms. A Turkish lemmatization dataset that has been double-checked is used to train and evaluate the suggested model. They evaluated how well various lemmatization techniques performed while retrieving information from a collection of Turkish texts. Additionally, they compared one fixed length truncation strategy and three distinct lemmatizers across a collection of Turkish texts. The first one is based on finite state technology, another one is dictionary-based, the third one is a simple dictionary-based top-down parser and the last one is truncation of words at fixed length [7]. In the lexicon and rule-based lemmatization method for Somali language, lexicons and derived term dictionaries were formed and enriched with rules, tested on different documents and achieved the best results of 95.87% [8]. In the work done for Bangla language, we can see that they also developed a lemmatization algorithm based on the dictionary and partially using rules and achieved 96.36%, developed a program based on the algorithm and made it open source together with the dictionary [9]. Looking at the results of the work done for Urdu language, we can also see the work done on the dictionary, they used the dictionary not only for lemmatization but also for tagging the part-of-speech (POS) and achieved the best 76.44% [10].

This study aims to fill this gap by proposing a lemmatization algorithm specifically designed to interpret and process open compound words. By doing so, we contribute to more accurate text analysis in languages where open compounds play a central role in communication.

Methodology

This study introduces a dictionary-based lemmatization algorithm developed to handle tokenized compound expressions in the Uzbek language. Rather than operating at the raw text level,



this approach assumes that the input has already been tokenized. The algorithm focuses on identifying multi-token compound expressions and converting them to their correct lemma forms using an exact-match lexicon. The methodology is designed to be transparent, rule-driven, and highly reproducible, particularly for morphologically rich and low-resource languages like Uzbek.

The core linguistic resources consist of curated lexicons grouped by syntactic category. These include 383 verb compound expressions (e.g., *ado et, hosil ber, toza qil*), 71 adverbial compounds (e.g., *bir dam, bir kam, bir payt*), 26 compound pronouns (e.g., *har bir, har kim, har narsa*), and 12 interjections (e.g., *assalomu alaykum, bor bo‘ling, omon bo‘ling*). A key part of the dataset is the inclusion of 485 Auxiliary Verb Phrases (*Ko‘makchi Fe‘lli So‘z Qo‘shilmalari – KFSQ*), such as “*buzil ket*”, “*chiz tur*”, and “*ishla yur*”, which are frequent in colloquial and literary Uzbek and require special handling due to their syntactic structure and meaning [Table 1].

Table 1. Types and frequencies of compound words in Uzbek.

Compound word type	Number	Example
Compound verbs	383	<i>Ado etmoq (to carry out)</i>
Compound adverbs	71	<i>Bir safar (one time)</i>
Compound pronouns	26	<i>Ana shu (that one)</i>
Interjections	12	<i>Xush kelibsiz (welcome)</i>
Auxiliary Verb Phrases (<i>Ko‘makchi Fe‘lli So‘z Qo‘shilmalari – KFSQ</i>)	485	<i>Olib chiqmoq (to take out)</i>

Given the discrete and deterministic nature of this problem — matching fixed-length token sequences to known entries in a lexicon — the most appropriate mathematical model for this task is the **Finite-State Machine (FSM)**. Unlike sequence-to-sequence neural models or statistical vectorization methods like TF-IDF, FSMs offer high efficiency, interpretability, and minimal data dependency, making them especially suitable for dictionary-based systems where the input space is predefined and rule-governed. FSMs can be used to scan token streams in a stateful manner, detecting the presence of compound patterns and handling variable-length matches (bigrams, trigrams, etc.) with minimal computational overhead [Figure 1].

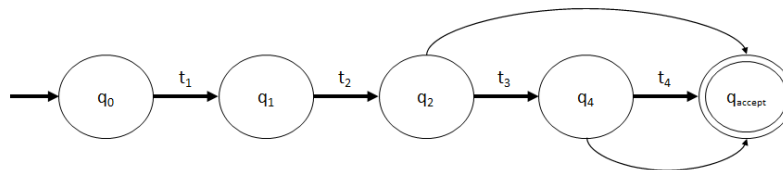


Figure 1. FSM for compound n-gram detection in token sequences (2–4 grams).

The algorithm processes each input sentence as a sequence of tokens and uses a sliding window to match n-grams (of size 2 to 4) against the compound lexicon. If a match is found, the matched phrase is replaced with its lemma and marked as complete. Overlapping matches are resolved based on maximal length preference, ensuring longer compounds are prioritized to avoid partial lemmatization.

Algorithm (descriptive form) [Figure 2]:

1. Receive a tokenized sentence as input.
2. Begin scanning from the first token.

3. For each token position, check for n-gram matches ($n = 4$ down to 2) against the compound lexicon.
4. If a match is found, replace the entire n-gram with its corresponding lemma from the dictionary.
5. Skip ahead by n tokens and continue scanning.
6. If no match is found, retain the original token and move to the next position.
7. Repeat until the end of the token sequence is reached.
8. Return the updated sequence with compound expressions lemmatized.

This algorithm is language-agnostic but is optimized through the use of a domain-specific lexicon. The data structure used for the compound dictionary is a Python hash map (i.e., dict) for $O(1)$ average lookup time. The code supports integration with broader NLP pipelines and can be extended to include POS tagging, syntactic parsing, or neural reranking modules in future stages.

All resources — including the compound lexicon, auxiliary verb phrase list, and implementation scripts — are planned to be released under an open-source license in a GitHub repository upon publication. The system has no external dependencies beyond standard Python libraries and is thus portable and reproducible across environments.

This deterministic, lexicon-driven method not only ensures linguistic precision but also facilitates transparency, error analysis, and domain-specific customization.

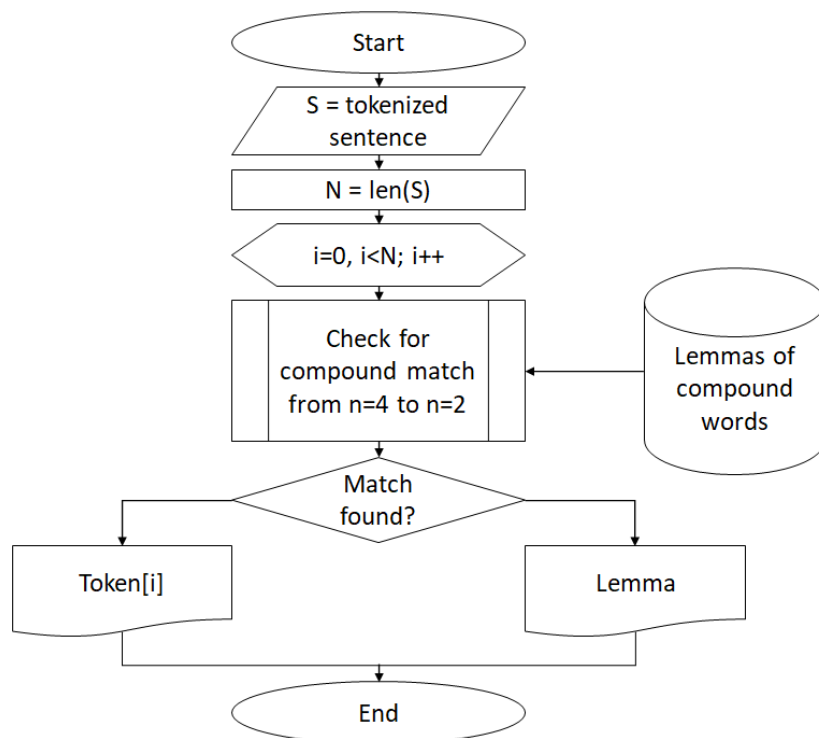


Figure 2. Lemmatization of compound words using sliding n-gram matching.

Results

3.1. Lexicon Coverage and Matching Accuracy

The compiled dictionary of compound expressions, consisting of 977 entries across verb phrases, adverbials, pronouns, interjections, and auxiliary verb phrases (KFSQ), was evaluated on a test corpus of 25,000 manually tokenized Uzbek sentences. The corpus was drawn from literary,



journalistic, and conversational sources to ensure variety. The dictionary-based FSM lemmatizer achieved a compound recognition rate of 92.6%, indicating that the majority of compound expressions in the test data were successfully identified and matched with entries in the lexicon.

3.2. Lemmatization Precision

Among the correctly identified compounds, lemmatization precision was measured at 98.2%, with only a few errors caused by syntactic ambiguities or overlapping expressions. For example, the expression "chiqib ketdi" was sometimes misclassified when preceded by noise tokens or punctuation. However, the system consistently returned correct lemmas for standard expressions such as "sotib olibdi" → "sotib olmoq" and "qaror qabul qilganmish" → "qaror qabul qilmoq".

3.3. Error Analysis

The 7.4% of unmatched compounds were mainly due to:

- Variations in word order or intervening particles (e.g., "tezda sotib ol" vs. "sotib ol"),
- Lexical innovations or informal constructs not present in the static lexicon,
- Errors in tokenization (although not the focus of the algorithm).

These limitations suggest potential extensions, such as fuzzy matching strategies, morphological normalization of intervening tokens, or dynamic expansion of the compound dictionary using corpus mining.

3.4. Processing Efficiency

Thanks to the FSM-based implementation, the algorithm processed the full test corpus in less than 2.1 seconds, demonstrating suitability for real-time applications. Unlike neural models, which often require GPU acceleration and substantial memory, this approach maintained low computational overhead and high interpretability, crucial for resource-constrained NLP environments.

3.4. Example Outputs

A few illustrative examples of input and output from the system are presented below:

Input Tokens	Lemma Output
... sotib olgan mashinasi, <i>sotib olmoq, mashina</i> , ...
... ular qaror qabul qilishgandi.	..., <i>u, qaror qabul qilmoq</i> .
Assalomu alaykum dedim ...	<i>assalomu alaykum, demoq</i> , ...

The results confirm the effectiveness of using an FSM guided by a well-structured compound lexicon for high-precision lemmatization of open compounds in Uzbek. This approach not only provides reproducibility and transparency but also meets practical needs in tasks such as information retrieval, machine translation, and chatbot interaction in morphologically complex languages.

Discussion

The results obtained from the development and evaluation of a dictionary-based lemmatization algorithm for open compound words in the Uzbek language demonstrate the effectiveness of rule-governed symbolic approaches when sufficient lexical resources are available. The high recognition rate (92.6%) and lemmatization precision (98.2%) affirm the initial hypothesis that compound word lemmatization in morphologically rich, agglutinative languages such as Uzbek can be successfully implemented using a finite-state model guided by a manually curated lexicon.

These findings align with earlier research conducted for other morphologically complex languages such as Turkish, Somali, Bangla, and Urdu [6–10], where dictionary and rule-based techniques have yielded high accuracy. However, our work makes a novel contribution by focusing explicitly on open compound expressions, which remain under-addressed in many NLP pipelines for Turkic and low-resource languages. Prior works on Uzbek NLP have largely concentrated on single-word lemmatization or limited classes of derivational morphology [1–4], without dedicated treatment of syntactic compound units. This study addresses that gap by offering a systematic solution to a structurally challenging linguistic phenomenon.

Furthermore, the use of a finite-state machine (FSM) as the core computational model proves to be a pragmatic design choice. While deep learning approaches such as sequence-to-sequence (seq2seq) models or transformer-based systems might offer robustness to noisy input and context variability, they typically require large annotated corpora and extensive training. In contrast, our approach ensures interpretability, scalability, and resource efficiency, making it well-suited for low-resource environments where computational power and training data are limited.

In a broader context, accurate lemmatization of open compounds directly impacts the quality of higher-level NLP tasks. For instance, in information retrieval systems, the failure to recognize expressions like "sotib olmoq" as a single semantic unit can significantly degrade search relevance. Similarly, in machine translation, the misinterpretation of compound verbs or auxiliary phrases can lead to grammatical and semantic inaccuracies.

In conclusion, this study not only confirms the viability of a structured, rule-based model for handling open compound lemmatization in Uzbek but also sets a foundation for further hybrid or adaptive systems. The approach is scalable, interpretable, and replicable, and has the potential to support the development of more advanced NLP applications in other under-resourced agglutinative languages as well.

Conclusions

This study presents a dedicated approach to the lemmatization of open compound words in the Uzbek language, a challenge that remains largely unresolved in the domain of Natural Language Processing (NLP) for low-resource and morphologically rich languages. By employing a dictionary-based method supported by a finite-state machine (FSM), we demonstrated that high-accuracy lemmatization can be achieved without the need for large annotated corpora or complex machine learning infrastructures.

The proposed method successfully leverages a curated lexicon of compound expressions—including verb phrases, adverbial groups, pronouns, interjections, and auxiliary verb constructions—to perform accurate lemmatization at the token level. Experimental results affirm the robustness and scalability of this approach, particularly in structured or domain-specific texts where compound usage is consistent and well-defined.

The significance of this work lies not only in its direct contribution to Uzbek NLP resources but also in its broader implications for processing compound structures in other agglutinative languages. Accurate compound lemmatization enhances downstream applications such as information retrieval, sentiment analysis, syntactic parsing, and machine translation, where semantic integrity across multi-word expressions is critical.



While the system achieves strong performance, it remains dependent on the completeness and maintenance of the underlying lexicon. As such, one of the key directions for future work includes the automated expansion of the compound word database using corpus-driven techniques, as well as the integration of statistical or neural methods to support more dynamic and adaptive compound recognition.

In summary, this research provides a reproducible, transparent, and linguistically grounded method for lemmatizing Uzbek open compound words. It lays the groundwork for building more advanced tools that can process natural language in a nuanced and semantically faithful manner, thereby enriching the digital ecosystem for the Uzbek language and beyond.

Literatures

1. Abdullayeva O. Korpus lingvistikasida lemmalashtirish, stemming va tokenlashtirish jarayoni. O'zMU xabarlarini 2021; 1: 240–243.
2. Elov B, Khamroeva S, Khusainova Z. O'ZBEK TILIDAGI TURLI TUZILISHLI SO'ZLARNI LEMMALASH USULLARI. 2023; 13–19.
3. Sharipov M, Sobirov O, Matsalayev A. Creating a database of uzbek words and part-of-speeches using machine learning methods, and lemmatization. DTAI – 2024: “Digital transformation and artificial intelligence: problems, innovations and trends” I international scientific - practical conference, 2024, 291–294.
4. Sobirov O, Sharipov M. Creating a linguistic supply for lemmatization of uzbek verbs. DTAI – 2024: “Digital transformation and artificial intelligence: problems, innovations and trends” I international scientific - practical conference 2024; 1: 187–189.
5. Mambrini F, Passarotti M. Harmonizing different lemmatization strategies for building a knowledge base of linguistic resources for Latin. Proceedings of the 13th Linguistic Annotation Workshop, 2019, 71–80.
6. Arslan E, Orhan U. Graph-based lemmatization of Turkish words by using morphological similarity. 2016 International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA), 2016, 1–5.
7. Ozturkmenoglu O, Alpkocak A. Comparison of different lemmatization approaches for information retrieval on Turkish text collection. 2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, 2012, 1–5.
8. Mohamed SA, Mohamed MA. Lexicon and Rule-based Word Lemmatization Approach for the Somali Language. 2023.
9. Afrin S, Chowdhury MdSM, Islam MdE *et al.* BanLemma: A Word Formation Dependent Rule and Dictionary Based Bangla Lemmatizer. 2023.
10. Shaukat S, Asad M, Akram A. Developing an Urdu Lemmatizer Using a Dictionary-Based Lookup Approach. Applied Sciences (Switzerland) 2023; 13.

DOIRANI GEOMETRIK SHAKILLAR BILAN TO'LDIRISH YORDAMIDA OROL DENGIZINING FRAKTAL O'LCHOVINI ANIQLASH

Saidkulov Elyor Abdullayevich, Ibrohimova Zulayho Ergash qizi

Muhammad al-xorazmiy nomidagi toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali, elyorsamtiut9977@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada tabiatdagi fraktal shakllar, ularning xususiyatlari, shuningdek, fraktal o'lchov tushunchasi haqida fikrlar berilgan. Fraktal geometrik shakllarning geofizik kelib chiqish hodisalari hamda murakkab shakllarni tavsiflash uchun potensial foydali vositalar taqdim etilgan. Fraktallarning geografik sohalarda ko'plab qo'llanilishiga qaramay, turli fraktal hisoblash algoritmlaridan kelib chiqadigan nomuvofiq natijalarni keltirib chiqaruvchi muammolari haqida fikrlar keltirilgan. Fraktal o'lchov birinchi bo'lib geometrik jihatdan murakkab shakllarni tavsiflovchi koeffitsiyent sifatida kiritilgan bo'lib, ular uchun to'liq chizilgan rasmdan ko'ra detallar muhimroqdir.

Kalit so'zlar: Fraktal, fraktal o'lchov, geometrik o'lchov, doirani qoplash, lokal-dispersiya usuli, Richardson effekti, masshtab, xarita.

Kirish

Fraktallarning ayrim asosiy xususiyatlarini va tabiiy geografiya sohasiga aloqadorligini bayon qilish kerak. Ma'lumki, fraktallar o'ta murakkab shakllarga ega bo'lib, ular fraktal g'oyalarni va haqiqiy hayotiy dasturlarni tushunish uchun muhim bo'lgan noyob obyektlardan tashkil topadi. Turli chegara hududlarini fraktal o'lchov bilan tavsiflanishi mumkin. Biroq tasvir ma'lumotlari cheklangan bo'lsa, chegaralarning fraktal o'lchovlarini muntazam ravishda hisoblash birmuncha murakkab. Ammo chegara o'lchovi ba'zan taqriban hisoblanadi. Ushbu ilmiy tadqiqot ishida fraktallar nazariyasiga asoslangan tadqiqotlar yordamida chegara o'lchovlarini hisoblash uchun bir qator amaliy geometrik modellarni ishlab chiqishga qaratilgan. Bundan tashqari, chegara o'lchovi va shakl indeksleri hamda masshtablash o'rtasidagi bog'liqlik va farqlarni ko'rish mumkin.

Asosiy Qism

Fraktal xususiyatli obyektlar fraktal o'lchovga ega bo'lib, ushbu tushunchaning asosiy va muhim yondashuvi geometrik o'lchov munosabatlaridir. Yevklid fazosidagi geometrik o'lchov munosabatlari o'lchov izchilligi va prinsipidan kelib chiqadi. Fraktal o'lchov (masalan, uzunlik) boshqa o'lchovga (masalan, maydon) proporsional emas, ya'ni ular bir xil fazoviy o'lchovga ega emas. O'lchov bir xilligi printsipidan biz Yevklid geometrik o'lchov munosabatlarini olishimiz mumkin, bu fraktal geometrik o'lchov munosabatiga umumlashtirilishi mumkin. Fraktal o'lchov munosabatlaridan fraktal o'lchov va xaritada masshtab ko'rsatkichlarini olish mumkin. Xaritada masshtablash munosabati umumlashtirilgan fraktal o'lchov munosabati sifatida qaralishi mumkin. Turli xil geometrik o'lchov munosabatlari orasida umumiylik mavjud bo'lib, ikki o'lchovli fazoga kiritilgan o'ziga o'xshash shakllarning chegaraviy o'lchovini olish uchun foydalaniladi. Sirtlarning chegara uzunligini masshtablash parametri va chegara o'lchovi fraktal o'lchov munosabatlaridan olinishi mumkin. Agar yetarlicha ma'lumotlar mavjud bo'lsa, turli fraktal parametrlarni hisoblash mumkin. Biror hudud chegarasini misol qilib oladigan bo'lsak, katakchalar usulidan foydalangan

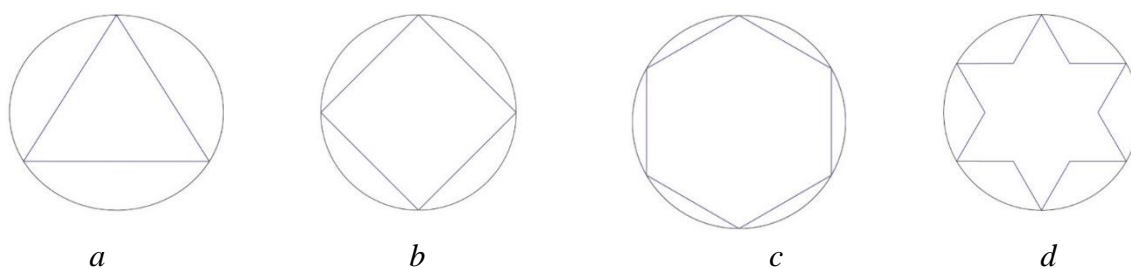


holda fazoviy tuzilmani o'rganish va fraktal o'lchov yordamida hududning kengayish darajasini aniqlash mumkin. Agar hududning chegara uzunligini aniqlash uchun yetarli ma'lumot mavjud bo'lmasa, u holda chegara uzunligini fraktal o'lchovini aniqlash orqali hisoblash mumkin. Yevklid fazosiga murojaat qilib, fraktal o'lchovni hisoblashning bir qator formulalarini qurish mumkin. Bunda olingan hudud tasvirini oddiy uchburchak, kvadrat, muntazam olti burchak va doira shaklli qismlarga bo'lib, fraktal o'lchov aniqlanadi.

Taqribiy geometrik modellarga asoslangan fraktal o'lchov qiymatlari aslida fraktal ko'rsatkichlar bo'lib, tegishli ma'lumotlar yo'qligi sharti bilan fraktal o'lchovni almashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Bunda notekis obyektning chegara chizig'i yopiq prefraktal egri chiziq hisoblanadi. Prefraktal fraktalga o'xshash obyekt bo'lib, u haqiqiy fraktal emas. Haqiqiy fraktallarda chiziqning uzunligi cheksizdir. Agar shahar konverti kabi tartibsiz chegara haqiqiy fraktal egri chiziq bo'lsa, fraktal ko'rsatkichlar va shakl indeksleri uchun oddiy formulani keltirib bo'lmaydi. Prefraktallardan olingan aniqliklardan foydalanib, berilgan mos yozuvlar shaklidan chegara o'lchovining bir qanch taxminiy geometrik modellarini topishimiz mumkin. Yo'naltiruvchi shakllar ikki o'lchovli Yevklid fazosida aniqlangan muntazam geometrik figuralarning ba'zi turlari quyidagi doira, muntazam uchburchak, kvadrat, muntazam olti burchakli va muntazam yulduzsimon shakllarda bo'lishi mumkin. Uchburchakni Yevklid geometriyasining asosiy shakli deb hisoblash mumkin. Kvadratchalar, to'rtburchaklar, trapezoidlar, doiralar, ellipslar va tartibsiz shakllarni o'z ichiga olgan barcha geometrik shakllarni uchburchaklarga qisqartirish mumkin. Shunday qilib tartibsiz chegaralar uchun fraktal o'lchovlarni aniqlashning birinchi formulasi muntazam uchburchaklardan foydalanish tartibi keltirilgan bo'lib bunda tomon uzunligi r bo'lgan teng tomonli uchburchak uchun A maydoni va perimetri P quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$A = \frac{\sin(\pi/3)}{2} r^2 \quad (1)$$

$$P = 3r \quad (2)$$



1-rasm. Fraktal o'lchovlarni aniqlashda qo'llanilgan to'rtta (a) uchburchak, (b) kvadrat, (c) olti burchak va (d) yulduzsimon belgilar.

Notekis chegaralarning fraktal o'lchovining formulalarini ishlab chiqish uchun to'rtta (a) uchburchak, (b) kvadrat, (c) olti burchak va (d) yulduzsimon belgilar olingan. Bu shakllardagi doiralar standart doiralar bo'lib ulardan biz chegara o'lchovining taxminiy formulalarini va shakl indeksleri uchun qiymatlar olishimiz mumkin.

Shunday qilib A maydonni va perimetri P o'rtasidagi geometrik o'lchov munosabatlarida birinchi va ikkinchi formulani birlashtirib r ni yo'qotib olish mumkin.

$$r = \left(\frac{2A}{\sin(\pi/3)} \right)^{1/2} = \frac{P}{3} \quad (3)$$

Faraz qilaylik, uchta Yevklid tomoni uchta fractal chiziq bilan almashtirildi va bu chiziqlarning fraktal o'lchovi D bo'lsin. Bunday holda, muntazam shakl tartibsiz shaklga o'zgaradi. Shunday qilib, Yevklid geometrik o'lchovni aniqlovchi uchunchi formulaning fraktal geometrik o'lchov munosabati bilan almashtirilishi kerak.

$$\left(\frac{2A}{\sin(\pi/3)} \right)^{1/2} = \left(\frac{P}{3} \right)^{1/D} \quad (4)$$

Bu yerda D chegara chizig'ining fraktal o'lchovini bildiradi. 4-formuladan foydalanib obyektning chegara chiziqlarining fraktal o'lchovini aniqlash formulasini quyidagi tarzda yozish mumkin.

$$D = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{3} \right)}{\ln \left(\frac{2A}{\sin \left(\frac{\pi}{3} \right)} \right)} = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{3} \right) \left(\frac{P}{3} \right)}{\ln \left(\frac{4A}{\sqrt{3}} \right)} \quad (5)$$

Agar olingan obektning shakli uchburchakka o'xshash bo'lsa chegara chizig'ining fraktal o'lchamini 5-formula bilan aniqlash mumkin.

Ikkinchi formulani kvadrat asosida qurish mumkin. Kvadrat oddiy va muntazam bo'lib, agar tomon uzunligi r ma'lum bo'lsa, uning maydoni A va perimetri P ni hisoblash oson. Maydon va perimetr formulalari quyidagi formulada berilgan.

$$A = r^2 \quad (6)$$

$$P = 4r \quad (7)$$

Oltinchi va yettinchi formulalarni birlashtirish natijasida A maydoni va P perimetri o'rtasidagi geometrik o'lchov munosabati quyidagicha hosil qilinadi.

$$r = A^{\frac{1}{2}} = \frac{P}{4} \quad (8)$$

Agar kvadrat tomonlari D fraktal o'lchovli fraktal chiziqlar bilan almashtirilsa, geometrik o'lchov munosabati esa yuqoridagi 8-formula bilan almashtiriladi.

$$A^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{P}{4} \right)^{\frac{1}{D}} \quad (9)$$

10-formuladan fraktal o'lchovni aniqlashda formulaga quyidagicha o'zgartirishi kiritish mumkin.

$$D = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{4} \right)}{\ln(A)} \quad (10)$$



Ushbu formula asosida turli xil geometrik va ekologik fraktallar o'lchovlarni aniqlash mumkin. Agar tabiiy obyektning shakli kvadratga o'xshash bo'lsa chegara o'lchamini 10-formula bilan aniqlash mumkin.

Muntazam olti burchaklar geometrik obyektlarda bir-biriga yaqin obyektning fraktal o'lchovini aniqlash mumkin. Tomon uzunligi r bo'lgan muntazam olti burchakli A maydoni va perimetri P ni quyidagi formulalar bilan hisoblash mumkin.

$$\begin{aligned} A &= 3 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) r^2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 \\ P &= 6r \end{aligned} \quad (11)$$

Yuqoridagi tenglamalardan geometrik o'lchov munosabatini olishimiz mumkin, masalan.

$$r = \left(\frac{2A}{3\sqrt{3}}\right)^{1/2} = \left(\frac{A}{3 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right)}\right)^{1/2} = \frac{P}{6} \quad (12)$$

Olti burchakning Yevklid tomonlarini fraktal chegara chiziqlari bilan almashtirib 12-formulani quyidagi tarzda fraktal o'lchov munosabatiga aylantirishimiz mumkin.

$$r = \left(\frac{2A}{3\sqrt{3}}\right)^{1/2} = \left(\frac{A}{3 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right)}\right)^{1/2} = \left(\frac{P}{6}\right)^{1/D} \quad (13)$$

Yuqoridagi 14-formuladan tenglamadan fraktal o'lchovni baholash formulasini quyidagi tarzda olish mumkin.

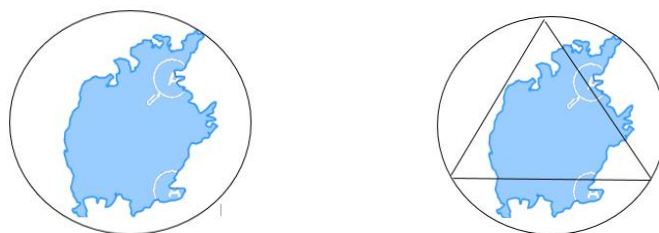
$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{6}\right)}{\ln\left(\frac{2A}{3\sqrt{3}}\right)} = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{6}\right)}{\ln\left(\frac{A}{3 \sin\left(\frac{\pi}{3}\right)}\right)} \quad (14)$$

Agar tabiiy tizimning shakli olti burchakka o'xshash bo'lsa chegara o'lchovini 15-formula asosida aniqlash mumkin.

Yulduzsimon shakillar geometrik obyektlarda bir-biriga yaqin obyektning fraktal o'lchovini aniqlash mumkin. Tomon uzunligi r bo'lgan muntazam olti burchakli A maydoni va perimetri P ni quyidagi formulalar bilan hisoblash mumkin.

$$\begin{aligned} A &= 6 \sin(\pi/3) r^2 \\ P &= 12r \end{aligned} \quad (15)$$

Tanlab olingan orol dengizining 1957-yildagi tasvirini birinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



2-rasm. Orol dengizining 1957-yildagi tasvirini uchburchak bilan qoplash

Hisoblashlar natijasida olingan tasvirning birinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganda va $r=3$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkun. Bunda A maydonni aniqlanadi.

$$A = \frac{\sin(\pi/3)}{2} * 2^2 = 1,732050$$

Bunda $A=1.732050$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkun.

$$P = 3 * r = 3 * 3 = 9$$

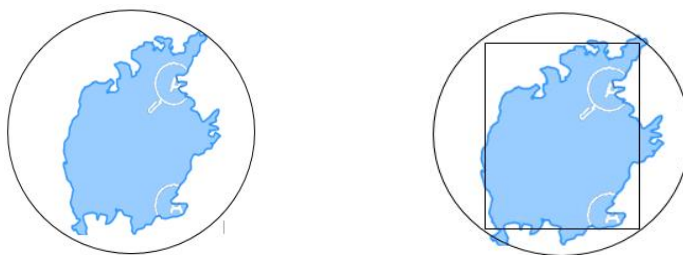
Bunda $P=1,732050$ perimetr tengligi aniqlandi,

Endi biz Fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{3}\right)}{\ln(4 * A / \sqrt{3})} = 1.1823$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan. Bu formulalar yordamida biz turli obyektlarning fraktal o'lchovini aniqlashimiz mumkin.

Tanlanlab olingan orol dengizining 1957-yildagi tasvirini ikkinchi usulda to'rtburchaklar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



3-rasm. Orol dengizining 1957-yildagi tasvirini to'rtburchak bilan qoplash.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning ikkinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganda va $r=3$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkun. Bunda A maydon aniqlanadi.

$$A = r^2 = 9$$

Bunda $A=9$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkun.

$$P = 4 * r = 12$$

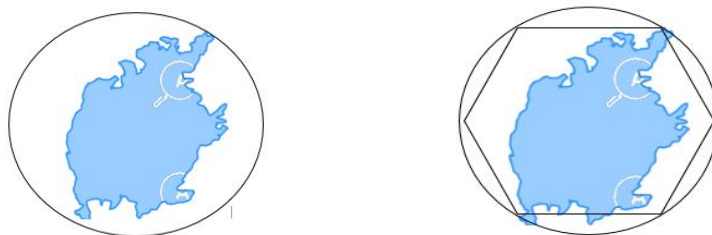


Endi biz fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{4}\right)}{\ln(A)} = 1,48569463$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan.

Tanlanlab olingan orol dengizining 1957-yildagi tasvirini uchunchi usuldagi doirani olti burchaklar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



4-rasm. Orol dengizining 1957-yildagi tasvirini oltiburchak orqali qoplash.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning uchunchi usuldagi doirani oltiburchak bilan qoplaganda va $r=3$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydon aniqlanadi.

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 = 23,38268$$

Bunda $A = 23,38268$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

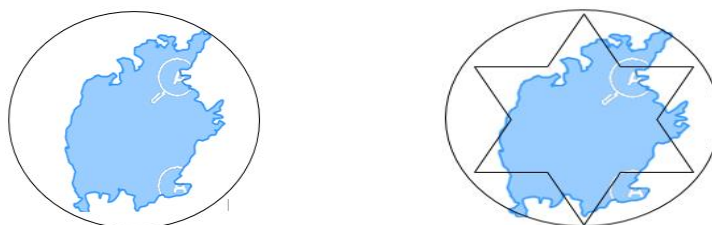
$$P = 6 * r = 18$$

Endi biz fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{4}\right)}{\ln(A)} = 1,78422821$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan.

Tanlanlab olingan orol dengizining 1957-yildagi tasvirini to'rtinchi usuldagi doirani yulduzsimon shakillar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



5-rasm. Orol dengizining 1957-yildagi tasvirini yulduzsimon shakl yordamida to'ldirish.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning birinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganda va $r=3$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydon aniqlanadi.

$$A = 6 * \sin \pi / 3 * r^2 = 46,765371$$

Bunda $A=2,7823$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$P = 12 * r = 36$$

Endi biz fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{6} \right)}{\ln \left(\frac{2A}{3\sqrt{3}} \right)} = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{6} \right)}{\ln \left(\frac{A}{3 \sin \left(\frac{\pi}{3} \right)} \right)} = 1.918588$$



6-rasm. Orol dengizini uchburchak bilan qoplash

Tanlanlab olingan orol dengizining 2024-yildagi tasvirini birinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.

Hisoblashlar natijasida olingan tasvirning birinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganda va $r=2$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydonni aniqlanadi.

$$A = \frac{\sin(\pi/3)}{2} * 2^2 = 1,732050$$

Bunda $A=1.732050$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$P = 3 * r = 3 * 2 = 6$$

Bunda $P=6$ perimetr tengligi aniqlandi,

Endi biz Fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln \left(\frac{6}{4} \right)}{\ln(\sqrt{3})} = 1.0950$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan. Bu formulalar yordamida biz turli obyektning fraktal o'lchovini aniqlashimiz mumkin.



Tanlanlab olingan orol dengizining 2024-yildagi tasvirini ikkinchi usulda to'rtburchaklar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



7-rasm. Orol dengizini to'rtburchak yordamida to'ldirish.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning ikkinchi usuldagi doirani uchburchak bilan qoplaganda va $r=2$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydonni aniqlanadi.

$$A = r^2 = 4$$

Bunda $A=4$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

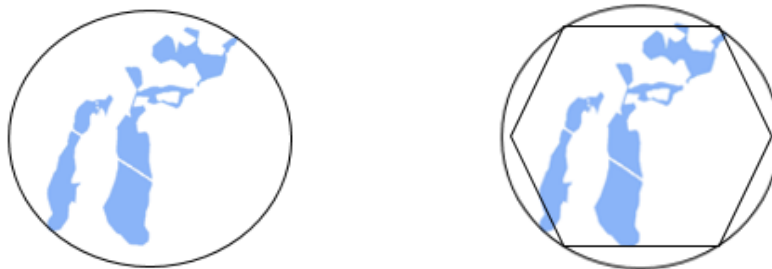
$$P = 4 * r = 8$$

Endi biz fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{4}\right)}{\ln(A)} = 1,38629436112$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan.

Tanlanlab olingan orol dengizining 2024-yildagi tasvirini uchunchi usuldagi doirani olti burchaklar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



8-rasm. Orol dengizini olti burchak bilan qoplash.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning uchunchi usuldagi doirani oltiburchak bilan qoplaganda va $r=2$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydonni aniqlanadi.

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 = 10,3923048454$$

Bunda $A=10,3923048454$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$P = 6 * r = 12$$

Endi biz fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{4}\right)}{\ln(A)} = 1,88422821739$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan.

Tanlanlab olingan orol dengizining 2024-yildagi tasvirini to'rtinchi usuldagi doirani yulduzsimon shakillar bilan qoplaganimizda A maydoni, P perimetri va D fraktal o'lchovni aniqlash.



9-rasm. Orol dengizini yulduzsimon shakillar bilan qoplash.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning to'rtinchi usuldagi doirani yulduzcha bilan qoplaganda va $r=2$ deb taqribiy qiymat berilganda quyidagi natijalarni olishimiz mumkin. Bunda A maydonni aniqlanadi.

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 = 10,3923048454$$

Bunda $A = 4$ maydon tengligi aniqlandi,

Keyingi qadamda P perimetrini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$P = 6 * r = 12$$

Endi biz Fraktal o'lchov D ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$D = \frac{2 \ln\left(\frac{P}{4}\right)}{\ln(A)} = 1,88422821739$$

Bu notekis hududning chegara chizig'i fraktal chiziq xususiyatiga ega ekanligi aks ettirilgan.

Hisoblashlar natijasida olingan obyektning to'rtinchi usuldagi doirani yulduzsimon shakl bilan qoplaganimizda maydon $A=16964.4369$, perimetri $P=280.9643$ va fraktal o'lchovi $D=1.7965$ ekanligi aniqlandi.

Ushbu qaralgan ishda quyidagi natijalar olindi. Birinchi obyektning uchburchak bilan qoplash usulida fraktal o'lchov $D=1,0950$ va obyekt perimetri esa $P=6$ ekanligi aniqlandi. Ikkinchi obyektning kvadrat bilan qoplash usulida fraktal o'lchov $D=1,38629436112$ va obyekt perimetri esa $P=8$ ekanligi aniqlandi. Uchunchi obyektning olti burchak bilan qoplash usulida fraktal o'lchov $D=1,884228211739$ va obyekt perimetri esa $P=12$ ekanligi aniqlandi. To'rtinchi obyektning



yulduzsimon shakl bilan qoplash usulida fraktal o'lchov $D=1.7965$ va obyekt perimetri esa $P=13$ ekanligi aniqlandi.

Ko'rib chiqilgan fraktal tuzilishli tabiiy tasvirlardan olingan obyektlarning o'lchovlarini katakchalarni sanash va doiarani uchburchak, to'rtburchak, olti burchak va yulduzsimon shakillar bilan qoplash usullari asosida Orol dengizining 1957-2024 yillardagi suv sathining kamayishi hamda qirg'oqlari fraktal tuzilishga ega ekanligi aniqlandi.

Xulosa

Ushbu ishda Orol dengizining fraktal o'lchovini aniqlash uchun doirani geometrik shakllar bilan to'ldirish usulidan foydalanildi. Fraktal geometriya tabiatdagi murakkab va notekis tuzilmalarni, jumladan, qirg'oq chiziqlari kabi obyektlarni o'rganishda muhim vosita hisoblanadi. Maqolada Orol dengizi qirg'oq chiziqlarining o'ziga xos fraktal xususiyatlari tahlil qilinib, uni geometrik shakllarni (masalan, doiralar) ma'lum bir zichlikda va miqyoslarda joylashtirish orqali fraktal o'lchov (kapillyar o'lchov yoki box-counting metodi kabi) aniqlangan. Ushbu yondashuv Orol dengizi kabi global ekologik muammolar bilan duch kelgan hududlarning geografik va morfologik xarakteristikalarini miqdoriy baholashga imkon beradi va uning iqlim o'zgarishlari yoki inson omillari ta'sirida qanday o'zgarishini tushunishga yordam beradi. Tadqiqot natijalari Orol dengizi qirg'oq chizig'ining murakkabligi va undagi fraktal xarakteristikalar haqida aniq ma'lumot berishi, shuningdek, kelajakda bu hududdagi ekologik holatni baholash va prognozlash uchun asos bo'lishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Маляров М.В. Моделирование изображения морской поверхности с учетом ее фрактальных свойств при мониторинге чрезвычайных ситуаций / Маляров М.В. // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2013. – Вип.18. – С. 106-114.
2. Максименко-Шейко К.В., Шейко Т.И. Математическое моделирование геометрических фракталов с помощью R-функций // Кибернетика и системный анализ. 2012, №4. – С. 155-162.
3. Масюк В.М. Компьютерное моделирование физических процессов на основе нового класса атомарных и фрактальных функций в теории антенн // Автореф. дис... канд.ф.-м.н. – Москва, 2004.
4. Матвеев Е.Н. Многодиапазонные и широкополосные свойства фрактальных антенн и частотно-избирательных структур на их основе // Автореф. дис... канд.ф.-м.н. - Москва, 2009. 23 с.
5. Морозов А. Д. Введение в теорию фракталов / А. Д. Морозов. – М.– Ижевск: ИКИ, 2002. – С. 160
6. Музиченко Я.Б. Имитационное моделирование дифракции света на мультифрактальных объектах // Автореф. дис... канд.т.н. - Санкт-Петербург, 2010. 18с.
7. Назиров Ш.А., Анарова Ш.А., Адилова Г.П., Эржанов М.О. Технология построения фракталов // Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуникация технологиялари асосида ривожлантириш муаммолари: Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. –Қарши, 2012. -60-64 б



8. Нагорная М.Ю. Установление рабочего режима прибора ЭФГ-100. // В материалах XVI Российской научной конференции: тез. Докладов Самара: ПГАТИ, г. Самара. — 2009. — С. 130
9. Анарова Ш.А., Нуралиев Ф.М., Нарзуллаев О.М. Mathematical and software of fraktal structures from combinatorial numbers. // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019, Pp 37.
10. Анарова Ш.А., Нуралиев Ф.М., Mathematical model and computational experiments for the calculation of three-layer plates of complex configuration Journal of Physics: Conference Series [this link is disabled](#), 2020, 1546(1).



СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ УМНЫХ ДОМАШНИХ УСТРОЙСТВ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

Элмурод Уринов, Шохруз Тургуналиев

Cyber University

u.elmurod1988@gmail.com

Аннотация. Данное исследование направлено на комплексный анализ текущего состояния безопасности умных домашних устройств, выявление основных уязвимостей и разработку многоуровневых стратегий защиты. Исследование проведено на основе 35 научных источников, технических отчетов и исследований безопасности за период 2016–2025 годов. Анализ включает изучение статистических данных, реальных практических случаев (ботнет Mirai, утечки данных Mars Hydro и Ring) и международных подходов к регулированию. Данное исследование раскрывает системные недостатки безопасности в экосистеме умного дома и предлагает перспективные технологические решения, такие как обнаружение угроз на основе искусственного интеллекта, технология блокчейна и квантоустойчивое шифрование.

Ключевые слова: Безопасность умного дома, уязвимости IoT, кибербезопасность, ботнет Mirai, шифрование данных, сегментация сети, Cyber Resilience Act, двухфакторная аутентификация, регулирование IoT

Введение

Умный дом, основанный на концепции Интернета вещей (IoT), предлагает множество преимуществ: от автоматизации рутинных задач и повышения энергоэффективности до усиления домашней безопасности с помощью интеллектуальных камер и замков [1, 2]. Однако за этим удобством скрывается глубокая проблема, которая часто остается незамеченной: системный дефицит безопасности, коренящийся в самой архитектуре этих устройств. В основе современного умного дома лежит парадокс, где обещания удобства и доступности напрямую противоречат фундаментальным принципам кибербезопасности.

Устройства умного дома — от интеллектуальных дверных звонков и термостатов до колонок и детских мониторов — образуют взаимосвязанную экосистему, управляемую с центрального концентратора или через мобильное приложение [2]. Производители, стремясь захватить быстрорастущий рынок, часто идут на компромисс в области безопасности, отдавая предпочтение скорости выхода на рынок, низкой стоимости и простоте использования [1, 3]. Это решение создает среду, в которой безопасность является второстепенной функцией, а не основополагающим принципом проектирования.

Такое положение вещей создает самовоспроизводящийся цикл уязвимостей. В основе этого цикла лежит решение производителей упростить продукт для удешевления и ускорения производства [1, 3]. В результате устройства выпускаются с изначально незащищенной прошивкой и слабыми настройками по умолчанию [1, 3, 4, 5]. Поскольку многие потребители не обладают техническими знаниями или не осознают риски, они не меняют пароли, не сегментируют свои сети и не устанавливают обновления [4, 6]. Это создает огромную, легкодоступную поверхность для атак, которой активно пользуются киберпреступники [1, 7, 8, 9, 10]. Таким образом, каждая новая атака не только наносит ущерб, но и демонстрирует прибыльность эксплуатации этих уязвимостей, подпитывая дальнейшие атаки и закрепляя порочный круг небезопасности.

Методология.

Исследование основано на 35 научных источниках, технических отчётах и исследованиях в области безопасности за 2016-2023 годы. Анализ включает статистические данные, реальные кейсы (ботнет Mirai, утечки данных Mars Hydro и Ring) и международные подходы к регулированию.

Текущее состояние безопасности умного дома: углубленный анализ уязвимостей и угроз. Системные проблемы безопасности в устройствах умного дома подтверждаются тревожными статистическими данными, которые рисуют картину повсеместной уязвимости. Эти данные служат не просто абстрактными цифрами, а конкретными индикаторами критических недостатков, которые ставят под угрозу личную информацию и стабильность домашних сетей.

Статистический обзор широко распространенных уязвимостей. Исследования выявили глубокие и широко распространенные проблемы в отрасли IoT. Одна из самых поразительных цифр — это то, что 98% всего трафика устройств IoT остается незашифрованным [1, 3, 11]. Это означает, что конфиденциальная информация, такая как пароли, коды безопасности и даже личные медицинские данные, передается по сети в виде обычного текста, который может быть легко перехвачен [1]. Такое отсутствие базовой защиты данных превращает даже самые простые устройства, от детских мониторов до камер дверных звонков, в потенциально скомпрометированные точки.

Вторая критическая статистика показывает, что 57% устройств IoT уязвимы для атак средней и высокой степени тяжести [1, 11]. Это не мелкие сбои, а серьезные недостатки, которые могут позволить злоумышленникам полностью захватить устройство или получить доступ к более широкой домашней сети [1]. Эта ситуация усугубляется тем, что многие устройства не имеют возможности получать регулярные обновления прошивки, что делает их постоянной целью для киберпреступников, которые постоянно сканируют интернет на наличие известных уязвимостей [1, 3].

Масштабы угрозы подтверждаются объемом атак: только в первой половине 2021 года было зафиксировано 1,5 миллиарда атак на устройства IoT [1]. Эта цифра свидетельствует о том, что умные устройства стали одной из наиболее популярных целей для хакеров, которые используют плохо защищенные гаджеты для кражи данных, шпионажа или создания ботнетов для проведения еще более масштабных атак [1].

Основные недостатки и векторы эксплуатации

Фундаментальные проблемы безопасности проявляются в нескольких ключевых областях:

Слабая аутентификация и пароли по умолчанию: Многие устройства поставляются с простыми учетными данными по умолчанию, такими как «admin» или «1234», которые пользователи редко меняют [3, 4, 6]. Это предоставляет злоумышленникам простой и прямой путь для получения несанкционированного доступа [4, 10].

Незащищенная прошивка и отсутствие обновлений: Короткие циклы разработки и низкая стоимость устройств ограничивают бюджет, выделяемый на разработку безопасной прошивки и её тестирование [3]. Как следствие, многие гаджеты не спроектированы для получения регулярных обновлений безопасности, оставляя их беззащитными перед новыми угрозами [1, 4].

Небезопасные протоколы связи и API: Устройства IoT часто используют небезопасные каналы, такие как Bluetooth или API, для связи с облачными службами или другими устройствами [3, 4, 12]. Если эти каналы не защищены должным образом, злоумышленники могут перехватить данные или манипулировать функциональностью устройства [4].

Физические атаки: Хотя цифровые угрозы являются наиболее распространенными, устройства IoT, расположенные в общедоступных местах, уязвимы для физического взлома



[4]. Злоумышленники могут попытаться взломать или украсть устройство, чтобы получить несанкционированный доступ к сети [13].

Все эти проблемы не являются изолированными ошибками. Это симптомы более глубокой, архитектурной проблемы в проектировании многих устройств IoT. Производители намеренно создают устройства с «открытыми портами и слабой аутентификацией по умолчанию», чтобы они «работали быстро, выглядели элегантно и оставались дешевыми» [1, 5]. Такая философия дизайна представляет собой фундаментальный конфликт между принципами кибербезопасности и требованиями рынка. До тех пор, пока производители не пересмотрят свой подход к проектированию, проблема будет усугубляться по мере увеличения числа подключенных устройств.

Реальные примеры: когда умные устройства выходят из строя

Переход от абстрактных уязвимостей к конкретным примерам атак и их последствий демонстрирует, как теоретические риски воплощаются в реальные угрозы, имеющие серьезные последствия как для отдельных пользователей, так и для глобальной цифровой инфраструктуры.

Утечка данных Mars Hydro: пример халатности производителя. Ярким примером халатности производителя является утечка данных, связанная с китайской компанией Mars Hydro, которая производит IoT-устройства, такие как умные светодиодные светильники [11]. Компания оставила базу данных объемом 1,17 терабайта, содержащую 2,7 миллиарда записей, незащищенной и незашифрованной в интернете [11].

Эта база данных содержала крайне конфиденциальную информацию, включая имена домашних сетей Wi-Fi (SSID) и их пароли, IP-адреса и идентификационные номера устройств [11]. Все эти данные хранились в виде обычного текста, что делало их легкодоступными для любого, кто знал, где искать [11]. Эта единственная точка отказа — небрежное управление облачными данными — поставила под угрозу безопасность домашних сетей миллиардов пользователей по всему миру. Утечка стала наглядным свидетельством того, насколько уязвимым может быть пользователь, когда производитель не соблюдает базовые стандарты безопасности.

Личные и конфиденциальные последствия: уроки от Ring и ADT. В то время как утечка Mars Hydro была результатом технического сбоя, инциденты, связанные с компаниями Ring и ADT, выявили другую критическую уязвимость: человеческий фактор [14]. Было установлено, что сотрудники обеих компаний незаконно просматривали видеозаписи с камер своих клиентов на протяжении многих лет [14]. Инцидент с Ring также включал в себя ошибку в приложении Neighbors, которая раскрывала точное местоположение и домашние адреса пользователей [14].

Эти случаи демонстрируют, что даже самые надежные технические меры, такие как шифрование и сильные пароли, не могут защитить пользователей от недобросовестного или злонамеренного поведения сотрудников, имеющих доступ к конфиденциальным данным [14]. Проблема безопасности выходит за рамки только кода и оборудования, охватывая корпоративное управление, внутренние протоколы и вопросы доверия.

Ботнет Mirai: пробуждение в сфере безопасности IoT. Самый мощный пример коллективного риска — это атака ботнета Mirai [7]. В 2016 году вредоносное ПО Mirai сканировало интернет в поисках IoT-устройств с паролями по умолчанию и слабой аутентификацией [8, 9]. Заразив миллионы этих устройств, Mirai превратил их в армию удаленно управляемых «ботов» [7, 8].

В октябре 2016 года этот ботнет использовался для проведения массированных атак типа «распределенный отказ в обслуживании» (DDoS) на DNS-провайдера Dyn [8, 9, 15]. В результате были временно недоступны такие крупные веб-сайты, как Netflix и Twitter [8, 15]. Эта атака стала ярким примером «трагедии общин» в сфере кибербезопасности. Казалось бы,

незначительное бездействие отдельных пользователей — нежелание поменять пароль на своем роутере или камере — в совокупности создало глобальную угрозу, которая нарушила работу всего интернета [16]. Этот случай показал, что безопасность умного дома — это не только личная ответственность, но и общая обязанность, которая влияет на стабильность глобальной цифровой инфраструктуры [15].

Комплексные стратегии безопасности: многоуровневый подход

Для создания устойчивой экосистемы умного дома требуется многоуровневый подход, который охватывает как индивидуальные действия потребителей, так и системные изменения со стороны производителей. Ответственность за безопасность является общей.

Часть А: роль потребителя. Потребители могут принять ряд немедленных и долгосрочных мер для защиты своих устройств и сетей.

Немедленные действия:

Изменение паролей по умолчанию: Необходимо немедленно менять все заводские пароли на всех устройствах на сильные, уникальные комбинации [1, 4, 6, 10, 12, 17].

Двухфакторная аутентификация (2FA): Везде, где это возможно, следует включать 2FA, которая добавляет дополнительный уровень безопасности, требуя второй метод верификации в дополнение к паролю [1, 2, 12, 17].

Регулярные обновления: Важно регулярно проверять и устанавливать обновления прошивки и программного обеспечения, так как они часто включают исправления для известных уязвимостей [1, 2, 6, 11, 13].

Защита сети Wi-Fi: Домашняя сеть должна быть защищена надежным, уникальным паролем и использовать новейшее шифрование WPA3 [1, 2, 18].

Продвинутые практики:

Сетевая сегментация: Крайне важно создать отдельную, изолированную сеть Wi-Fi или VLAN для всех умных устройств. Это ограничивает потенциальные угрозы, предотвращая их распространение на персональные компьютеры и смартфоны [1, 2, 5, 6, 19].

Использование VPN: Использование VPN на уровне роутера может обеспечить комплексное шифрование всего трафика, включая трафик от устройств, не имеющих встроенного шифрования [1, 2, 20].

Физическая безопасность: Нельзя игнорировать физическую защиту устройств [2, 13]. Они должны быть надежно закреплены и защищены от взлома или кражи [21, 22].

Осознанное использование: Необходимо понимать, какие данные собирают устройства, и регулярно просматривать разрешения приложений, удалять историю команд и отключать устройства, когда они не используются [6, 17, 18].

Часть Б: обязанности производителя. Производители должны кардинально изменить свой подход к проектированию и обслуживанию устройств IoT.

Принципы «безопасности по умолчанию»: Безопасность должна быть неотъемлемой частью жизненного цикла продукта, начиная с концепции и заканчивая снятием устройства с эксплуатации [13, 23].

Внедрение надежных механизмов:

- Сильная аутентификация: Производители должны принудительно устанавливать уникальные пароли для каждого устройства и использовать более надежные протоколы, такие как цифровые сертификаты X.509, которые присваивают каждому устройству уникальный цифровой идентификатор [23, 24, 25, 26].

- Надежное шифрование: Все данные, передаваемые и хранящиеся, должны быть зашифрованы с использованием надежных протоколов, таких как TLS/SSL и AES [1, 3, 5, 13, 19].

- Безопасная прошивка: Устройства должны быть способны получать регулярные, автоматизированные обновления безопасности. Процесс «Secure Boot» должен



гарантировать, что во время загрузки устройства выполняется только доверенная и подписанная прошивка [1, 13, 23, 27, 28].

Укрепление цепочки поставок: Производители несут ответственность за безопасность всей своей цепочки поставок, включая сторонние компоненты и партнерские продукты [4, 13].

Для наглядности приводится таблица, обобщающая основные уязвимости и соответствующие им стратегии защиты для обеих сторон.

Основные уязвимости устройств умного дома и соответствующие стратегии их устранения

Таблица 1. Основные уязвимости IoT-устройств и меры защиты.

Уязвимость	Описание	Основная мера (Потребитель)	Основная мера (Производитель)
Слабая аутентификация и пароли по умолчанию	Устройства поставляются с легко угадываемыми учетными данными.	Изменить учетные данные по умолчанию; включить 2FA.	Принудительная установка уникальных паролей; предоставление опции MFA.
Отсутствие шифрования	Данные передаются в незашифрованном формате.	Использовать VPN на домашнем роутере.	Внедрить надежные протоколы шифрования (например, TLS/SSL, AES).
Устаревшая прошивка и ПО	Устройства не имеют механизма для регулярных обновлений.	Регулярно проверять и устанавливать обновления прошивки.	Внедрить автоматические, безопасные механизмы обновления ПО (Secure Boot).
Небезопасные API и протоколы связи	Слабые интерфейсы могут быть использованы для несанкционированного доступа.	Проверять разрешения приложений; отключать ненужные функции.	Защищать API средствами контроля доступа и уникальными ключами.
Физический взлом и кража	Устройства уязвимы для физических атак.	Надежно устанавливать устройства; использовать защищенное от взлома оборудование.	Проектировать с учетом функций защиты от несанкционированного доступа и в надежных корпусах.
Риски для конфиденциальности	Нежелательный сбор и обмен данными.	Отказаться от обмена данными; удалять историю команд.	Соблюдать правила защиты данных; предоставлять прозрачные политики конфиденциальности.

Регулирование и законодательство

В ответ на системные сбои в сфере IoT правительства и регулирующие органы по всему миру начинают принимать меры для обеспечения безопасности. В настоящее время существуют два основных подхода: упреждающий и обязательный в Европе и добровольный и основанный на рынке в США.

Упреждающий и обязательный подход Европейского союза

Европейский союз взял на себя ведущую роль в регулировании безопасности IoT, приняв два ключевых акта:

Акт о киберустойчивости (Cyber Resilience Act, CRA): Этот новаторский закон вводит обязательные требования к кибербезопасности для всех цифровых продуктов, продаваемых на территории ЕС [29, 30, 31]. Он переносит ответственность на производителей, обязывая их обеспечивать безопасность своих продуктов на протяжении всего их жизненного цикла [29, 30].

Директива о радиооборудовании (Radio Equipment Directive, RED): Эта директива обновляется, чтобы обязать производителей беспроводных устройств обеспечивать, что их продукция не нарушает работу сетей, не использует ресурсы сети не по назначению и не раскрывает личные данные [29].

Эти нормативные акты сигнализируют о сдвиге от принципа «работает и так сойдет» к подходу, где безопасность является обязательным условием для выхода продукта на рынок.

Добровольный и основанный на рынке подход Соединенных Штатов

В отличие от ЕС, США полагаются на более добровольный подход, сочетающий государственное регулирование и рыночные механизмы:

Программа Cyber Trust Mark: Эта добровольная программа маркировки, администрируемая Федеральной комиссией по связи (FCC), использует логотип, похожий на Energy Star, чтобы помочь потребителям идентифицировать продукты, соответствующие определенным стандартам кибербезопасности [29, 32, 33]. Марка является сигналом для потребителей о том, что производитель гарантирует безопасность своего продукта [32].

Закон об улучшении кибербезопасности IoT: Этот федеральный закон, принятый в 2020 году, предписывает федеральным агентствам закупать только те устройства IoT, которые соответствуют стандартам, разработанным Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) [34].

Между двумя подходами существует фундаментальное философское различие. ЕС выбрал обязательную модель, где угроза штрафов стимулирует производителей к соблюдению правил. США же полагаются на рыночные силы и потребительский спрос, чтобы побудить производителей улучшать безопасность. Это может привести к созданию двухуровневого рынка, где сертифицированные продукты будут относительно безопасными, в то время как огромное количество дешевых, несертифицированных устройств останется уязвимым.

Выводы

Прогноз на будущее: Тенденции, формирующие рынок безопасности умного дома. Будущее безопасности умного дома будет определяться сочетанием технологических инноваций и растущего потребительского спроса. Рынок безопасности умного дома демонстрирует устойчивый рост, с прогнозами ежегодного увеличения более чем на 15% [35, 36]. Этот рост обусловлен растущим осознанием необходимости безопасности и популярностью доступных решений, которые пользователи могут устанавливать самостоятельно [35].

Технологические инновации. Детектирование угроз на основе ИИ: Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения будут играть ключевую роль в будущем безопасности. Они могут непрерывно анализировать огромные объемы данных для



обнаружения аномалий, прогнозирования угроз и автоматического реагирования в реальном времени [5, 19, 20, 23, 35].

Технология блокчейн: Блокчейн может повысить безопасность IoT, предоставляя децентрализованную, неизменяемую запись для аутентификации устройств и обеспечения целостности данных [20, 23].

Квантово-устойчивое шифрование: С развитием квантовых вычислений, которые угрожают нынешним методам шифрования, возникнет необходимость в разработке и внедрении новых криптографических алгоритмов, устойчивых к таким атакам [20, 23].

Новые модели безопасности. Модель «нулевого доверия» (Zero Trust): Эта модель предполагает, что ни одно устройство или пользователь по умолчанию не заслуживает доверия, и требует строгой верификации и контроля доступа. Ожидается, что она станет более популярной в сфере IoT [23].

Граничные вычисления (Edge Computing): Обработка данных на локальных устройствах позволит в реальном времени обнаруживать угрозы и реагировать на них, снижая зависимость от удаленных облачных серверов [23].

Критическая роль информированности и обучения пользователей. Несмотря на все технологические и регуляторные достижения, образование пользователей остается одним из наиболее важных факторов в обеспечении безопасности умного дома [13, 19, 23]. Компании и правительства должны будут инвестировать в программы, которые повышают осведомленность потребителей о потенциальных опасностях и учат их лучшим практикам.

Заключение:

Текущее состояние безопасности устройств умного дома характеризуется глубоким, системным конфликтом между удобством и защищенностью. Отсутствие шифрования, слабые пароли и неспособность обновляться создают огромный и постоянно растущий риск, который уже привел к масштабным утечкам данных и глобальным кибератакам. Эти проблемы не являются случайными, а обусловлены фундаментальным компромиссом в подходе к проектированию, который предпочитает низкую стоимость и скорость, а не надежность и безопасность.

Очевидно, что ни производители, ни потребители не могут решить эту проблему в одиночку. Безопасность умного дома является общей ответственностью, которая требует многостороннего и скоординированного подхода. Потребители должны быть осведомлены и принимать активное участие в защите своих сетей, в то время как производители должны пересмотреть свои бизнес-модели, внедрив принципы «безопасности по умолчанию» и приоритезируя защиту на протяжении всего жизненного цикла продукта. Надежда на более безопасное будущее лежит в растущем осознании проблемы. Регуляторы по всему миру начинают принимать меры, и технологические инновации, такие как ИИ и блокчейн, предлагают новые инструменты для борьбы с угрозами. Хотя предстоит пройти долгий путь, коллективные усилия потребителей, производителей и регулирующих органов могут привести к созданию более надежной, устойчивой и безопасной экосистемы умного дома.

Список использованной литературы

1. Koliadis, C., Kambourakis, G., Stavrou, A., & Voas, J. (2017). DDoS in the IoT: Mirai and other botnets. *Computer*, 50(7), 80-84. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.201>
2. Sivaraman, V., Gharakheili, H. H., Fernandes, C., Kruegel, C., & Vigna, G. (2018). Network-level security and privacy control for smart-home IoT devices. 2018 IEEE 11th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 163-167. <https://doi.org/10.1109/WiMOB.2018.8589147>
3. Nurse, J. R., Creese, S., & De Roure, D. (2017). Security risk assessment in Internet of Things systems. *IT Professional*, 19(5), 20-26. <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.3680959>

4. Zeadally, S., Das, A. K., Sklavos, N., & Khurram, S. (2021). Cybersecurity and privacy issues in the Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 180, 103019. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103019>
5. Weber, R. H. (2010). Internet of Things – New security and privacy challenges. *Computer Law & Security Review*, 26(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2009.11.008>
6. Fernandes, E., Jung, J., & Prakash, A. (2016). Security analysis of emerging smart home applications. 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), 636-654. <https://doi.org/10.1109/SP.2016.44>
7. Antonakakis, M., April, T., Bailey, M., et al. (2017). Understanding the Mirai Botnet. 26th USENIX Security Symposium (USENIX Security 17), 1093-1110. Vancouver, BC: USENIX Association.
8. Herzberg, B., Bekerman, D., & Zeifman, I. (2016). Breaking Down Mirai: An IoT DDoS Botnet Analysis. Incapsula Blog. Retrieved from <https://www.incapsula.com/blog/malware-analysis-mirai-ddos-botnet.html>
9. Palo Alto Networks Unit 42. (2020). 2020 Unit 42 IoT Threat Report. Palo Alto Networks. Retrieved from <https://unit42.paloaltonetworks.com/iot-threat-report-2020/>
10. Symantec Corporation. (2019). Internet Security Threat Report (ISTR) Volume 24. Symantec. Retrieved from <https://www.symantec.com/security-center/threat-report>
11. Kaspersky Lab. (2021). IoT: A malware story. Kaspersky Security Bulletin. Retrieved from <https://securelist.com/iot-a-malware-story/99045/>
12. Fortinet. (2022). Global Threat Landscape Report. Fortinet FortiGuard Labs. Retrieved from <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/iot-security>
13. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2020). Guidelines for Securing the Internet of Things. ENISA. <https://doi.org/10.2824/741464>
14. European Parliament and Council. (2022). Proposal for a Regulation on horizontal cybersecurity requirements for products with digital elements (Cyber Resilience Act). COM(2022) 454 final. Brussels: European Commission.
15. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2020). NISTIR 8259A - IoT Device Cybersecurity Capability Core Baseline. U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A>
16. Federal Communications Commission (FCC). (2023). U.S. Cyber Trust Mark Program. FCC Consumer Guide. Retrieved from <https://www.fcc.gov/cyber-trust-mark>
17. U.S. Congress. (2020). IoT Cybersecurity Improvement Act of 2020. Public Law No: 116-207. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.
18. Krebs, B. (2016). Who is Anna-Senpai, the Mirai Worm Author?. Krebs on Security. Retrieved from <https://krebsonsecurity.com/2017/01/who-is-anna-senpai-the-mirai-worm-author/>
19. Cloudflare. (2016). Understanding and mitigating the Mirai botnet. Cloudflare Blog. Retrieved from <https://blog.cloudflare.com/inside-mirai-the-infamous-iot-botnet/>
20. vpnMentor Research Team. (2020). Mars Hydro Data Breach: 2.7 Billion Records Exposed. vpnMentor. Retrieved from <https://www.vpnmentor.com/blog/report-mars-hydro-breach/>
21. Hill, K. (2019). Ring's Hidden Data Let Us Map Amazon's Sprawling Home Surveillance Network. Gizmodo. Retrieved from <https://gizmodo.com/ring-doorbell-camera-video-streaming-police-security-1840121248>
22. Electronic Frontier Foundation (EFF). (2020). Ring Doorbell App Packed with Third-Party Trackers. EFF Deeplinks Blog. Retrieved from <https://www.eff.org/deeplinks/2020/01/ring-doorbell-app-packed-third-party-trackers>
23. Fortune Business Insights. (2023). Smart Home Security Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis. Market Research Report FBI106801. Retrieved from <https://www.fortunebusinessinsights.com/smart-home-security-market-109801>
24. Precedence Research. (2023). Smart Home Security Market (By Product Type, By Application)



- Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. Retrieved from <https://www.precedenceresearch.com/smart-home-security-market>
25. Gartner Inc. (2021). Forecast: Internet of Things — Endpoints and Associated Services, Worldwide, 2020. Gartner Research. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/documents/3991185>
 26. OWASP Foundation. (2021). OWASP IoT Top 10 2018. Open Web Application Security Project. Retrieved from <https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP-IoT-Top-10-2018-final.pdf>
 27. Keyfactor. (2022). IoT Device Authentication: Methods and Best Practices. Keyfactor Blog. Retrieved from <https://www.keyfactor.com/blog/what-is-iot-device-authentication/>
 28. Aeris Communications. (2022). Top 10 Strategies for Ensuring IoT Security. Aeris Resources. Retrieved from <https://www.aeris.com/resources/top-10-strategies-for-ensuring-iot-security/>
 29. IoT For All. (2023). The Future of IoT Security: Trends and Predictions. IoT For All. Retrieved from <https://www.iotforall.com/the-future-of-iot-security-trends-and-predictions>
 30. Bitdefender. (2023). IoT Policy and Regulation in 2025: What to Expect. Bitdefender Blog. Retrieved from <https://www.bitdefender.com/en-gb/blog/hotforsecurity/iot-policy-regulation-2025>
 31. Tripwire. (2022). IoT Security Regulations & Compliance Checklist. Tripwire State of Security. Retrieved from <https://www.tripwire.com/state-of-security/iot-security-regulations-compliance-checklist-part-1>
 32. Memfault. (2023). Understanding the U.S. Cyber Trust Mark Program. Memfault Blog. Retrieved from <https://memfault.com/blog/us-cyber-trust-mark/>
 33. Radware. (2022). Mirai Botnet: What You Need to Know. Radware DDoS Knowledge Center. Retrieved from <https://www.radware.com/security/ddos-knowledge-center/ddospedia/mirai/>
 34. Proofpoint. (2023). IoT Security: Challenges and Solutions. Proofpoint Threat Reference. Retrieved from <https://www.proofpoint.com/us/threat-reference/iot-security>
 35. Safewise. (2023). Latest Home Security Breaches and Responses. Safewise Blog. Retrieved from <https://www.safewise.com/blog/latest-home-security-breaches-and-responses/>

FRAKTAL TUZILISHLI YER SIRTINI GEOMETRIK MODELLASHTIRISH VA VIZUALLASHTIRISH

Saidkulov Elyor

Muhammad al-xorazmiy nomidagi toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali

elyorsamtiut9977@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot ishida fraktal tuzilishga ega quruqlik yuzasi ob'ektlarini geometrik modellashtirish va vizualizatsiya qilishga qaratilgan. O'ziga o'xshashligi bilan ajralib turadigan fraktal tuzilmalar daryo tarmoqlari va eroziya naqshlari kabi tabiiy sirt releflarini tahlil qilish va simulyatsiya qilish uchun samarali yondashuvni ta'minlaydi. Tadqiqot ilg'or qutilarni hisoblash va kub usullaridan foydalangan holda er yuzalarining fraktal o'lchamlarini hisoblash uchun takomillashtirilgan algoritmi ishlab chiqadi. Metodologiya murakkab relief shakllaridagi fraktal xususiyatlarni aniqroq aniqlash imkonini beradi, atrof-muhitni o'rganish, shaharsozlik va gidrologik modellashtirishda yordam beradi. Taklif etilgan modellar va algoritmlar amaliy dasturlarda muvaffaqiyatli amalga oshirilib, chegaralarni aniqlash va erna baholashda samaradorlikni oshirdi.

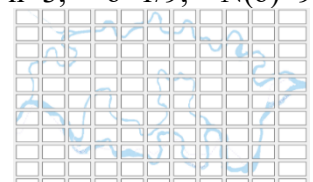
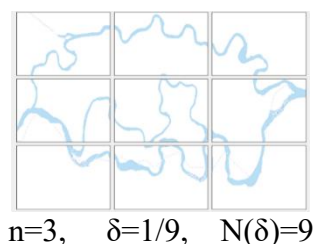
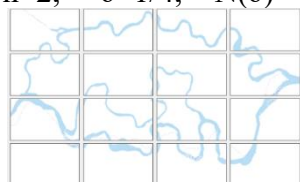
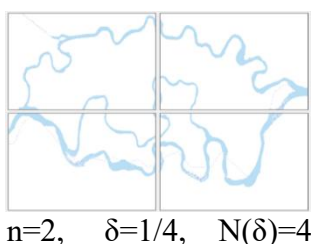
Kalit so'zlar: Fraktal geometriya, geometrik modellashtirish, daryo tarmoqlari, yer yuzini vizualizatsiya qilish, kublarni hisoblash usuli, kub usuli, atrof-muhitni tahlil qilish va yerni simulyatsiya qilish.

Kirish

Hozirgi paytda jahonda sirt yuzalarining tuzilishi va xossalarini tushunish geologiya, geografiya, ekologiya va shaharsozlik kabi keng sohalar uchun zarurdir. So'nggi yillarda fraktal tuzilishlar sirt yuzalarini modellashtirish va tahlil qilish uchun vosita sifatida paydo bo'ldi. Fraktallar geometrik obyektlar bo'lib, ular turli miqyosda o'ziga o'xshashlikni namoyon qiladi va ulardan turli murakkab tabiat hodisalarini tasvirlash uchun foydalaniladi. Sirt yuzalarini tahlil qilish uchun olimlar fraktal modellardan foydalangan holda, ularning xususiyatlari va o'zgarishlari haqidagi har xil yangi tushunchalardan foydalangan. Ushbu tadqiqot ishida fraktal tuzilishlar yordamida sirt yuzalarini hisoblashning yangi algoritmini ishlab chiqishga e'tibor qaratiladi. Ishlab chiqilgan algoritm mavjud algoritmlar, modellar va fraktal yuzalarni yaratish, manipulyatsiya qilishning yangi usullari kombinatsiyasiga asoslanadi. Fraktal tuzilishlar yordamida Yer sirti yuzalarini o'zgarish dinamikasini hisoblash algoritmini ishlab chiqish orqali tabiatning murakkab hodisalarining xususiyatlari va xatti-harakatlari haqida yangi tushunchalar taqdim etiladi. Murakkab fraktal tuzilishli obyektlarni loyihalashda fraktal geometriya usullaridan faol foydalaniladi.

Asosiy Qism

Tabiatda fraktal tuzilishli tarmoqlar chuqur o'rganilgan. Kasrli o'lchovni baholashdan turli daryo tarmoq shakllanishlarini tavsiflash hamda tahlil qilishda foydalanish mumkin.





$$n=4, \quad \delta=1/16, \quad N(\delta)=16$$

$$n=10, \quad \delta=1/121, \quad N(\delta)=27$$

1-rasm. Katakcharni sanash usuli yordamida Zarafshon daryosining fraktal o'lchovini aniqlash

Daryo tarmog'i murakkab tuzilishga ega ekanligini N ning qiymatlaridan bilish mumkin. Chunki bo'lingan katakchalar o'lchami qisqarganda katakchalar soni ko'payib boradi. Bu esa daryo tarmog'ining cheksiz har tomonga tarqalganligidan dalolat beradi. Shu ma'lumotlar yordamida daryo tarmog'ining kasrli o'lchovi qoplamalar usuli asosida aniqlandi.

$M \times N$ o'lchamli tasvir berilganda s quyidagicha hisoblanadi:

$$s=2, 3, 4, \dots, n^{l-1}$$

$$m=[M/s].$$

$$n=[N/s].$$

Bu yerda s katakchani o'lchami, K umumiy katakchalar soni, $K(s)$ fraktal tasvir bor katakchalar soni. $M=ms$ va $N=ns$ katakchalarni sanash usuli qo'llanilib, katakchalarning o'lchami quyidagi shartlar asosida aniqlanadi:

$$M > ms \text{ va } N = ns \text{ bo'lsa } n_{i,j} = \min\left(\frac{p_{i,j}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(M-ns)}{s}.$$

$$M = ms \text{ va } N > ns \text{ bo'lsa } n_{i,j} = \min\left(\frac{p_{i,j}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(N-ms)}{s}.$$

$$M > ms \text{ va } N > ns \text{ bo'lsa } n_{i,j} = \min\left(\frac{p_{i,j}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(M-ms) \times (N-ms)}{s^2}.$$

$$M \times N, \quad M = 19, \quad N = 17, \quad s = 3.$$

$$m = [19/3], \quad n = [17/3], \quad p_s \neq 0,$$

$$\bar{p} = 9.5, \quad p_{3,3} = 9, \quad K'(s) = \sum_{i=1}^{[M/s]} \sum_{j=1}^{[N/s]} n_{i,j}.$$

$$n_{3,3} = \min\left(\frac{p_{3,3}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(M-ns)}{s} = \frac{9}{9.5} \times \frac{2}{3} = 0.64$$

Bundan $K'(s) = 4 + 0.64 = 4.64$ ekanligi aniqlandi. Dastlab katakchalarni sanash usulida $K(s)$ hisoblangan. Takomillashtirilgan katakchalarni sanash usulida esa $K'(s)$ aniqlandi.

Olingan natijalardan foydalanib fraktal o'lchov aniqlandi:

$$D = \frac{\lg(K'(s))}{\lg\left(\frac{1}{s}\right)} = 1,3969.$$

Fraktal tuzilishga ega bo'lgan daryo tarmog'i tizimlari daryo oqimini yaxshilash va funksional buzilishlarning oldini olish vazifasini bajaradi. Daryo tarmog'i ham yuqorida keltirilgan fraktal tasvirlar kabi fraktal tuzilishga ega bo'lib, fraktal o'lchovi aniqlanadi. Buning uchun daryo tarmog'i ajratilib olinadi, ya'ni mavjud tasvir yuklanadi va chegara o'lchovlari aniqlanadi. Fraktallar birinchi bosqichda geometrik o'zgarishlardan so'ng asl shaklini takrorlash, so'ngra keyingi bosqichlarda bu jarayonni cheksiz ko'p marta qaytarish orqali hosil bo'ladi. Bu jarayon fraktal shaklni ishlab chiqarishga olib keladi. Hozirgacha taklif qilingan fraktal o'lchovlarni baholash usullarining ko'pchiligi geometrik qadam usulidan foydalanadi, bunda fraktal tuzilishli tasvirning mavjud sohasidan tashqari qismi ham hisobga olinadi. Kublar usulining takomillashtirilgan usulida fraktal tasvir o'lchami $M \times M \times M = 3^m \times 3^m \times 3^m$ deb olinib, raqamli ishlov berilayotgan tasvirda kublarning ortiqchasi hisobga olinmaydi. Ushbu tadqiqotda kublar usuli muammosini hal qilish uchun berilgan tasvir $\delta \times \delta \times \delta$ o'lchamli kublarga bo'linib, fraktal tasvir mavjud kublar sanaladi.



2-rasm. Katakchalarni sanash usuli asosida fraktal tuzilishli tasvirlarning fraktal o'lchovlarini aniqlashning blok-sxemasi

$M \times M \times M$ o'lchamli 3D ko'rinishidagi 2D tasvir berilganda, kublarni sanash usuli fraktal tuzilishli tasvirlarning o'ziga o'xshashlik xususiyatidan foydalanib, uni qadam o'lchamini N deb belgilab, kublarga bo'linadi. Bunda D fraktal o'lchov bo'lib, u kublar soni va o'lchamiga bog'liq.

$M \times N \times Z$ o'lchamli 3D ko'rinishidagi 2D tasvir berilganda n quyidagicha hisoblanadi, $n = 1, 2, 4, \dots, 2^{m-1}$ bu yerda $m = \log_2(M)$ ga teng. Berilgan tasvir $n \times n$ o'lchamli kublarga ajratiladi, so'ng $(i \times j \times k)$ satr va ustundan iborat kublar hosil qilinib, kublar qiymati $n_{i,j,k} = 0$ bunda agar tasvir yo'q bo'lsa, $n_{i,j,k} = \frac{1}{2}$ bunda agar 0 dan keyin 1 kelsa va 1 dan keyin 0 kelsa, agar 1/2 dan keyin kelsa $n_{i,j,k} = 1$ ga teng deb qaraladi.

Takomillashtirilgan kublar usulida: $M \times N \times Z$ o'lchamli tasvir beriladi s quyidagicha hisoblanadi:

$$L = \min(M, N, Z), \quad s=2,4,\dots,2^{i-1}$$

$$l = \log_2(L)$$

$$m = \lceil M/s \rceil,$$

$$n = \lceil N/s \rceil,$$

$$z = \lceil Z/s \rceil.$$

$M = ms, N = ns, Z = zs$ va $p_s \neq 0$ kublarni sanash usuli qo'llanilib, kublarning o'lchami quyidagi shartlar asosida hisoblanadi:

$$M > ms, N = ns \text{ va } Z = zs \text{ bo'lsa } n_{i,j,k} = \min\left(\frac{p_{i,j,k}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(M-ms)}{s},$$

$$M = ms, N > ns \text{ va } Z = zs \text{ bo'lsa } n_{i,j,k} = \min\left(\frac{p_{i,j,k}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(N-ms)}{s},$$

$$M = ms, N > ns \text{ va } Z > zs \text{ bo'lsa } n_{i,j,k} = \min\left(\frac{p_{i,j,k}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(Z-ms)}{s},$$

$$M > ms, N > ns \text{ va } Z = zs \text{ bo'lsa } n_{i,j,k} = \min\left(\frac{p_{i,j,k}}{p_s}, 1\right) \times \frac{(M-ms) \times (N-ns) \times (Z-zs)}{s^2}$$



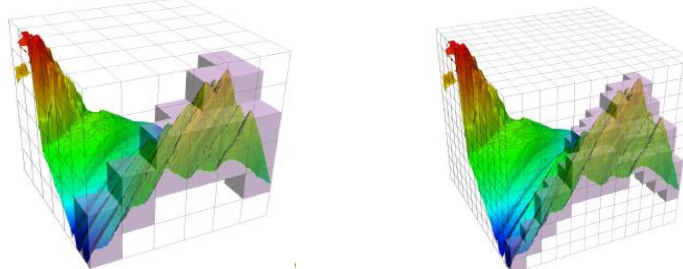
$$N = \sum_{i=1}^{M/s} \sum_{j=1}^{N/s} \sum_{k=1}^{Z/s} n_{i,j,k} \cdot \quad (2)$$

N - har bir qadamdagi bo'lingan kublar soni bo'lib, uni sanash jarayonini takrorlash orqali olinadi. 1-jadvaldagi qadamlar asosida fraktal o'lchov D quyidagicha topiladi:

$$D = \frac{\log(N)}{\log\left(\frac{1}{s}\right)} = \frac{\log(400)}{\log\left(\frac{1}{1/9}\right)} = 2.7454$$

(3)

Zarafshon daryosi yer sirtlarining 3D fraktal o'lchovini kublar usuli yordamida aniqlandi.



3-rasm. Zarafshon daryo tarmog'ini kublarga bo'lgandagi holati

Keltirilgan blok-sxemalar yordamida Samarqand viloyati kadastr boshqarmasidan olingan Zarafshon daryo tarmog'ida eroziya mavjud qismining fraktal o'lchovi aniqlanadi. Bunda eroziya mavjud qismining fraktal o'lchovi takomillashtirilgan kublarni sanash usulining faqat fraktal tasvir mavjud sohani hisobga olgan holda aniqlandi.

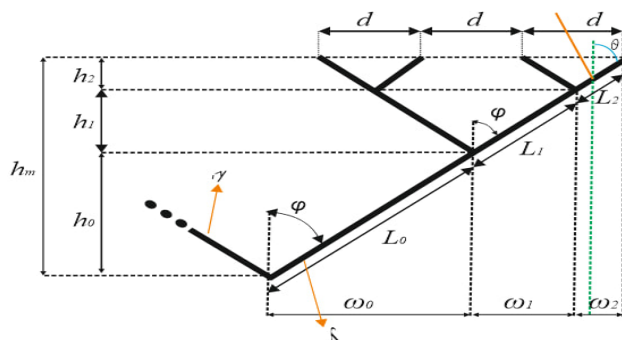
Ushbu ilmiy-tadqiqot ishida takomillashtirilgan kublar usuli yordamida Zarafshon daryo tarmog'idagi eroziya holatlari 0.1217 ga o'zgarganligi aniqlandi hamda takomillashtirilgan kublar usuli qolgan ikkita usul bilan solishtirilib qiyosiy tahlillar amalga oshirildi.

1-Jadval. Zarafshon daryo tarmog'ida eroziya mavjud qismining fraktal o'lchovini turli usullarda aniqlashning solishtirma tahlili

№	Katakchalarni sanash usuli	Kublar usuli	Takomillashtirilgan kublar usuli
1	1.7488	2.8073	2.3219
2	1.6234	2.6801	2.4649
3	1.6123	2.6787	2.4770
4	1.6001	2.6989	2.5542
5	1.5963	2.6991	2.5974
6	1.5769	2.7304	2.6799
7	1.5721	2.7429	2.6958
8	1.5624	2.7527	2.7268
9	1.5625	2.8115	2.7379
10	1.5626	2.8326	2.7454

Katta va kichik suv havzalari uchun daryo tarmog'ining zichligi va oqim chastotasi qiymatlarini to'g'ridan-to'g'ri taqqoslab bo'lmaydi, chunki ular odatda suv havzasining hajmiga bog'liq. Katta havzada kichik havzada bo'lgani kabi birlik maydonda ham shuncha kichik uzunlikdagi elementar irmoqlar bo'lishi mumkin va qo'shimcha ravishda odatda bir yoki bir nechta yirik daryolarni o'z ichiga oladi.

Quyida daryo tarmog'i hosil bo'lishining geometrik modeli ishlab chiqildi.



4-rasm. Daryo tarmog'i hosil bo'lishining geometrik modeli

$$\varphi_{2i+1} = 2\pi U(0,1)$$

$$\varphi_{2i+2} = \varphi_{2i+1} + \pi \tag{4}$$

$$\theta_{2i+1} = \arccos \left(\frac{F_{n2i+1}^2}{2} + \frac{F_{n2i+1}^{-2}}{2} \left(1 - (1 - F_{n2i+1}^\gamma)^{\frac{4}{\gamma}} \right) \right) \tag{5}$$

$$\theta_{2i+2} = \arccos \left(\frac{F_{L2i+2}^2}{2} + \frac{F_{L2i+2}^{-2}}{2} \left(1 - (1 - F_{L2i+2}^\gamma)^{\frac{4}{\gamma}} \right) \right)$$

Endi daryo tarmog'i hosil bo'lishining fraktal modelini keltiramiz. L-tizimlari usuli asosida hosil bo'lgan fraktal model (oddiy variant):

Aksioma - A Qoida: "F", "FF" "A", "F[+A][-A]" $\alpha = 33^\circ$				
n=1	n=2	n=3	n=4	n=5

5-rasm. Iteratsiyaning turli qadamlarida hosil bo'lgan daryo irmoqlari

L-tizimlari usuli asosida hosil bo'lgan fraktal model (takomillashtirilgan variant):

Aksioma - A Qoida: "A", "F(1, 1)[+(1)A][-(1)A]" "F(x, y)", lambda x, y: f"F({1.5*x}, {1.7*y})" "+(x)", lambda x: f"+({1.1*x})" "-(x)", lambda x: f"-({1.1*x})"	$W_0 = F(1, 1)[+(1)A][-(1)A]$ $W_1 = W_0(F, A)$ $W_2 = W_1(W_0)$ $W_3 = W_2(W_1)$... $W_n = W_{n-1}(W_{n-2})$
---	---



$\alpha = 33^\circ$				
n=1	n=2	n=3	n=4	n=5

6-rasm. Iteratsiyaning turli qadamlarida hosil bo‘lgan daryo irmoqlar

Ushbu ishlab chiqilgan geometrik modelda o‘rtacha daryo tarmog‘ining radiusini hosil qilish, daryo tarmoqlari uzunligini daryo tarmoqlari burchagini, daryo tarmoqlari radiuslarini hisoblash, daryo tarmoqlari orasidagi burchaklarni aniqlash, kesishuvchi daryo tarmoqlarini aniqlash va daryo tarmoq tugunlarini tekshirish mumkin. Murakkab fraktal tuzilishli daryo tarmog‘i tasvirlarini geometrik modellashtirish dasturiy majmuasi orqali daryo tarmog‘ining murakkab fraktal shakllarni ishlab chiqish, tabiiy tasvirlarning fraktal o‘lchovini aniqlash va ular asosida tashxislash mumkin:

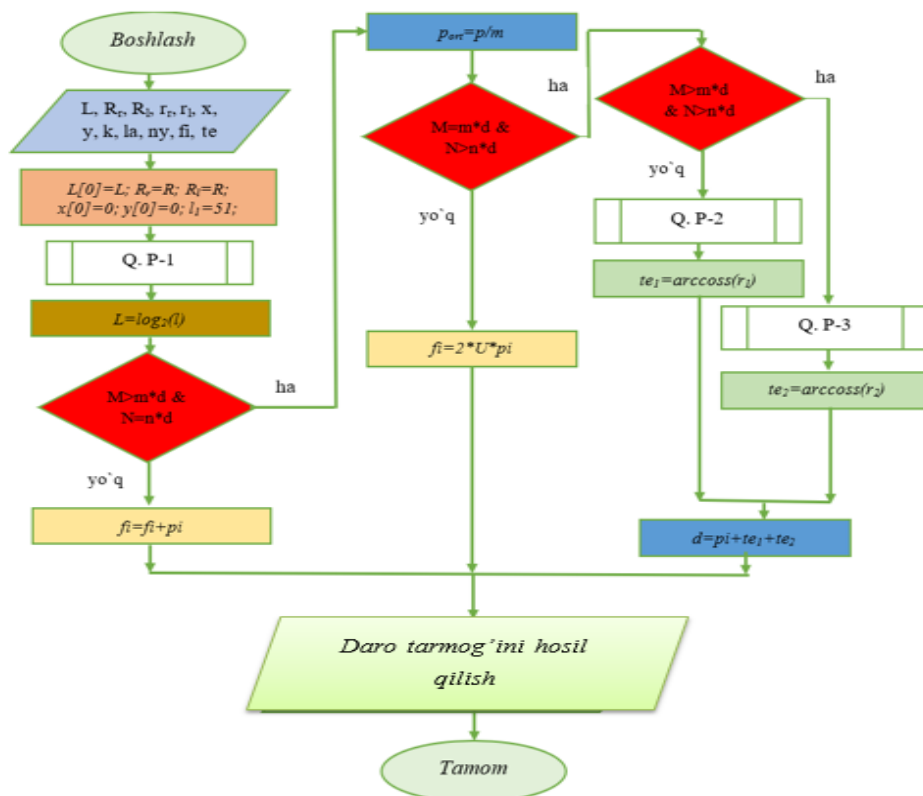


7-rasm. Murakkab fraktal obyektlarni qurish va o‘lchovlarini aniqlash dastur interfeysi

Ushbu geometrik modeldan daryo tarmog‘ini hosil qilishda foydalaniladi. Ushbu burchaklar yordamida ixtiyoriy daryo tarmog‘ini yaratish mumkin. Ishda vizualizatsiya jarayonini kuzatish uchun dasturiy majmua ishlab chiqilgan bo‘lib, unda daryo tarmog‘ining vizual tasvirlarini ko‘rish mumkin.



Bo‘linishni takomillashtirishda bo‘linish havzadagi irmoqlar sonini kamida ikki baravar oshiradi. Bu tarmoqning ko‘payish bosqichlari havzaning eksponensial o‘shishiga olib keladi. Ushbu ilmiy tadqiqot ishida moslashuvchan takomillashtirish texnikasi qo‘llaniladi. Demak, yangi irmoqni hisoblash uchun faqat bitta qoida kerak. Bo‘linish sxemasi nosimmetrik bo‘lishi va iloji boricha kichik bo‘lishi kerak.



9-rasm. Dasturiy majmuaning funksional sxematik tuzilishi

Murakkab ko‘rinishdagi fraktal obyektlarni vizuallashtirishda C++ va OpenGL dasturlash tillaridan foydalanildi. Yaratilgan «fractal surface» dasturiy vositasi murakkab fraktallarni ishlab chiqish uchun tez vizualizatsiya qilish imkonini beradi.

Xulosa

Takomillashtirilgan katakchalarni sanash va takomillashtirilgan kublar usuli asosida olingan fraktal o‘lchovlar yordamida Zarafshon daryo tarmog‘ining fraktal xususiyatli hududlarida eroziya mavjudligi aniqlandi. Analitik va fraktal geometriyaning asosiy tushunchalarini qo‘llab fraktal xususiyatli daryo tarmog‘i hosil bo‘lishining geometrik va fraktal modeli ishlab chiqildi. Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan geometrik va fraktal modellar, algoritmlar va dasturiy vositalar «Davlat kadastrlari palatasi Samarqand viloyat boshqarmasi», «Shaharsizlik hujjatlarini ekspertiza qilish respublika markazi davlat muassasasining Samarqand viloyati hududiy boshqarmasi», «YUKSAK BINO LOYIHA» MCHJda joriy qilingan. Natijada chegara uzunligini aniqlash jarayonlari uchun fraktal tuzilishli obyektlarni loyihalashni avtomatlashtirish va ishlab chiqarishni 8%–11%ga oshirish hamda qo‘l mehnatining kamayishi hisobiga xarajatlarni 5-9%ga kamaytirishga, chegarani aniqlash algoritmlari va geometrik tahliliga ketadigan vaqt 2 barobarga kamayishi, obyekt hududlarining kengayishi (qisqarishi) fraktal o‘lchovini aniqlashga ketadigan vaqtni o‘rtacha 10% ga qisqartirish imkonini beradi.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы // Ижевский институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. -656 с.
2. Lindenmayer A. The Algorithmic Beauty of Plants // Springer-Verlag, New York. 2004. - 240 p.
3. Барнсли М. Фрактальное сжатие изображений. // Мир ПК. – 1992. – № 10. – С. 52–58.
4. Bondarenko V.A. Generalized Pascal Triangles and Pyramids, their Fractals, Graphs, and Applications USA, Santa Clara: Fibonacci Associations, The Third Edition. 2010. – P. 296.
5. Edgar M.G. Topology and Fraktal Geometry // Springer-Verlag, New York, 1990. –С. 92-99.
6. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы, фракталы. // М: Издатель АКИМОВА, 2005. - 656 с.
7. Балханов В.К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления // Отв. ред. Ю.Б. Башкуев. -Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2013. -224 с.
8. Брылкин Ю.В. Создание цифровых моделей рельефа в трёхмерном пространстве методами фрактальной геометрии // Digital Earth and Big Data GraphiCon 2017. – С. 295-297.
9. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.А. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. // Монография. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013, - 370 с.
10. Герега А.Н. Конструктивные фракталы в теории множеств. // Учебное пособие. Одесса «Освіта України» -2017. -85 с.
11. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006, 162 стр.
12. Максименко-Шейко К.В., Шейко Т.И. Математическое моделирование геометрических фракталов с помощью R-функций. // Кибернетика и системный анализ. 2012, №4. – С. 155-162.
13. Иудин Д.И. Фракталы: от простого к сложному // Нижегор. гос. архитектур-строит. ун-т Н. Новгород. 2012–200 с.
14. Кириллов А.А. Повесть о двух фракталах. // 2-е изд., исправленное. -М.МЦНМО, 2010. - 180 с.
15. Кононюк А.Е. Дискретно-непрерывная математика. (Поверхности). // 12-и кн. Кн.6. ч.2-К: Освіта України. 2016.-618 с.
16. Кравченко В.Ф., Кравченко О.В. Конструктивные методы алгебры логики, атомарных функций, вейвлетов и фракталов в задачах физики и техники. М.: Техносфера, 2018. –С. 696.

KIBERXAVFSIZLIK VA AXBOROT XAVFSIZLIGINING O'ZIGA HOS XUSUSIYATLARI

Musaev Anvar Isakovich

UMFT Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası dotsenti
anvarmuso73@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada hozirgi paytda juda keng tarqalib borayotgan tushuncha kiberxavfsizlik to'g'risida so'z yuritilgan. Ushbu tushuncha "axborot xavfsizligi" tushunchasi bilan birgalikda sinonim termin sifatida qo'llanilmoqda. Lekin ushbu terminlarni tushuntirishda klassik hisoblangan "axborot xavfsizligi" tushunchasi bilan tushuntirish qiyinchilik tug'diradi. Shu sababli kiberxavfsizlik terminiga boshqacha yo'nalishda paradigim sifatida qaralishi yoritilgan.

Kalit so'zlar: kibernetika, kiberxavfsizlik, xaker, kiberhujum, axborot xavfsizligi, tizim, ob'ekt, konfidentsiallik, butunlik.

Kirish

Biz hammamiz kundalik faoliyatimizda Internetdan foydalanishga odatlanganmiz. Internetda ma'lumotni qidirish ushbu raqamli qurilmaning boshqaruv tizimini o'z ichiga olgan turli xil elektron qurilmalar yordamida amalga oshiriladi - operatsion tizim, kompyuterlar va mobil qurilmalar, biz kerakli ma'lumotlarni o'qiyamiz, yuklab olamiz va saqlaymiz. Ushbu faoliyatni amalga oshirishda kontentni saqlash, taqdim etish, vizualizatsiya qilish va uzatish funksiyalarini bajaradigan Internet xizmatlari va resurslaridan foydalaniladi. Ushbu faoliyat xavfsizligiga tahdidlar ushbu Internet xizmatlari va qidirilayotgan kontent manbalari haqiqatan ham xavfsizmi yoki yo'qligi natijasida yuzaga keladi.

Materiallar va usullar

Tarmoqdan foydalanishda Internetdan foydalanish uchun ishlab chiqilgan xavfsizlik talablariga rioya va amalda bajariladi. Ulardan eng asosiy talab, kontent ishga tushirilganda xaker manfaati uchun ushbu tizimda zararli harakatlarni amalga oshiradigan virus bilan zararlangan zararli kontentni yuklamaslikdir. Bunday chora-tadbirlarning amalga oshirilishi bilan tizim xavfsizligi ta'minlanadi.

Hozirda ommaviy axborot vositalarida kiberxavfsizlik, kiberhujum, kibertahdid va xakerlik atamaları tobora ommalashib bormoqda. Ushbu tushunchalar axborot xavfsizligi tushunchasi bilan birgalikda qo'llaniladi. Bu axborot texnologiyalari sohasidagi zararli faoliyatning mohiyatini tushuntirishi kerak bo'lgan ikkita tushunchani farqlashni talab qiladi.

Bu atamalardan foydalanishning ilmiy asoslari ham farqli hisoblanadi. Kiberxavfsizlik tushunchasini o'rganar ekanmiz, bu atama ikki qismdan iborat ekanligini ko'ramiz, bular "kiber" va "xavfsizlik" atamalari.

Natijalar

Kiber so'zi kibernetika so'zidan (qadimgi yunoncha Κυβερνητική - kemalarni boshqarish san'ati) so'zidan olingan bo'lib, bu tushunchani fanga 1834 yilda fransuz olimi, fizik, matematigi Andre-Mari Amper kiritgan va uni "samarali boshqaruv" deb atagan [1]. . Bu kontseptsiya ko'p jihatdan davlat boshqaruvi tizimi bilan bog'liq bo'lib, kibernetik nuqtai nazardan kelib chiqqan

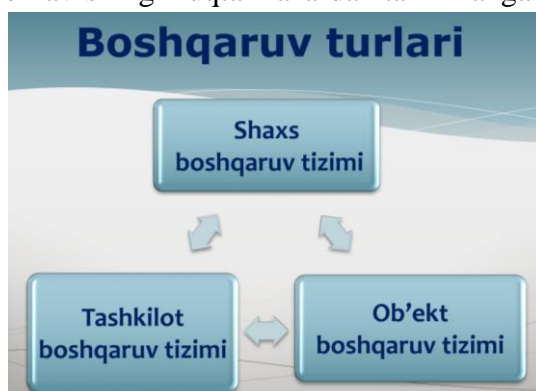


holda boshqaruv tizimi orqali davlat tomonidan o'z fuqarolari uchun yaxshi yashash sharoitini yaratish davlat tomonidan osonlikcha amalga oshirilishi mumkin.

Shundan so'ng, 1948 yilda amerikalik matematik, kibernetika va sun'iy intellekt asoschisi Norbert Viner birinchi marta kibernetikani zamonaviy fan sifatida taklif qildi [1]. Bunda kibernetika qora quti va shunga o'xshash tizimlarni, shuningdek, tirik organizmlar, mashinalar va tashkilotlarda boshqaruv, aloqa va o'z-o'zini tashkil qilish tizimida yuzaga keladigan teskari aloqani o'rganishni o'z ichiga oladi. Kibernetika tizimning (raqamli, mexanik yoki biologik) har qanday ma'lumotni qanday qayta ishlashiga, uning tarkibidagi o'zgarishlar yoki ushbu ma'lumotlarning ta'siriga reaksiya natijasida funktsiyalari o'zgarishi natijasida unga yuklangan ikkita vazifani ifodalovchi ma'lumotlarni qayta ishlashga qaratilgan. yoki tizimning ushbu ta'sirga javob berish vazifasini yaxshiroq bajarishiga imkon beruvchi boshqa ta'sirlar natijasida tizimning bir qismidagi o'zgarishlar natijasida.[1]

Tizimning "tizim xavfsizligi" yoki "xavfsizlik darajasi" so'zi har qanday tizimning kelajakdagi mavjudligiga, uning kelajakda yashab qolishiga ta'sirini baholaydigan umumiy ko'rsatkichdir.

"Kiber" so'zi ixtiyoriy moddiy, jonli va nomoddiy tizimda samarali boshqaruvni anglatadi. Har qanday tizimda, uning boshqaruv qismi tizimni foydali yoki zararli natijaga olib kelishi mumkin va bu holat tizimning mavjud bo'lishiga, kelajakda yashab qolishiga yoki ushbu tizimning ishdan chiqishi, kelajakda yo'q bo'lishi mumkinligini baholaydi. Tizimning tarkibiy qismlari hisoblangan alohida quyi tizim qismlariga yuklangan vazifalarning bajarilishini baholashda u samarali va foydali deb hisoblanasa, ushbu umumiy tizim kiberxavfsizlik nuqtai nazaridan himoyalangan deb hisoblanadi. Tizim nomukammal bo'lgan quyi tizimlarni aniqlasa va ushbu quyi tizimlarni olib tashlash jarayonlarini bajarsa, yoki ushbu quyi tizimlarning sifat jihatidan yaxshilanishiga erishib butun tizim vazifalarini yanada yaxshiroq bajarishga imkon berishiga olib kelsa, shu holatda tizimning kiberxavfsizligi nuqtai nazardan ta'minlangan deb hisoblanadi.



1-rasm. Boshqaruv turlari

Boshqarish tizimida xavfsizlikni tushuntirishda kiberxavfsizlik tushunchasi qo'llaniladi. Kiberxavfsizlik - kelajakda uning mavjudligini ta'minlash uchun har qanday tizimning umumiy boshqaruviga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan foydali va zararli ta'sirlarni o'rganadigan fan. Hozirgi kunda kiberxavfsizlik raqamli elektron tizimlarning muhim xususiyatiga aylandi. Muhim xususiyatga shundaki, har qanday raqamli tizimlar bilan tarmoq orqali masofadan o'zaro ta'sir qilish usullari soni ortib borayotgani, bu ta'sirlar zararli bo'lgan xollarda tizimning ishlamay qolishiga

(stop), uning ishlashida o'zgarishlarga (modifikatsiya), yoki tizimni butunlay boshqa maqsadga yo'naltirishda (redirect) olib kelishi mumkin.

Kiberxavfsizlik turlari:

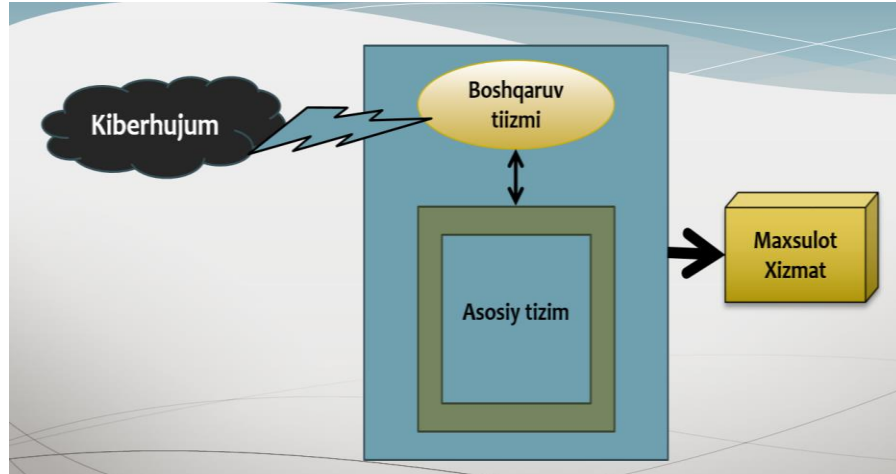
1. Fuqarolar kiberxavfsizligi
2. Tashkilotlar kiberxavfsizligi
3. Davlat kiberxavfsizligi
4. Dunyo kiberxavfsizligi

Fuqarolar kiberxavfsizligi bu fuqarolarning xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan qonuniy, tashkiliy va texnikaviy tadbirlardir. Bunday asosiy maqsad fuqarolar axborot olamini va ularning xayotiy xavfsizligini ta'minlashdir. Fuqarolar uchun boshqaruv tizimi bu ularning o'z hayotiy faoliyatini olib borishda, hayot kechirishlarida jamiyatdagi mavjud qulayliklardan foydalanish, yanada yangi qulaylik, sharoitlarni yaratish hamda ulardan foydalanishda qo'llaniladigan usullar, vositalar va odatlar jamlanmasidir. Fuqarolarning boshqaruv tizimi (kiber tizimi) bilim olish va amaliy ko'nikmalar xosil qilish asosida shakllanadi. Fuqarolarning boshqaruv tizimi uning shaxsiy fazilatlariga bog'liq bo'lib, uning bilimi va amaliy ko'nikmasi darajasi bilan baholanadi. Jamiyatda fuqarolarning kiberxavfsizligini ta'minlash umumiy xolda davlat kiberxavfsizligini ta'minlashga olib keladi.

Kiberxavfsizlik ham kiberhujumlar kabi bitta muhitda, ya'ni kompyuter vositalari va dasturiy ta'minotlari birlashtirilgan raqamli platformalarning imkoniyatlaridan foydalangan xolda amalga oshiriladi. Kompyuter vositalari va dasturiy ta'minotlar imkoniyatlari amalda cheklanmagan vazifalarni bajarish imkoniyatini yaratadi. Ushbu imkoniyatlarni o'rganish va amaliy qo'llay olish jamiyat hayoti va insonlar farovonligining oshishiga xizmat qiladi. Zamonaviy axborot texnologiyalarining o'rganish va uni amalda qo'llay olish ushbu sohada bilimi bor va amaliy ko'nikmaga ega bo'lgan shaxslar uchun qiyinchilik tug'dirmaydi. Lekin katta yoshdagi shaxslar uchun bu katta muammolar tug'dirishi va ular o'z kiberxavfsizligini, ya'ni o'z tasarrufidagi ob'ektlarning boshqaruv xavfsizligini ta'minlay olmasligi mumkin. Shu sababli ham hozirgi paytda kiberjinoyatchilar ko'proq katta yoshdagi fuqarolarning axborot texnologiyalarini bilmasligidan foydalanmoqda. Fuqarolar tasarrufidagi ob'ektlar bular avtomobil, bank hisob raqamlari, bank plastik kartalari, internet akkauntlari, shaxsiy kompyuter va boshqalarni keltirishimiz mumkin.

Biroq, tizim tushunchasi ham asosiy hisoblanadi. Tizim so'zi lotincha "Systēma", qadimgi yunoncha " σύστημα " so'zidan kelib chiqqan bo'lib, "bir nechta komponentlardan (elementlardan) iborat butun to'plam, yig'indi " degan ma'noni anglatadi. Tizim - bu yagona maqsadga erishish uchun ma'lum qoidalarga muvofiq o'zaro bog'langan, bir butun sifatida to'plangan oddiy elementlar yig'indisidir. To'plamdagi har bir oddiy element o'z navbatida tizim bo'lishi ham mumkin. Yagona maqsadga erishish uchun funktsiyalarni bajaruvchi ob'ektlar to'plami ham tizim hisoblanadi.

Internetda ishlaydigan axborot tizimlarida vazifa qiziqarli kontentni taqdim etish va reklamani joriy etishdan iborat. Ushbu vazifalarni bajarayotganda, agar kontent manbai boshqa maqsadlarni ham bajarsa, masalan, virusli tarkibni ataylab yoki qobiliyatsizligi sababli ikkala holatda ham beixtiyor tarqatsa, bu tizim muvaffaqiyatsizlikka uchraydi, ya'ni kiberxavfsizlik yo'qligi sababli kiberxujumga uchrashi, bu tizim obunachilarni yo'qotish va kelajakda yo'q bo'lish xavfi tug'iladi.



2-rasm. Kiberxujum sxemasi

Boshqarish tizimiga kiberxavfsizlik tushunchasi qo'llaniladi. Kiberxavfsizlik - kelajakda uning mavjudligini ta'minlash uchun har qanday tizimning umumiy boshqaruviga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan foydali va zararli ta'sirlarni o'rganadigan fan. Hozirgi kunda kiberxavfsizlik raqamli elektron tizimlarning muhim xususiyatiga aylandi. Muhim xususiyatga shundaki, har qanday raqamli tizimlar bilan tarmoq orqali masofadan o'zaro ta'sir qilish usullari soni ortib borayotgani, bu ta'sirlar zararli bo'lgan xollarda tizimning ishlamay qolishiga (stop), uning ishlashida o'zgarishlarga (modifikatsiya), yoki tizimni butunlay boshqa maqsadga yo'naltirishda (redirect) olib kelishi mumkin.

Muhokama

Hozirgacha adabiyotlarda axborot xavfsizligi tushunchasi ilmiy sohada keng qo'llanilib kelmoqda. Axborot xavfsizligining 3 ta asosiy tamoyillari, ular ma'lumotlarning maxfiyligini (Confidentiality), axborotning yaxlitligini (Integrity) va axborotning doimiy foydalanishga tayyorligini (Availability) ta'minlashga qaratilgan [2, 3]. Axborot xavfsizligining asosiy ob'ekti uzatiladigan yoki qayta ishlangan axborot hisoblanadi. Bundan xulosa qilishimiz mumkinki, murakkab tizimlardan tashkil etilgan ob'ektlar xavfsizligini ta'minlashda axborot xavfsizligi tushunchasidan foydalanishdan ko'ra kiberxavfsizlik tushunchalarni qo'llash samaraliroqdir. Shu sababli, kiberxavfsizlik tushunchasi murakkab tizimlar uchun optimal paradigma hisoblanadi. Kiberxavfsizlikning asosiy ob'ekti axborot tizimlari bo'lib, ular boshqa turdagi ob'ektlarga ham qo'llanilishi mumkin.

Axborot xavfsizligi ob'ekti - "axborot", kiberxavfsizlik ob'ekti - "tizim" hisoblanadi. Axborot texnologiyalarining hozirgi tahdidlarini axborot xavfsizligi tushunchasi, kriptovalyutalar yordamida jinoyatlarni moliyalashtirish, ijtimoiy muhandislik orqali axborotni qo'lga kiritish, "fishing-smishing-voice mishing-farming" orqali firibgarlik, bank kartalari bilan bog'liq jinoyatlarni, "fake" xabarlarini tarqatish, "deepfake" turidagi shaxs, jamiyat va davlat faoliyatiga zarar yetkazuvchi ma'lumotlarni tayyorlash va tarqatish, ijtimoiy tarmoqlarda maxfiy guruhlar tashkil etish, botnetlar orqali axborot obyektlarini noqonuniy egallash kabilarni to'liq tushuntirib murakkabroqdir. Ushbu zararli axborot hodisalarini kiberxavfsizlik tushunchasi orqali tushuntirish samaralidir.

Xulosalar

Axborot xavfsizligini ta'minlashda kiberxavfsizlik ham katta ahamiyatga ega. shaxs yoki biznes “deepfake” kiberhujum ostida. Deepfake - bu axborot texnologiyalaridan foydalangan holda uning raqamli qiyofasini yaratish va shu tariqa shaxs haqida yolg'on ma'lumot tarqatish orqali haqiqiy inson hayotiga tahdidir. Bunda axborotning yaxlitligi, maxfiyligi va mavjudligi axborot xavfsizligi nuqtai nazaridan buzilmaydi. Kiberxavfsizlik nuqtai nazaridan, deepfake bu odamning turmush tarziga ta'sir qiladi. Bu insonning ijtimoiy, iqtisodiy va hayotiy manfaatlariga zarar yetkazadi.

Shunday qilib, deepfake kiberhujumni kiberxavfsizlik nuqtai nazaridan baholash, axborot xavfsizligi nuqtai nazaridan aholashdan ko'ra ko'proq ilmiy asosga ega bo'ladi.

Zamonaviy dunyoda axborot tizimlari jamiyat hayotining muhim va ajralmas qismiga aylandi va bu uni kiberxavfsizlikni ta'minlashda birinchi o'ringa olib chiqadi. Davlat va jamiyat uchun ushbu axborot tizimlarining mavjudligi zarur bo'lib qoladi, bu esa kiberxavfsizlikni ta'minlash uchun resurslarni sarflashni talab qiladi. Sarflanadigan resurslar moddiy, ilmiy va insoniy resurslarga bo'linadi. Inson resurslari ta'lim darajasi bilan bog'liq bo'lib, bu sohada kiberxavfsizlik muammolarining mohiyatini va ularni qanday hal qilishni biladigan mutaxassislar ishlashi kerakligini anglatadi.

Adabiyotlar

1. Wiener N . Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine. — New York: The Technology Press and John Wiley & Sons, Inc. — Paris: Hermann et Cie, 1948.
2. Kibermakonda sodir etilayotgan jinoyatlarga qarshi kurash: muammolar va yechimlar, Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami, (24 fevral 2022 yil), Toshkent: MALIK PRINT CO, 2022. -482 b.
3. Акбаров Д.Е., Криптографические методы обеспечения информационной безопасности и их применение, “Ташкент, издательство “O‘zbekiston markasi ”, 2009 – 432 с.
4. Акбаров Д.Е, Мусаев А.И. Исследование основ существующих алгоритмов поточного шифрования и их классификация, Ташкент, Аxborotkommunikatsiyalar: tarmoqlar, texnologiyalar, yechimlar, “UNICON.UZ”, 2009. С. 36-45.



GRAFIK PROTSESSORLARDA TASVIRLARDAN YO‘L BELGILARINI TANIB OLUVCHI DASTURIY VOSITALARINING FUNKSIONAL STRUKTURASI

Umarov Muhriddin; Melibayeva Xilola; Xudoyberdiyev Shaxriyor; Giyasova Gulnoza;

Samarov Sherzod

UMFT universiteti

muhridin.umarov.1992@gmail.com

Annotatsiya: Ilmiy tadqiqot ishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar va ilmiy izlanishlar natijasi ma’lumotlar to‘plamlari, modellar, usullar, algoritmlar va ilmiy yondashuvlar o‘rganib chiqildi. Shuningdek, tadqiqot vazifalari va masalalarini bajarish jarayonida tegishli ilmiy yechimlar, model va algoritmlar ishlab chiqildi hamda mavjud usullar takomillashtirildi. Ushbu ilmiy yechimlar asosida grafik protsessorlarda tasvirlarga parallel ishlov berish, yo‘l belgilari ma’lumotlar to‘plamini ishlab chiqish, sun‘iy intellekt texnologiyalaridan foydalanib yo‘l belgilarini tanib olish bo‘yicha bir nechta dasturiy vositalar yaratilib, dasturiy majmua ishlab chiqildi.

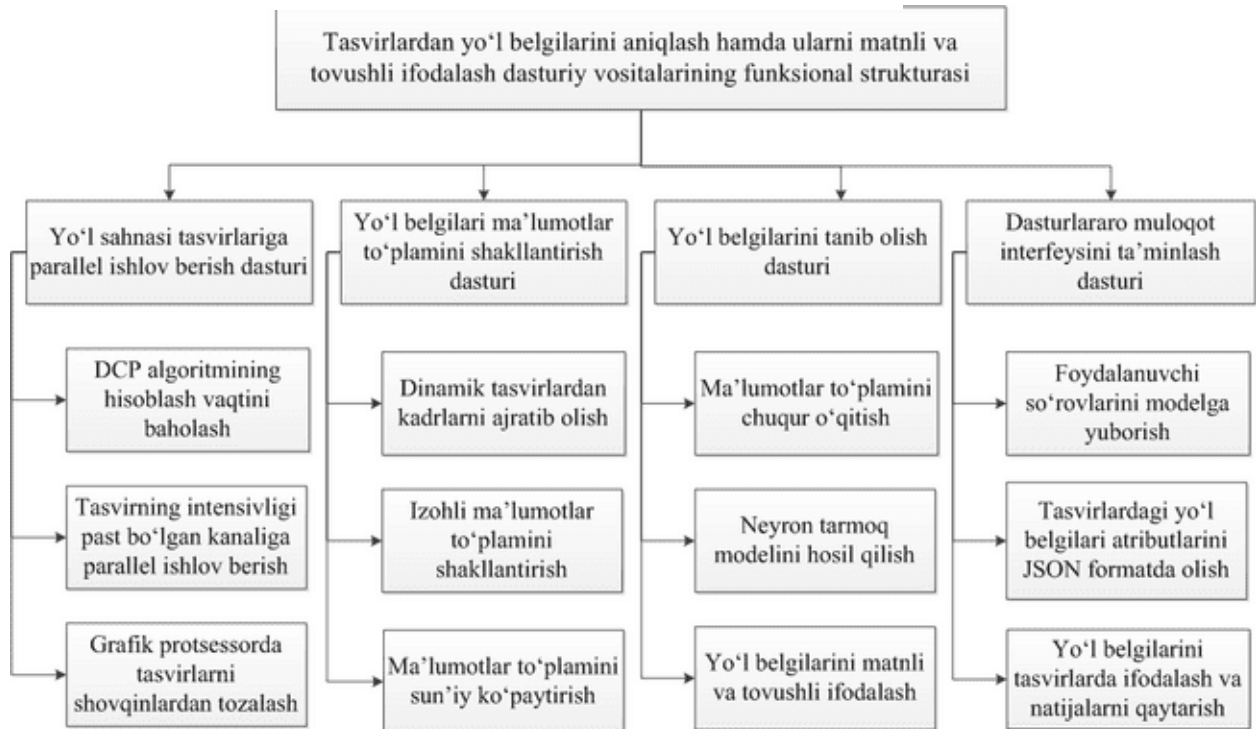
Kalit so‘zlar: Tasvir, yo‘l belgisi, grafik protsessor, vizuallashtirish, parallel ishlov berish, obyektlarni aniqlash, ma’lumotlar to‘plami, YOLO modeli.

Kirish

Ushbu dasturiy vositalardan yo‘l belgilarini tanib olish tizimlarida grafik protsessorlar yordamida avtomatik tanib olish uchun qo‘llash mumkin. Ushbu dasturiy vositalarni ishlab chiqishda zamonaviy sun‘iy intellekt texnologiyalaridan, turli usullar, chuqur o‘qitishga asoslangan algoritmlar va yondashuvlardan keng foydalanildi. Yo‘l belgilarini dinamik tasvirlardan tanib oluvchi dasturiy majmuaning funksional tuzilishi quydagi bosqichlarda amalga oshiriladi (1-rasm).

Yuqorida keltirilgan grafik protsessorlarda dinamik tasvirlardan yo‘l belgilarini aniqlovchi va sinflashtiruvchi dasturiy majmua vazifalarni bajarish jihatdan 4 ta asosiy qismdan iborat:

- Yo‘l sahnasi tasvirlariga parallel ishlov berish;
- Yo‘l belgilari ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish;
- Yo‘l belgilarini tanib olish;
- Dasturlararo o‘zaro muloqotni ta’minlash.



1-rasm. Tasvirlardan yo'l belgilarini aniqlash hamda ularni matnli va tovushli ifodalash dasturiy vositalarining funksional strukturasi

Yo'l sahnsi tasvirlariga parallel ishlov berish bosqichida DCP algoritmining hisoblash vaqtini baholash, Tasvirning intensivligi past bo'lgan kanaliga parallel ishlov berish, grafik protsessorda tasvirlarni shovqinlardan tozalash jarayonlari amalga oshiriladi. Ushbu vazifalar keyingi bosqichlardagi yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini ishlab chiqish hamda yo'l belgilarini dinamik tasvirlardan aniqlash darajasini oshirish uchun xizmat qiladi.

Yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini shakllantirish bosqichida dinamik tasvirlardan kadrlarni ajratib olish, izohli yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini shakllantirish, yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini sun'iy ko'paytirish jarayonlari amalga oshiriladi. Keyin bosqichda sun'iy intellekt texnologiyalarida yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamidan foydalanish muhimdir.

Yo'l belgilarini tanib olish bosqichida ma'lumotlar to'plamini chuqur o'qitish, yo'l belgilarini dinamik tasvirlardan tanib olish, aniqlangan ma'lumotlarni foydalanuvchiga vizual va tovushli ifodalash kabi muhim vazifalar bajariladi. Yo'l belgilarining 56 ta sinfi ushbu tadqiqotda foydalanilgan bo'lib, aniqlangan yo'l belgilarini tasvirdagi joylashgan o'rni koordinatalari, yo'l belgisining nomi, tovushli hamda yo'l belgining vizual tasviri ifodalanishi bilan jarayon yakunlanadi.

Dasturlararo o'zaro muloqotni ta'minlash bosqichida foydalanuvchi so'rovlarini modelga yuborish, tasvirlardagi yo'l belgilari atributlarini JSON formatda olish, yo'l belgilarini tasvirlarda ifodalash va olingan natijalarni veb ilovada tasvirlash amallarni bajaradi. Ishlab chiqilgan dasturiy majmuaning foydalanuvchi interfeysini ishlab chiqish, barcha sohalarga kirib borgan veb texnologiyalar bilan modelni integratsiyasini amalga oshirish vazifalari bajarilgan.

Yuqorida keltirilgan dasturiy vositalarni ishlab chiqishda, tadqiqot natijalarini olishda foydalanilgan texnik va dasturiy ta'minotlarning nomlari, parametrlari hamda talablari quyida berilgan:



- Kompyuter xarakteristikasi: CPU: AMDA Ryzen 7 U-5800, x64, 8x3.2 GHz; GPU: Nvidia Geforce 3050 RTX 4Gb, Tezkor xotira: 16 Gb, Doimiy xotira: 512 SSD va 1 Tb HDD.
- Operatsion tizim: Ubuntu 20.04; Windows 10 Pro, 64 razryadli.
- Dasturlash tillari: Python 3.8; C++.
- Texnologiyalar: OpenCV, CUDA, Tensorflow, Flask.

Materiallar va usullar

Yo'l sahnasi tasvirlariga parallel ishlov berish. Tasvirlarga dastlabki ishlov berish kompyuterli ko'rish masalalarida muhim qadam hisoblanib, turli yondashuvlarga ega. Yo'l sahnasi tasvirlaridan obyektlarni aniqlash masalasida turli ob-havo sharoitlarida tasvir yorqinligining pastligi yo'l belgilarini tanib olishni qiyinlashtiradi [1, 7]. Ushbu tadqiqot ishida tasvirlarga parallel ishlov berish algoritmlarining samaradorligini baholash uchun CPU va GPU platformalarida turli tasvir o'lchamlari uchun ishlash vaqti solishtirildi. Grafik protsessorda tasvirlarga parallel ishlov berish bo'yicha boshqa algoritmlar natijalari keltirilgan bo'lib, hisoblash vaqtlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Tasvirlarga parallel ishlov berish algoritmlari natijalari

№	Algoritmlar	Tasvir o'lchami	GPU	Bajarish vaqti (ms)
1.	Recent advances	1024×768	Geforce GTX 460	56.9
2.	Taklif etilgan		Geforce RTX 3050	5.91
3.	Temporal coherence	1024×1024	Geforce GTX 680	37
4.	Taklif etilgan		Geforce RTX 3050	6.73
5.	Optimization DCP	1280×720	Geforce GTX 560 Ti	43
6.	Taklif etilgan		Geforce RTX 3050	6.58

Dinamik tasvirlarga ishlov berishda xost va qurilma o'rtasida ma'lumotlarni uzatishda katta kechikish mavjud, odatda ko'p tajribalar statik tasvir uchun ko'rib chiqiladi [6, 8]. Ushbu ishdagi GPU apparat platformasi Nvidia Geforce RTX 3050 4Gb va CPU apparat platformasi AMDA Ryzen 7 H5800 seriyali 3.8GHz, shuningdek, 16Gb tezkor xotiraga ega qurilmada amalga oshirildi. 2-rasmda taklif etilgan algoritmninng natijasi ko'rsatilgan.

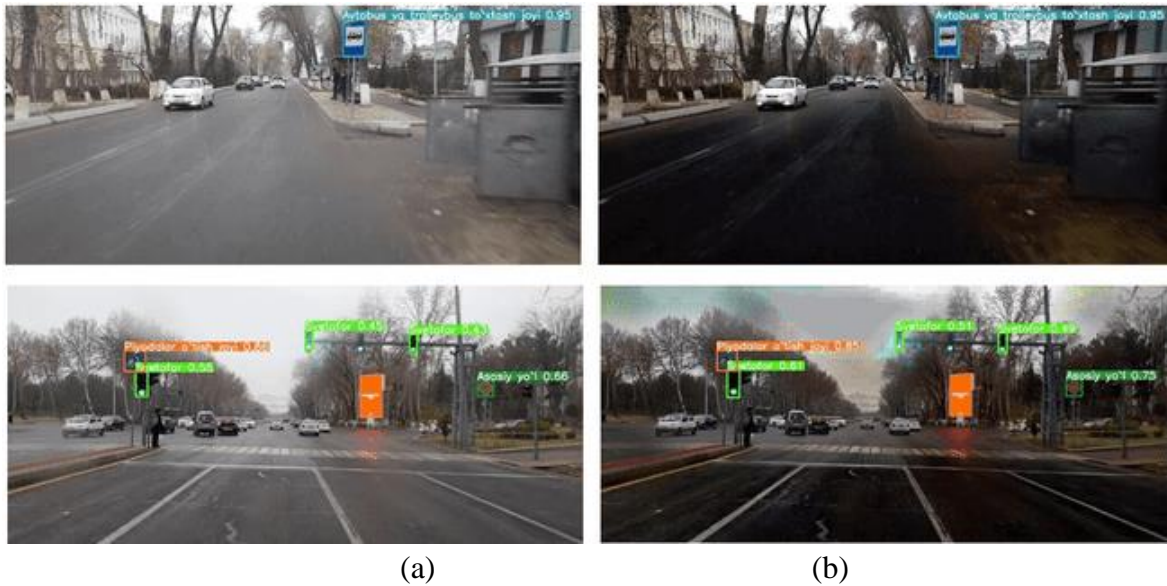


2-rasm. Tasvirlarni shovqinlardan tozalash: (a) tumanli tasvir, (b) tumansiz tasviri

Ushbu tadqiqot ishida tasvirning intensivligi past bo'lgan kanaliga ishlov berish grafik protsessorda amalga oshirildi. Algoritmninng ishlash tezligini oshirish uchun ko'chirilgan filtrlashga



asoslangan parallel minimum filtrlash algoritmi va o'rtacha filtrlash algoritmi taklif qilindi. Quyidagi 3-rasmda olingan natijalar ko'rsatilgan.



3-rasm. Tasvirlardan yo'l belgilarini aniqlash: (a) tumanli tasvirdagi aniqlash natijasi, (b) tumansiz tasvirdagi aniqlash natijasi

Yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini ishlab chiqish. Sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan obyektlarni tanib olish masalalarini yechishda ma'lumotlar to'plamini oldindan ishlab chiqish talab qilinadi. Ma'lumotlar to'plamini ikki xil shakli bo'lib, birinchisi izohsiz ma'lumotlar to'plami, ikkinchisi izohli ma'lumotlar to'plami.

Tasvirdagi yo'l belgilarining izohlarini saqlash formati quyidagi 4-rasmda ko'rsatilgan:

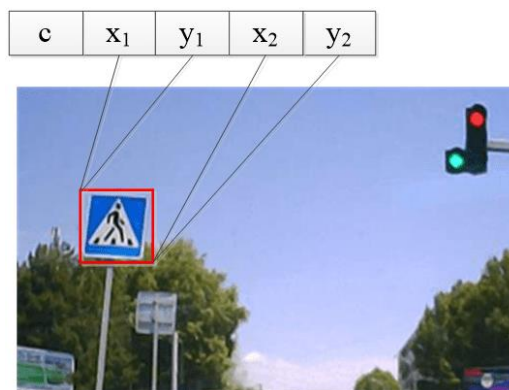
1-ustunda, tasvirdagi yo'l belgisi sinfining indeksi (ushbu tadqiqotda 56 ta yo'l belgisining sinfi qaralgan).

2-ustunda, tasvirdagi yo'l belgisining yuqori chap burchagi absissasi.

3-ustunda, tasvirdagi yo'l belgisining yuqori chap burchagi ordinatasi.

4-ustunda, tasvirdagi yo'l belgisining pastki o'ng burchagi absissasi.

5-ustunda, tasvirdagi yo'l belgisining pastki o'ng burchagi ordinatasi.



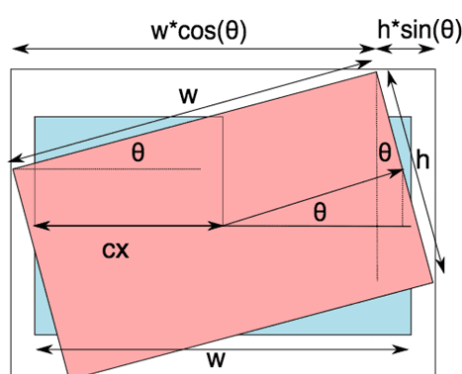
4-rasm. Izohlarni saqlash formati



Ishlab chiqilgan o'quv na'munalarini sun'iy ko'paytirish tasvirlariga misol 5-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, geometrik o'zgartirish orqali sun'iy ko'paytirish sxemasi 5-rasmda ko'rsatilgan.



5-rasm. Tasvirni sun'iy ko'paytirish. a) berilgan tasvir, b) sun'iy ko'paytirilgan tasvir



6-rasm. geometrik o'zgartirish orqali sun'iy ko'paytirish sxemasi

Yo'l belgilarini tanib olish. Chuqur o'qitishga asoslangan algoritmlar yo'l belgilarini tanib olish tadqiqotlarida yuqori darajadagi aniqlikni ko'rsatmoqda [4, 9]. Ushbu tadqiqot ishida yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini sinflashtirishning neyron tarmoq arxitekturasi qurildi. YOLO tarmoq arxitekturasi beshinchi versiyada turli modellar mavjud bo'lib, ularning asosiy ko'rsatkichlari 2-jadvalga berilgan.

2-jadval.

YOLOv5 tarmoq arxitekturasi model parametrlari

Model	Tezlik (ms)	Parametrlar (million)	Hajmi (MB)
Kichik parametrlil	2.1	7.5	13.2
O'rtacha parametrlil	3.0	21.8	39.4
Katta parametrlil	3.9	47.8	88.1
Eng katta parametrlil	6.1	89.0	166.4

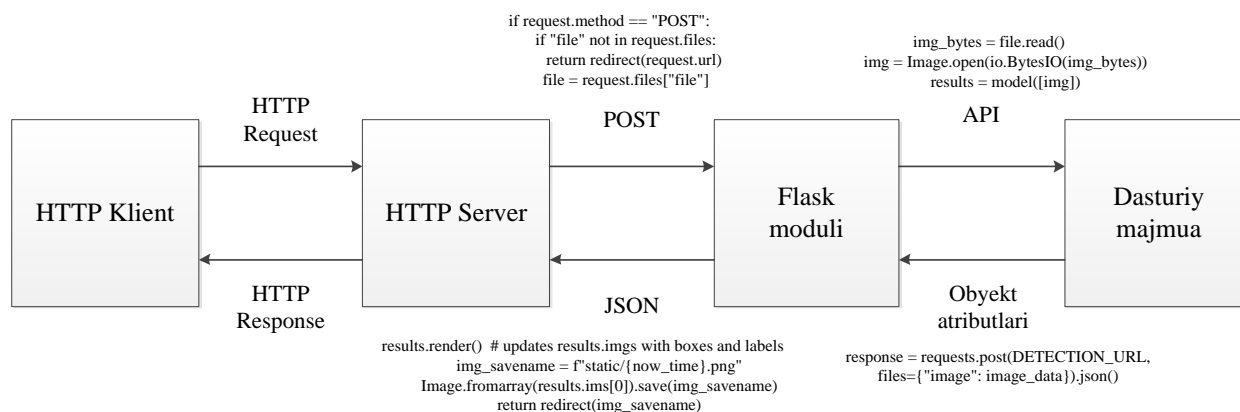
Ishlab chiqilgan model yordamida yo'l belgilarini tanib olish natijasi 7-rasmda ko'rsatilgan.



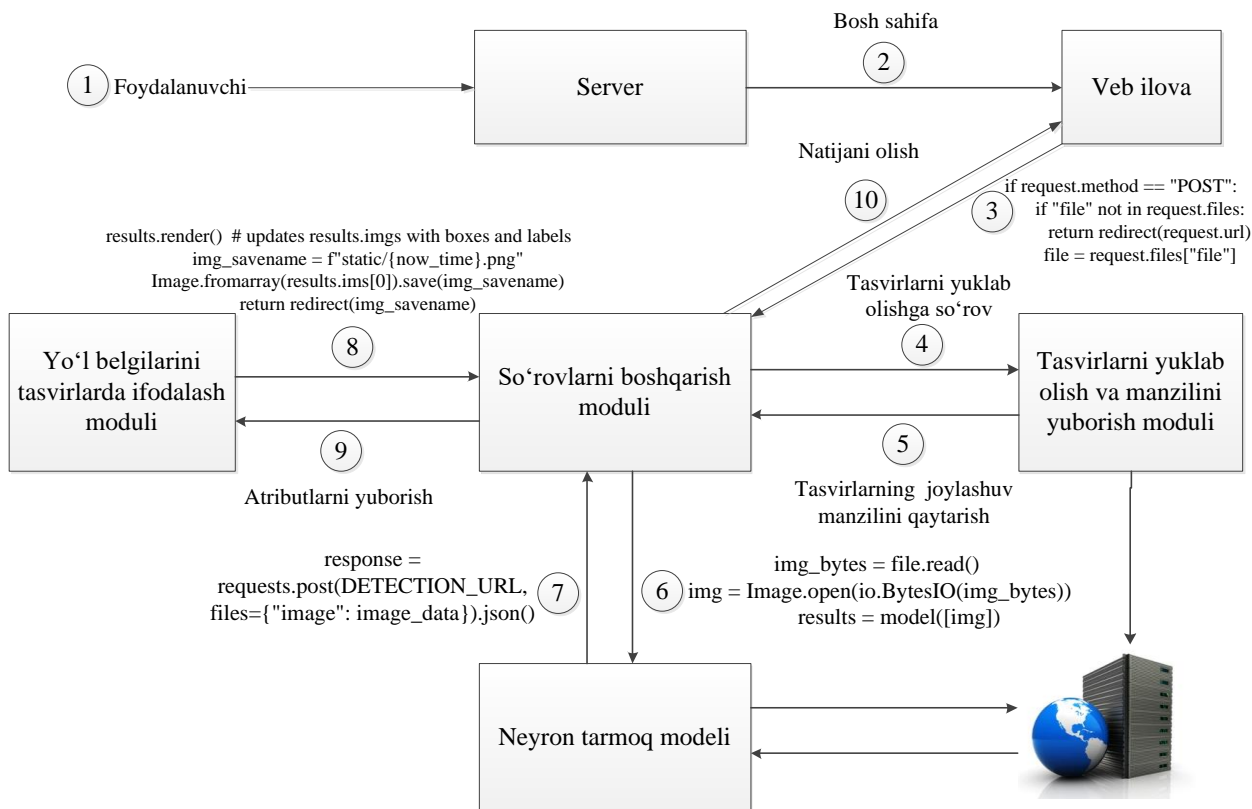
7-rasm. Haydovchiga ma'lumot yetkazish

Haydovchilarga ma'lumotlarni matnli, ovozli va vizual yetkazish uchun har bir sinfga tegishli yo'l belgilarining nomlari keltirilgan matnli fayl, ushbu nomlarning ovozli fayllari (56 ta *.mp3 formatdagi fayllar, vaqti 1-4 soniya oralig'ida) va ularning vizual tasviri (56 ta *.jpg formatdagi rasmlar, o'lchami 50x50) oldindan ishlab chiqilgan. Dinamik tasviridan tanib olingan yo'l belgining matni videoning yuqori qismiga yoziladi, uning ovozli fayli yangi oqim yaratish orqali video oqim bilan bir vaqtda ovozli ma'lumotlar oqimi ham yaratiladi va haydovchiga xabar beriladi. Yo'l belgisining vizual tasviri tasvirlarni birlashtirish orqali dinamik tasvirning yuqori qismiga ifoda etiladi.

Dasturlararo o'zaro muloqotni ta'minlash. Ishlab chiqilgan modellardan va dasturiy vositalardan keng foydalanish uchun veb ilova hamda foydalanuvchi interfeysi ishlab chiqildi. Foydalanuvchilardan kelgan so'rovlarni qabul qilish hamda model bilan integratsiyani amalga oshirish, aniqlangan ma'lumotlarni qayta veb ilovaga yuborish jarayonlarini tashkil etuvchi dasturlararo muloqot interfeysi ishlab chiqildi. Ushbu veb ilova ma'lumotlar to'plami hajmini ko'paytirish uchun ham xizmat qiladi. Ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish jarayoni quyida ko'rsatilgan (8-rasm va 9-rasm).



8-rasm. Ma'lumotlarni uzatish va qabul qilishning umumiy sxemasi



9-rasm. Dasturlararo muloqot interfeysi

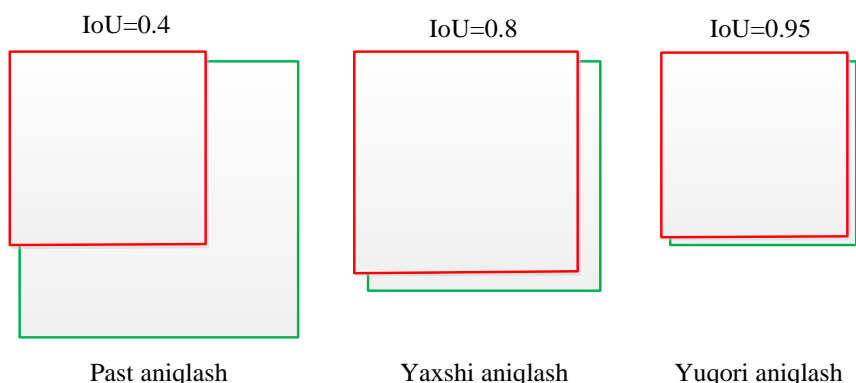
Natijalar

Tadqiqotlarni natijalarini baholash uchun turli metrikalardan foydalanildi. Chuqur o‘qitishga asoslangan algoritmlarda eng ko‘p qo‘llaniladigan usul bu Precision va Recall metrikalari hisoblanadi. Bunda to‘rtta asosiy ko‘rsatkichlar mavjud: TN (True Negative), FN (false Negative), TP (True Pozitive) va FP (False Pozitive) [2].

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \tag{1}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \tag{2}$$

Tadqiqot ishida IoU (Complate Intersection over Union) dan foydalanib, ular yuqorida aytib o‘tilgan usullar kabi detektorlarning ish faoliyatini baholash ko‘rsatkichlaridan hisoblanadi (10-rasm). IoU shuningdek, IoU haqiqiy qiymat va bashorat qiymati o‘rtasidagi o‘xshashlikni aniq aks ettirish vazifasini ham bajaradi [5, 10]. Quyidagi rasmda haqiqiy va bashorat qilingan qiymatlarni solishtirish ko‘rsatilgan.



10-rasm. IoU funksiyasining ishlash sxemasi

Yo‘l belgilarining aniqlash darajasini baholash natijalari 4-jadvalda keltirilgan. Bunda tasvirlardan shovqinlarni tozalash va yorqinligini oshirish, yo‘l belgilari ma’lumotlar to‘plamini sun’iy ko‘paytirish, YOLO tarmoq arxitekturasining C3 modulini yaxshilash natijasida aniqlik darajasi sezilarli darajada oshirildi. Sababi, yo‘l sahnsi tasvirlari murakkab muhit va turli shovqinlarda samaradorligi pasayishi tabiiy holdir. Olib borilgan tadqiqot natijasida yo‘l belgilarini aniqlash darajasi 3.9% ga oshirildi.

3-jadval. Turli ob-havo sharoitida olingan tasvirlardan obyektни tanib olish aniqligini baholash

Turli ob-havo muhitidagi tasvirlar	Precision (aniqlik)
Quyoshli muhitdagi tasvir	91.2 %
Bulutli muhitdagi tasvir	87.2 %

4-jadval. Neyron tarmoq arxitekturasini takomillashtirish hamda tasvirlar sifati va to‘plamini oshirish orqali obyektни tanib olish aniqligini oshirish natijasi

Takomillashtirish	Ma’lumotlar to‘plamini sun’iy ko‘paytirish (SK)	Tasvirlarga dastlabki ishlov berish (TDI)	C3 modulini yaxshilash (C3)	Precision (%)
YOLOv5	-	-	-	91.2
YOLOv5 + SK	+	-	-	92.9
YOLOv5+SK+TDI	+	+	-	93.2
YOLOv5+SK+TDI+C3	+	+	+	95.1

5-jadval. Yo‘l belgilarini tanib olish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarda qo‘llanilgan modellar

Yo‘l belgilarini tanib olish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarda qo‘llanilgan modellar	Precision (aniqlik)
YOLOv5 + ShuffleNet-v2 + BIFPN + CA + EIOU	92.5 %



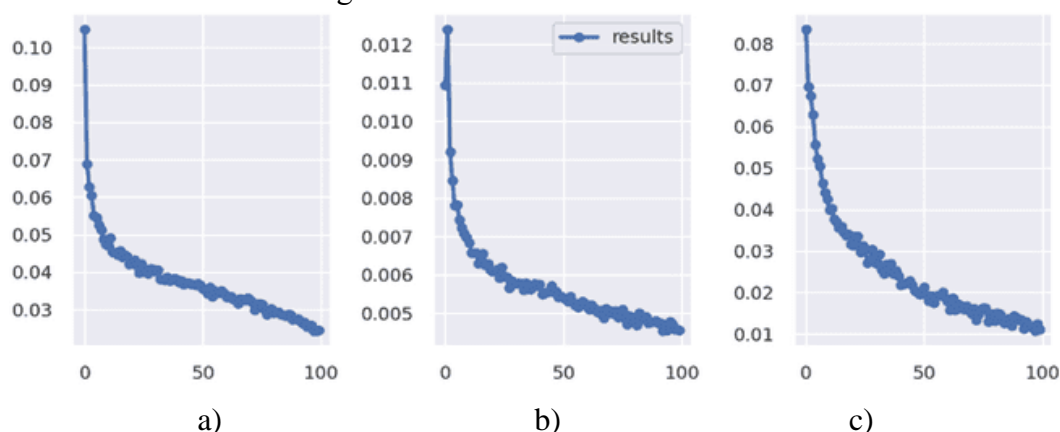
(Haohao Zou)	
Yolov5l + GSconv + PDCM + SCAM (Jie Hu)	89.2 %
Faster R-CNN + FPN + ROI Align + DCN (Xiang Gao)	86.5 %
YOLOv5+SK+TDI+C3 (Taklif etilgan)	95.1 %

Yuqoridagi natijalarni olishda foydalanilgan dasturiy va apparat vositalari ham muhim ahamiyatga ega, bunda ishlash vaqtini qisqartirishda hisoblash qurilmasining unumdorligiga bog‘liq. Dinamik tasvirlardan yo‘l belgilarini tanib olish tasvirning o‘lchami va sifatiga bevosita bog‘liqdir. Dasturiy majmuani ishlab chiqishda va tadqiqotni sinovdan o‘tkazishda quyidagi parametrli hisoblash qurilmasi, texnologiyalari foydalanildi (6-jadval).

6-jadval. Tadqiqotni sinovdan o‘tkazishda foydalanilgan apparat va dasturiy vositalar

CPU: AMD Ryzen 7-5800H	OS: Ubuntu 20.04
GPU: NVIDIA Geforce RTX 3050Ti	PyTorch: 1.9
Memory: 16G	CUDA: 10.1
Python: 3.9	CUDNN: 7.4
Torch-vision: 0.9	YOLO: YOLOv5s
Compiler: Anaconda, Pycharm	Numpy: 1.18

Chuqur o‘qitish natijasida model 2 ta *.pt* kengaytmali vazn faylini saqlaydi. *last.pt* fayli oxirgi davrdagi vazn fayli va *best.pt* fayli eng yuqori aniqlikka erishgan davrdagi vazn faylidir [3]. Ikkala fayl ham hajmi bir xil bo‘lib, 14 MB xotiradan joy oladi. Ishlab chiqilgan yo‘l belgilari ma’lumotlar to‘plami (UTSD) va neyron tarmoq arxitekturasida yordamida chuqur o‘qitish natijalari quyidagi 11 va 12-rasmlarda ko‘rsatilgan.



11-rasm. Xatolik funksiyasi natijalari. a) o‘quv, b) validatsiya, c) test



12-rasm. Chuqur o'qitish natijalari

Tuman konsentratsiyasi yuqori tasvirlardagi kichik yo'l belgilarini ham tanib olish orqali algoritmnining ishonchligini ko'rish mumkin. Ishlab chiqilgan Model CPU, GPU, CUDA, CUDNN, OpenCV, OpenMP va ularning kombinatsiyalaridan foydalangan holda tarmoqni kompilyatsiya qilish va ishga tushirish imkoniyatini beradi.

Muhokama

Ushbu ish yo'l harakati xavfsizligida eng muhim inson omiliga qaratilgan bo'lib, yo'l harakati hodisalarini kamaytirish uchun xizmat qiladi. Ijtimoiy samaradorlik sifatida haydovchilarni tayyorlash maktablariga joriy qilish, iqtisodiy samara olish uchun yo'l-transport hodisalarini oldini olish nazarda tutilgan.

Haydovchilarga 3 xil ko'rinishda ma'lumotlar yetkaziladi:

- Yo'l belgisining vizual tasvirini.
- Yo'l belgisining matnli izohini.
- Yo'l belgisining tovushli signalini.

Ishlab chiqilgan dasturiy majmua amaliy masalalarga tadbiiq etish uchun joriy qilingan va quyidagi samaradorlikka erishilgan.

Xulosalar

Ushbu ish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar va ilmiy izlanishlar natijasi ma'lumotlar to'plamlari, modellar, usullar, algoritmlar va ilmiy yondashuvlar o'rganib chiqildi. Shuningdek, tadqiqot vazifalari va masalalarini bajarish jarayonida tegishli ilmiy yechimlar, model va algoritmlar ishlab chiqildi hamda mavjud usullar takomillashtirildi. Ushbu ilmiy yechimlar asosida grafik protsessorlarda tasvirlarga parallel ishlov berish, yo'l belgilari ma'lumotlar to'plamini ishlab chiqish, sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanib yo'l belgilarini tanib olish bo'yicha bir nechta dasturiy vositalar yaratilib, dasturiy majmua ishlab chiqildi.

Tadqiqotlarni baholash uchun turli baholash usullaridan foydalanildi. Chuqur o'rganishda eng ko'p qo'llaniladigan ko'rsatkichlar aniqlik (precision) va eslab qolish (recall) hisoblanadi.



Ma'lumotlar to'plami bilan model bir davrni yakunlash uchun qisqa vaqt oldi va faqat 300 ta davr bilan modelning aniqligi 95.1% ni tashkil qildi. Bu shuni ko'rsatdiki, model nafaqat tez, balki unga integratsiya qilingan optimallashtirish usullarisiz ham aniqlik yuqori.

Ushbu ish yo'l harakati xavfsizligida eng muhim bo'lgan inson omiliga qaratilgan bo'lib, yo'l harakati hodisalarini kamaytirish vazifasini bajaradi. Ijtimoiy samaradorlik sifatida haydovchilarni tayyorlash maktablariga joriy qilish, iqtisodiy samara olish uchun yo'l-transport hodisalarini oldini olish nazarda tutilgan. Tadqiqotni izchil davom ettirish maqsadida haydovchilarni yo'l harakati xavfsizligi sohasidagi huquqbuzarliklarini ro'yxatga olish, statistik ma'lumotlarni berish masalalarini o'rganish va yechish kutilgan natijalar olingandan keyin davom ettiriladi.

Adabiyotlar

1. Vittorio Mazzia, Aleem Khaliq, Francesco Salvetti, Marcello Chiaberge. Real-Time Apple Detection System using Embedded Systems with Hardware Accelerators: an Edge AI Application // Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.doi. Volume 4, 2016.
2. Umarov M.A. Neur Compute Stick va OPENVINO yordamida Raspberry Pida neyron tarmoq detektoridan foydalanish // «Инновацион ва замонавий ахборот технологияларини таълим, фан ва бошқарув соҳаларида қўллаш истикболлари» халқаро илмий-амалий онлайн конференцияси. Самарқанд-2020. -B.379-382.
3. Mukhiddinov M.N., Akmuradov B.U., Djuraev O.N. Robust Text Recognition for Uzbek Language in Natural Scene Images. International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT 2019). IEEE, 4-6 November 2019, Tashkent Uzbekistan.
4. Umarov M.A., Muradov F.A., Iskandarova S.N., Tursunkulov O.O. Deep Learning Studiodan foydalanib yo'l belgilarini chuqur o'rganish modellarini vizuallashtirish // "Hisoblash va amaliy matematika muammolari" jurnali. ISSN 2181-8460. № 2/1(40), 2022. -B. 286-293.
5. Umarov M.A., Ramatov I.I. Yo'l belgilarini aniqlash uchun qo'shimcha konvolyutsion neyron tarmog'iga ega YOLOv5 algoritmi // "Raqamli texnologiyalar: sohalarda amaliy joriy etishning yechimlari va muammolari" Xalqaro ilmiy-texnik anjumani ma'ruzalar to'plami. Toshkent-2022. -B. 126-129.
6. Vaibhavi Golgire. Traffic Sign Recognition using Machine Learning: A Review // International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 10 Issue 05, May-2021.
7. Vittorio Mazzia, Aleem Khaliq, Francesco Salvetti, Marcello Chiaberge. Real-Time Apple Detection System using Embedded Systems with Hardware Accelerators: an Edge AI Application // Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.doi. Volume 4, 2016.
8. Vienna Convention on Road Signs and Signals // United Nations Publication, Sales No. E.07.VIII.7, ISBN: 978-92-1-116973-7.
9. Wengchen Wang, Xiaohui Yuan. Recent Advances in Image Dehazing // Wang, W.; Yuan, X. Recent advances in image dehazing. IEEE/CAA J. Autom. Sin. 2017, 4, 410–436.
10. Xue, Y.; Ren, J.; Su, H.; Wen, M.; Zhang, C. Parallel Implementation and optimization of haze removal using dark channel prior based on CUDA. In High Performance Computing; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 99–109.

UNITY PLATFORMASIDA YARATILGAN VIRTUAL REALLIK SIMULYATSIYASIDA INSON HARAKATINI REAL VAQTDA HIS QILISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH

Abdulxayev Nodir

“UNIVERSITY OF MANAGEMENT AND FUTURE TECHNOLOGIES” universiteti,
“KvaRT” kafedrası dotsenti
abdulxayev.nodirbek@gmail.com

Anatatsiya: Maqolada Unity 3D platformasi asosida yaratilgan virtual reallik (VR) simulyatsiyalarining imkoniyatlari tahlil qilingan. Unda 3D modellashtirish jarayoni, server va wifi moduli orqali sinxron ma'lumot almashish hamda tebranish modullari yordamida foydalanuvchining harakatni his qilishi yoritilgan. Tadqiqotda VR simulyatsiyalarida harakatni tebranish moduli yordamida sezish algoritmi ishlab chiqildi va uning ishlash samaradorligi tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: VR texnologiyasi, simulyator, uch o'lchovli dasturlar, Unity, kompyuter, qurilmalar, virtual reallik, platforma.

Kirish

Bugungi kunda zamonaviy axborot texnologiyalardan foydalangan xolda oliy ta'lim muassasalarida tehsil olayotgan tabalarni o'qitish va amaliy tajribasini oshirishga qaratilgan ko'plab ishlar olib borilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi 2019-yil 8-oktabrdagi PF-5847-son farmoni qabul qilingan bo'lib, ushbu qarorning 1-ilovasining ikkinchi paragrifi ya'ni ta'lim jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etishda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va ta'lim texnologiyalarining mustahkam integratsiyasini ta'minlashga qaratilgan qator vazifalar belgilab berilgan [1]. Hozirgi kunda ma'lum bo'lgan ixtisoslashgan paketlar va turli xil texnologiyalardan virtual muhitlarni yaratishga yo'naltirilgan (UDK, Quest3d, CryEngine, Amira, Unity3D, Alternativa3D va boshqalar) vositalardan bir qator mezonlarga muvofiq Unity 3D dasturiy ta'minoti tanlandi [2].

Tahlil

Unity platformasi – bu asosan VR texnologiyasi va uch o'lchovga asoslangan platforma bo'lib, bunda ancha ko'proq imkoniyatlarga amalga oshirish imkonini yaratadi, ushbu platforma dasturlash uchun ko'plab ish qurollarini jumladan kodlar yozish uchun matn muharriri, kodni qurilma uchun tushunarli murojatga aylantiruvchi kompilyator, dastur ishlash prinsplarini va hatolarni tahlil qiluvchi (отладчик), VR texnologiyasini qo'llab - quvvatlovchi interfeyslar hamda boshqa ko'plab alohida funksiyalarni yagona interfeys ichida taqdim etadi. Qulayliklar safi shunchalik keng bo'lishiga qaramasdan Unity o'yinlar va turli xildagi simulyatsion dasturlar yaratish va ishlatish uchun juda qulay platforma hisoblanadi. Unity dasturida 3D modellashtirishdan keng foydalaniladi [3].

3D modellashtirish — uch o'lchovli grafikani hosil qilishning dastlabki bosqichlaridan biri hisoblanadi. Uch o'lchovli modellashtirish tushunchasi kompyuterda ob'ektlarning uch o'lchovli modellarini yaratishni anglatadi [4].



Uch o'lovli modellashtirish, qisqacha 3D-modellashtirishni ishlab chiqishda dasturiy tillardan yoki dasturiy ta'minotlardan foydalanish mumkin. 3D -modellashtirishni tayyor dasturiy ta'minotlardan foydalangan holda ishlab chiqish samaraliroq hisoblanadi [5]. Bu orqali ob'ektlarni yaratish tezroq va osonroq bajariladi.

3D-modellashtiruvchi eng keng tarqalgan dasturiy ta'minotlarga Autodesk kompaniyasining "3ds MAX" hamda "Maya" dasturlarini misol qilish mumkin [6]. Bu dasturiy ta'minotlarning imkoniyatlari juda keng bo'lib, ular orqali istalgan 3D modellarni ishlab chiqish mumkin. 3D-modellashtirish amalga oshirilgandan so'ng uni dastur bilan bog'lab, dasturlarni ishlab chiqish uchun dasturiy tillarni qo'llash kerak bo'ladi. C/C++, Java, Python, JavaScript, C# dasturiy tillar shular jumlasidandir. Tayyor 3D-modellarni dasturiy holga keltirish uchun translyatorlarda dasturiy kodlar yozilishi talab etiladi. Bu esa ko'plab dasturiy kodlarni talab etadi [7]. Mazkur ishlarni optimallashtirish maqsadida bir qator grafik dasturiy ta'minotlar ishlab chiqilgan va aynan Unity dasturi bunga tez yechim bo'la oladi. "Unity 3D" bu 3D dasturiy mahsulotlar hamda o'yinlar ishlab chiqarishdagi eng qulay dasturiy ta'minotlardan biri hisoblanadi. "Unity3D" da 3D modellarni yaratib ularga C# yoki Javascript tillarida skript kodlar yozib birlashtirish imkoniyati mavjud [9]. "Unity 3D" dasturiy platformasida ishlash ancha qulay:

- yaratilayotgan dastur uchun kerakli materiallarni bitta katalogga avtomatik nusxalab saqlab qo'yish imkoniyati;

- skript kodlar alohida yozilib keyin ob'ektlarga birlashtirilishi;

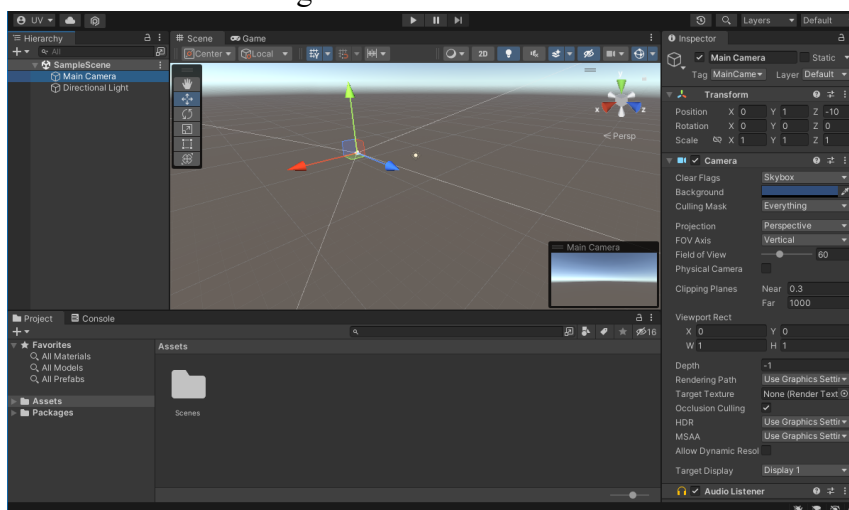
- tayyorlanayotgan dasturiy mahsulotni ko'rib turish qulayligi va eng asosiysi;

- ko'pgina platformalar uchun dasturni kompilyatsiya qilish imkoniyati mavjudligidir.

Unity platformasining asosiy avfzalligi - vizual ishlab chiqish muhiti, platformalararo qo'llab-quvvatlash va komponentlarning modulli tizimining mavjudligi hamda VR (virtual reality) ni to'liq qo'llab quvvatlash imkoniyati mavjudligidir.

Bir vaqtning o'zida ko'pgina platformalar va qurilmalar uchun kompilyatsiya qilish imkoniyati bu "Unity" platformasining eng yaxshi jihatlaridan biridir.

Unity platformasi Windows, Mac OS, Linux operatsion tizimi mavjud shaxsiy kompyuterlarida, Android, Apple iOS va BlackBerry telefonlari foydalanuvchilarida hamda PlayStation 3 va 4 uchun pristavkalarida ishlay olish xususiyatiga egadir. Unity platformasining ishchi oynasi ko'rinishi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-pacm. Unity platformasining ko'rinishi.

Unity bilan yaratilgan ilovalar Windows, OS X, Windows Phone, Android, Apple iOS, Linux va shuningdek, Wii, PlayStation 3, PlayStation 4, Xbox 360, Xbox o'yin konsollarida One va MotionParallax 3D displeylari (virtual gologrammalarni ijro etish uchun qurilmalar), masalan Nettlebox, brauzerlarda ishlash uchun maxsus Unity plagini (Unity Web Player) yordamida, shuningdek, texnologiyani amalga oshirishdan foydalangan holda ilovalar yaratish mumkin.

Virtual reallik (VR, inglizcha virtual reality) - bu texnik vositalar yordamida yaratilgan. Ushbu VR texnologiyasiga asoslangan shlem, insonga hissiyotlari orqali: ko'rish, eshitish, teginish va boshqalar orqali yetkaziladi. Haqiqiy his-tuyg'ularning ishonchli murakkab kompleksini yaratish uchun virtual reaktivlarning xususiyatlarini va reaksiyalarini kompyuter yordamida sintez qilish real vaqtda amalga oshiriladi [8]. Giroskop va tanaga birlashtirilgan akselerometr boshning harakatini kuzatib boradi va sensorlarning o'qishiga qarab displeydagi tasvirni o'zgartiradigan kompyuter tizimiga ma'lumotlarni uzatadi. Natijada, foydalanuvchi virtual reallik ichiga "atrofga nazar tashlash" va unda xuddi real dunyodagi kabi his qilish imkoniyatiga ega bo'ladi. Tasvir yuqori aniqlikdagi va doimo diqqat markazida bo'lishi uchun maxsus plastik linzalar qo'llaniladi. Virtual reallik ekspozitsiyani ham, ta'sirga javobni ham taqlid qiladi. Borliq sezgilarining ishonarli kompleksini yaratish uchun virtual reallik xususiyatlari va reaksiyalarining kompyuter sintezi real vaqtda amalga oshiriladi [10]. Virtual reallik obyektlari, odatda, moddiy voqelikdagi o'xshash narsalarning xatti-harakatlariga o'xshaydi. Foydalanuvchi ushbu obyektlarga fizikaning haqiqiy qonunlariga muvofiq harakat qilishi mumkin (tortishish kuchi, suvning xususiyatlari, obyektlar bilan to'qnashuvi, aks etishi va boshqalar). Biroq, ko'pincha ko'ngilochar maqsadlarda virtual olam foydalanuvchilariga hayotda mumkin bo'lganidan ko'proq ruxsat beriladi, (masalan: uchish, boshqarish, muayyan vazifalarni bajarish va obyektlarni yaratish va hk).

So'nggi yillarda inson faoliyatining ko'plab sohalarida turli maqsadlardagi ko'plab qurilmalar yaratilgan bo'lib, ularni barchasi hozirgi vaqtga kelib dasturiy ta'minot yordamida boshqariladi. Dasturiy ta'minotni yaratilishi esa albatta alqoritmlarga bog'liq.

Alqoritm – harakatlar ketma-ketligini belgilaydigan yo'l-yo'riqlar tizimi, ular yordamida muayyan turdagi vazifalarni hal qilish uchun cheklangan sonli qadamlar ishlatilishi mumkin bo'ladi yoki yechim mavjud emasligi to'g'risidagi xabar beriladi, yoki oddiygina qilib aytganda alqoritm bajarilayotgan ishning har bir qadamining ketma-ketligi hisoblanadi. VR shlemda ishga tushirilgan simulyatsiya yordamida virtual maydonda harbiy xizmatchilarning haqiqiy holatni his qilish imkonini yaratishda server asosiy vazifani bajaradi. Ya'ni VR shlemda ishga tushirilgan simulyatsiyada ma'lumotlar server orqali wifi modulga sinxron ravishda ma'lumotlar uzatish orqali amalga oshiriladi. Server va wifi moduli o'rtasidagi sinxron ravishda ma'lumotlar uzatish alqoritmni quyidagi 2-rasmda keltirilgan.

Yuqorida keltirilgan alqoritmni ishlash ketma-ketligi quyidagi ko'rinishda amalga oshiriladi:

1-bosqichda to'rtta o'zgaruvchi yaratib olindi, jumladan b,o,r,q (bosh, oyoq, qo'l, tana) va ularni boshlang'ich qiymati 0-qilib olindi.

2-bosqichda server orqali wifi modulga sinxron ma'lumot almashish va bog'lanish uchun wifi modulning ip manzili aniqlanib serverga ushbu ip manzil kiritib qo'yiladi.

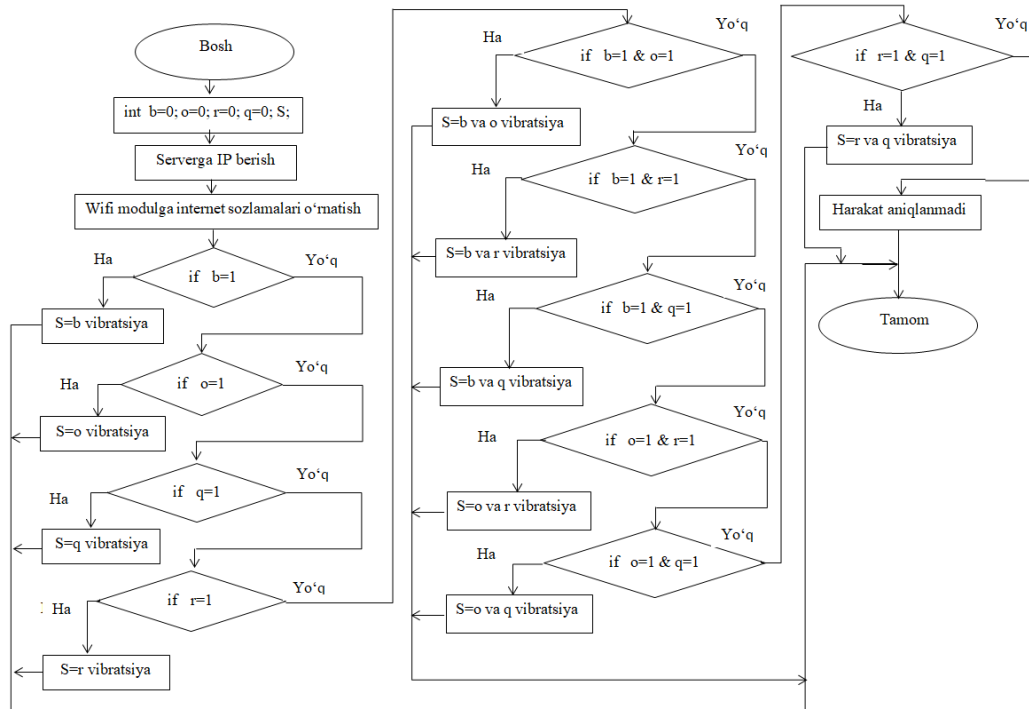
3-bosqichda wifi modulga internet sozlamari o'rnatib olinadi.

4-bosqichda shart berilyapti agar virtual ko'rinishdagi harbiy xizmatchining bosh qismiga virtual muhitdagi fizik jism (model) teginsa yani $b=1$ ga teng bo'lsa, boshga o'rnatilgan



vibramatorlar harakatga keladi, aks xolda $b=0$ bo'lsa ya'ni shart bajarilmasa keyingi qadamga o'tiladi;

5-bosqichda shart berilyapti agar virtual ko'rinishdagi foydalanuvchi modeliga oyoq qismiga virtual muhitdagi fizik jism (model) tomonidan teginish amalga oshirilsa yani $o=1$ ga teng bo'lsa, oyoqqa o'rnatilgan vibramatorlar harakatga keladi, aks xolda $o=0$ bo'lsa ya'ni shart bajarilmasa keyingi qadamga o'tiladi;



2-rasm. Virtual maydonda foydalanuvchining haqiqiy holatni tebranish yordamida his qilishda server va wifi moduli o'rtasidagi ma'lumot almashish algoritmi.

Yuqoridagi ketma-ketlik bo'yicha 6 dan 12 chi bosqichgacha jarayonlar amalga oshiriladi.

Unity dasturiy platformasida virtual reallik simulyatsiyasida yaratilgan virtual maydonda tebratish moduli orqali sinxron harakatini amalga oshirish uchun har bir modelga "box coloider" funksiyasini qo'yib modelni cheralari ajratib chiqiladi hamda ikkita model bir-biriga yaqinlashib turli harakatlarni amalga oshirganda "box coloider" bir biriga tegadi hamda harakat aniqlanib shu zahodi serverga uzatadi. Server olingan ma'lumotni sinxron ravishta wifi moduli uzatadi. Wifi moduli esa harakatni qaysi qismiga berilganligi aniqlab o'sha qismiga ulangan tebranish moduliga signal yuboradi va tebranish moduli harakatga keladi.

Xulosa

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, virtual reallik (VR) texnologiyalariga asoslangan simulyatsiyalar ta'lim va amaliy faoliyatni yangi bosqichga olib chiqmoqda. Unity 3D platformasi yordamida yaratilgan virtual muhitlar nafaqat vizual va eshitish sezgilari orqali, balki tebranish modullari yordamida harakatni his etish imkoniyatini ham ta'minlaydi. Bu jihat foydalanuvchi uchun virtual tajribani real hayotga yanada yaqinlashtirib, bilim va ko'nikmalarni chuqurroq o'zlashtirishga xizmat qiladi.

Harakatni his qilish mexanizmi insonning tabiiy sezgi organlariga taʼsir etgani sababli, VR muhitida qabul qilingan tajriba oddiy nazariy bilimdan koʻra samaraliroq boʻladi. Masalan, harbiy xizmatchilarni tayyorlashda, tibbiy amaliyotlarda, muhandislik sohasida xavfli jarayonlarni simulyatsiya qilishda yoki avariya holatlarini modellashtirishda foydalanuvchi real vaziyatdagi xatarlarni his qilmasdan, ularni amaliy jihatdan boshdan kechirish imkoniyatiga ega boʻladi. Natijada, bunday tajribalar insonning tezkor qaror qabul qilish, xavfli vaziyatlarga moslashish, texnik vositalarni samarali boshqarish qobiliyatini oshiradi.

Shu bois, VR simulyatsiyalarida harakatni his qilish texnologiyasini qoʻllash zamonaviy taʼlim va amaliy sohalarida dolzarb ahamiyat kasb etadi. Bu texnologiya nafaqat oʻquv jarayonini interfaollashtiradi, balki inson faoliyatining koʻplab sohalarida xavfsizlikni taʼminlash, malaka oshirish va innovatsion yechimlarni joriy etishda ham samarali qoʻllanilishi mumkin.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining “Oʻzbekiston Respublikasi oliy taʼlim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash toʻgʻrisida”gi 2019-yil 8-oktabr sanasida qabul qilingan PF-5847-son farmoni.
2. Ферроне Харрисон. Учебное пособие: Изучаем C# через разработку игр на Unity. 5-е издание. СПб.: Питер., 2022. - 400 С.
3. Джозеф Хокинг. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. Книга 352 С.
4. Jeremy Gibson Bond. “Unity и C# геймдев от идеи до реализации” второе издание. Минск 2019.
5. Денисов Д. В. Разработка игры в Unity. С нуля и до реализации. Учебное пособие. «ЛитРес: Самиздат», 2021. 195 С.
6. Ольга Миловская: 3ds Max 2016. Дизайн интерьеров и архитектуры.– Питер. 2016. – 368 С. ISBN: 978-5-496-02001-5.
7. Торн Л. Учебное пособие: Искусство создания сценариев в Unity / пер. с англ. Р И . Раги-мова. Эл. изд. Саратов: Профобразование. 2017. 360 С.
8. Mitch McCaffrey. Unreal Engine VR Cookbook: Developing Virtual Reality with UE4 (2017). 278 p.
9. Майкл Дженсен, Рафаел Грассетти, и Саймон Морс. Книга: ZBrush Character Sculpting. 2015 г. 304 С.
10. Jennifer Whyte, Dragana Nikolić. Book: “Virtual Reality and the Built Environment”. 2018. 346 p.



O‘ZBEK MATNLARI UCHUN N-GRAM TIL MODELI

Botir Elov; Mastura Primova

Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent. ToshDO‘TAU

elov@navoiy-uni.uz

Annotatsiya: Ushbu maqolada, til modellari ya’ni, statistik usuli N-gram modeli keltirilgan. Til modellari bu tabiiy til (masalan, o‘zbek tili, ingliz tili) dagi so‘zlar ketma-ketligini ehtimolli tarzda ifodalovchi matematik yoki hisoblash modelidir. Ular berilgan kontekst asosida keyingi so‘zni bashorat qilish, matn yaratish, so‘zlar ehtimolini baholash yoki tilga xos statistik xususiyatlarni tahlil qilish uchun qo‘llaniladi. Quyida N-gram modelidagi silliqlash usullaridan foydalanilgan: Laplace silliqlash, Good-Turing diskontlash, Katz back-off, Interpolatsiya, Kneser_Ney silliqlash. Maqolada, O‘zbek matnlari uchun n-gram til modelini qurish bosqichlari: korpusni tayyorlash, N-gramlarni shakllantirish, silliqlashtirish, til modeli formatini tayyorlash, bashorat qilish mexanizmlari keltirilgan.

Keywords: NLP, Smoothing, Kneser–Ney, IRSTLM, KenLM, N-gram.

Kirish

N-gram va Markov cheklovi: Til modellashning eng sodda statistik usuli *N-gram modelidir*. N-gram – bu ketma-ket kelgan N ta belgidan (odatda so‘zlardan) tashkil topgan guruh bo‘lib, til modelida ushbu guruhning ehtimolini hisoblashga xizmat qiladi. Markovning faraziga ko‘ra, navbatdagi so‘zning paydo bo‘lish ehtimolini aniqlash uchun undan oldingi barcha kontekstni emas, balki faqat so‘nggi ($N-1$) ta so‘zni hisobga olish kifoya. Masalan, bigram (2-gram) modelda so‘z faqat undan oldingi bitta so‘zga bog‘liq deb faraz qilinadi. Umumiy holda, N-gram til modeli uchun N so‘zdan iborat gap ehtimoli quyidagicha yoziladi:

$$P(w_1, w_2 \dots w_N) = P(w_1)P(w_2|w_1)P(w_3|w_{1:2}) \dots P(w_n|w_{1:n-1}) = \prod_{k=1}^N P(w_k|w_{1:k-1})$$

Bu yerda w_i i-so‘zni, N gapdagi so‘zlar sonini ifodalaydi. $P(w_i|w_{i-n+1:i-1})$ esa w_i so‘zining undan oldingi (N-1) so‘zlar ketma-ketligidan keyin kelish ehtimoli. N-gram modelda bu shartli ehtimollar korpusdagi chastotalar asosida maksimum haqqoniylik bahosi (Maximum Likelihood Estimate) bilan aniqlanadi:

$$P(w_i|w_{i-n+1:i-1}) \approx \frac{C(w_{i-n+1}, \dots, w_{i-1}, w_i)}{C(w_{i-n+1}, \dots, w_{i-1})}$$

bu yerda $C(\cdot)$ operatori qavs ichidagi so‘zlar ketma-ketligi korpusda nechta marta uchrashini (chastotasini) hisoblaydi. Masalan, o‘zbek tilidagi matnda “*juda ajoyib*” bigrammasi uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$P(\text{“juda”} | \text{“ajoyib”}) = C(\text{“juda ajoyib”}) / C(\text{“juda”})$$

Agar korpusda “*juda ajoyib*” ketma-ketligi biror marta ham uchramagan bo‘lsa, $C(\text{“juda ajoyib”}) = 0$ bo‘ladi va model bu kontekst uchun ehtimolni nolga teng deb baholaydi. Bu esa til modelida nol ehtimollar muammosini keltirib chiqaradi – ya’ni korpusda uchramagan har qanday so‘z ketma-ketligi model nazarida mumkin emas (ehtimoli 0).

Adabiyotlar sharhi

Hozirgi vaqtda jahon miqyosida til korpuslari va til modellari bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar amalga oshirilgan. Til hodisalarini ehtimolliiy model sifatida tahlil qilish g'oyasi ilk bor Claude Shannon [1] tomonidan axborot nazariyasi doirasida ilgari surilgan bo'lib, bu nazariy yondashuv keyingi tadqiqotlar uchun tamal toshi bo'lib xizmat qildi. Masalan, Michel va boshqalar [2] Google Books N-gram korpusidagi 1500–2000-yillar oralig'idagi millionlab kitoblar matnini tahlil qildi. Ushbu yondashuv natijasida asrlar davomida til va madaniyatdagi o'zgarishlarni statistik usulda kuzatish mumkinligi ko'rsatib berildi. O'zbek tilining o'ziga xos agglutinativ tuzilishi, ya'ni so'z yasovchi qo'shimchalarga boyligi, mavjud N-gram modellashtirish usullarini qo'llaganda ba'zi muammolarni keltirib chiqaradi. Shuningdek, o'zbek tilida dastlabki til modellarini yaratish bo'yicha ayrim ilmiy maqolalar paydo bo'la boshladi. Xususan, B. Elov va hammualliflar tomonidan o'zbek tilida N-gram model qurish va uni baholashga doir izlanishlar 2024 yilda e'lon qilindi. Bu ishlarda korpus matnlari asosida unigram, bigram, trigram modellar tuzilib, ularning o'rtacha log ehtimolliklari (perplexity) va boshqa ko'rsatkichlari tahlil qilingan.

N-gram modellarda maxsus silliqlash usullari

Smoothing (silliqlash) usullari

Nol ehtimollar va kam kuzatilgan holatlarning ehtimollarini yaxlitlash uchun N-gram modellarda maxsus *silliqlash* usullari qo'llaniladi. Silliqlashning maqsadi – korpusda kuzatilmagan ketma-ketliklarga kichik, musbat ehtimollar berish va kuzatilgan ketma-ketliklarning ehtimollarini biroz kamaytirib, taqsimotni muvozanatlashdir. Quyida N-gram modelidagi silliqlash usullari keltirilgan.

- Laplace (add-one) silliqlash: Har bir chastotaga 1 qo'shiladi.
- Good–Turing diskontlash: Kichik chastotalarni diskontlab, ko'rilmagan ketma-ketliklarga ehtimol beradi.
- Katz back-off: Kuzatilmagan yuqori tartibli ketma-ketliklar uchun past tartibli modellar ehtimoli ishlatiladi.
- Interpolatsiya: Har bir kontekst uchun turli tartibli modellarning ehtimollari λ og'irliklar bilan birlashtiriladi.
- Kneser–Ney silliqlashi: Eng samarali usullardan biri bo'lib, so'zlarning yangi kontekstda uchrash imkonini baholaydi.

Eng sodda usul – Laplas (add-one) silliqlash bo'lib, har bir chastotaga 1 qo'shish orqali nol chastotalarni bartaraf etadi. Biroq, Laplas usuli katta so'z boyligida ehtimollarni sun'iy oshirib yuborishi mumkin. Shu sabab, amaliyotda quyidagi samaraliroq silliqlash usullari qo'llaniladi:

1. Good–Turing diskontlash usuli: statistikada kichik chastotalarni tuzatish uchun ishlab chiqilgan. Uning mohiyati – korpusda 0 marta uchragan ketma-ketliklarga ba'zi ehtimollarni taqsimlash uchun 1, 2, 3 va hokazo marta uchragan ketma-ketliklarning hisoblangan ehtimollarini biroz kamaytirib (diskontlash) qayta taqsimlashdir. Good–Turing formulasi ko'rilmagan N-gramlarning ehtimolini ularning kutilayotgan chastotasi orqali baholaydi [3]. Bu yondashuv Katz tomonidan til modellashtirishda tatbiq qilingan [4].

2. Katz back-off (chekinish) modeli: bu yondashuvda agar yuqori tartibli N-gram ketma-ketlik kuzatilmagan bo'lsa, u holda model avtomatik ravishda bir pog'ona pastroq (masalan, trigram kuzatilmasa – bigramga) murojaat qiladi va shu kontekst uchun mos ehtimolni oladi. Shu bilan birga, kuzatilgan ketma-ketliklar ehtimoli diskontlanib, ortgan massa pastroq modelga



“*chekinishda*” ishlatiladi. Katz silliqlashi Good–Turing baholovini diskont koeffitsientlarini hisoblashda qo‘llaydi.

3. Interpolatsiya: bu usulda har bir mumkin bo‘lgan kontekst uchun yuqori va past tartibli modellarning ehtimollari muayyan λ og‘irliklar bilan aralashtiriladi. Masalan, uch so‘zli kontekst uchun:

- trigram modeli ehtimoli P_3 ,
- bigram modeli ehtimoli P_2 ,
- unigram modeli ehtimoli P_1 bo‘lsa, yakuni baho quyidahicha hisoblanadi:

$$\lambda_3 \cdot P_3 + \lambda_2 \cdot P_2 + \lambda_1 \cdot P_1$$

Bu yerda λ_i koeffitsientlar quyidagi shartga javob beradi:

$$\lambda_3 + \lambda_2 + \lambda_1 = 1$$

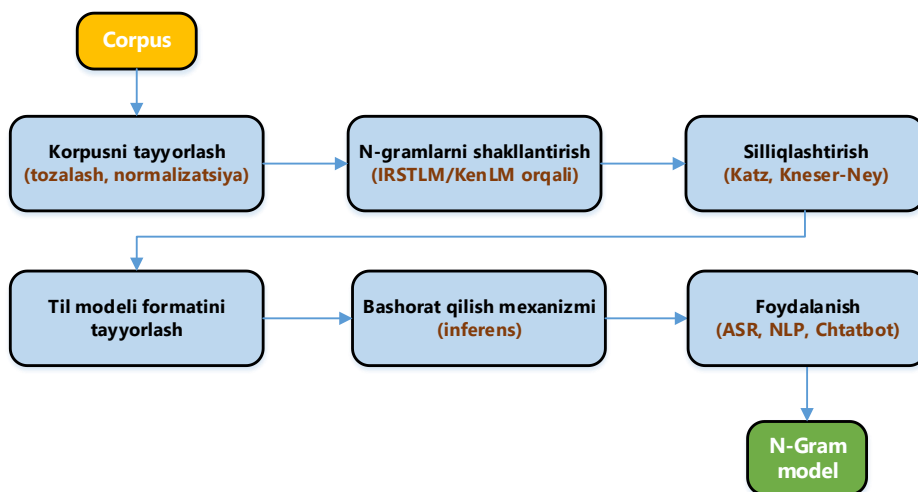
Interpolatsiya nol ehtimollar muammosini yumshatadi va turli tartibli modellarning afzalliklarini birlashtiradi.

4. Kneser–Ney silliqlashi: bugungi kunda eng samarali silliqlashlardan biri hisoblanadi. Kneser–Ney usuli har bir kuzatilgan N-gram chastotasidan ma’lum bir d diskont miqdorini ayirib (odatda $0 < d < 1$ tanlanadi), ortgan ehtimollar massasini past tartibli modelga uzatadi. Eng muhim jihati – past tartibli modelda so‘zning “*yangi kontekstlarda uchrash ehtimoli*”ni hisobga oluvchi maxsus davomiylik ehtimoli (continuation probability) ishlatiladi. Bu esa kam uchragan so‘zlar uchun yaxshiroq baho beradi. Kneser–Ney algoritmi ko‘p hollarda til modellashtirish masalalarida, xususan nutq tanish (ASR) tizimlarida, eng yaxshi natijalar bergani ma’lum.

N-gram modeli algoritmik yechimlari oddiy so‘z sanagich (counter) va ehtimollarni hisoblash formulalariga tayansa-da, uni samarali qurish va qo‘llash uchun texnologik asoslar talab etiladi. Ushbu maqolada ishlab chiqilgan N-gram til modelining texnik yechimlari va qurilish bosqichlari batafsil yoritiladi; xususan, *IRSTLM* va *KenLM* kabi maxsus toolkit’lar hamda Python dasturlari yordamida model yaratish jarayoni va natijalari tahlil qilinadi.

N-GRAM MODELINI QURISH BOSQICHLARI (IRSTLM, KENLM)

N-gram til modelini yaratish bir necha bosqichlar orqali amalga oshiriladi. Quyida *IRSTLM*, *KenLM* toolkit’lari va maxsus Python skriptlari yordamida bajarilgan asosiy bosqichlar ketma-ketligi keltirildi:



1-rasm. O‘zbek matnlari uchun n-gram til modelini qurish bosqichlari

1. Ma'lumotlarni oldindan tayyorlash (preprocessing). Modelni o'qitish uchun avvalo katta hajmdagi matn korpusi yig'ildi va tozalandi. Bu bosqichda matnlardagi keraksiz elementlar olib tashlandi va matn normallashtirildi. Masalan, *HTML teglari, noto'g'ri kodlashdagi belgilar, ortiqcha probellar va tinish belgilari* tozalanadi, *barcha harflar kichik registrga keltiriladi*. Gap chegaralarini modellashtirish uchun har bir gap boshiga maxsus `<s>` belgisi va oxiriga `</s>` belgisi qo'shildi. Shuningdek, korpusda kam uchragan yoki nostandart so'zlar (masalan, raqamlar ketma-ketligi, juda kam takrorlangan nomlar) umumlashtirib `<unk>` (unknown) belgisi bilan almashtirildi [5]. Bu usul *korpus lug'atini qisqartirish va kam uchraydigan so'zlarning model sifatiga salbiy ta'sirini kamaytirish* uchun qo'llanadi. Natijada, tozalangan va normallashtirilgan matnlar tayyor bo'lib, ulardan modelni o'qitishda foydalanildi.

2. N-gramlarni hisoblash va lug'at shakllantirish. Ma'lumotlarni oldindan tayyorlash bosqichidan o'tgan matn korpusidan *N-gramlar statistikasini chiqarish* – model qurilishining asosiy texnik bosqichi. Bu bosqichda 1-gram (unigram) dan boshlab N-gramgacha bo'lgan barcha ketma-ketliklar uchun chastotalar (kuzatilish soni) hisoblab chiqildi. Korpus hajmi katta bo'lgani tufayli, barcha mumkin bo'lgan n-gramlar soni ham juda katta bo'ladi. Masalan, korpusdagi unikal so'zlar lug'ati o'lchami V bo'lsa, nazariy jihatdan $N=3$ (trigram) modell uchun eng ko'pi bilan V^3 ta uchlik kombinatsiya bo'lishi mumkin – bu juda ulkan miqdor. Amalda esa kuzatilgan n-gramlar soni ancha kichik bo'ladi, lekin baribir millionlab sondagi n-gramlar darajasiga yetishi mumkin. Shuning uchun, bunday hisob-kitobni amalga oshirishda maxsus samarali dasturiy vositalar qo'llanildi: IRSTLM va KenLM.

IRSTLM toolkit'i yirik korpuslardan til modelini qurishda resurslarni tejashga mo'ljallangan bo'lib, u o'zining `build-lm.sh` skripti orqali korpusni avtomatik ravishda bir necha qismlarga bo'lib hisoblash imkonini beradi. IRSTLM skripti matnni $k=10$ kabi bo'laklarga ajratib, har birida n-gramlarni alohida sanab chiqadi va yakunda ularni birlashtiradi – bu usul hisoblash vaqtini biroz oshirsada, xotira bandligini sezilarli kamaytiradi. Misol uchun, IRSTLM da 3-gram model tuzish quyidagicha buyruq bilan amalga oshirilishi mumkin:

```
build-lm.sh -i "corpus.txt" -n 3 -o model.arpabo -k 10
(bu yerda -k 10 korpusni 10 qismga bo'lishni belgilaydi).
```

KenLM toolkit'i esa buning aksi, maksimal tezlik va samaradorlikka yo'naltirilgan: KenLM'da `lmplz` dasturi korpusni kiritma sifatida qabul qilib, ichki on-disk sortlash algoritmi yordamida n-gramlarni sanaydi. KenLM'da foydalanuvchi maksimal foydalaniladigan xotira hajmini (% ga yoki baytlar bilan) belgilashi mumkin, masalan

```
lmplz -o 5 -S 80% -T /tmp < corpus.txt > model.arpa
```

buyrug'i korpusdan 5-gram modelni chiqaradi (80% operativ xotiragacha foydalanib, yetmasa vaqtinchalik /tmp diskiga yozadi). KenLM vositasi shu tariqa SRILM kabi boshqa vositalar eplay olmagan juda katta korpuslarni ham to'liq qamrab oluvchi n-gram modelini sanashga qodir va buni amalga oshirishda IRSTLMdagidek taxminiy soddalashtirishlarga murojaat qilmaydi.

N-gramlarni hisoblash yakunida maxsus matn formatidagi ARPA fayl (Arpa Language Model format) hosil qilinadi – unda har bir n-gram uchun uning ehtimoli yoki keltirilgan holda log-ehitimoli hamda kerak bo'lsa back-off vazn (izohlanadi) qiymatlari saqlanadi. Korpusdagi umumiy lug'at (vocabulary) ham ushbu bosqichda aniqlanadi – masalan, bizning tajribamizda lug'at kattaligi $\{V\}$ ta so'zni tashkil etdi (kam chastotali so'zlarni `<unk>` ga birlashtirish natijasida). Keyingi bosqichlarda barcha hisob-kitoblar ana shu ARPA ko'rinishdagi model asosida olib borildi.



3. Silliqlashtirish va ehtimollarni baholash. N-gramlar asosida tuzilgan cheksiz ko‘p ehtimoliy model parametrlari $P(w_i|w_{i-N+1...i-1})$ ni korpusdagi chastotalardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri baholash (maximum likelihood) yaxshi natija bermaydi, chunki ko‘plab n-gramlar *umuman uchramagan* bo‘lishi tabiiy. Korpusda kuzatilmagan ketma-ketliklar uchun oddiy hisob-kitob ehtimolni nol deb baholaydi, bu esa til modeli nuqtai nazaridan muammo – nol ehtimolli hodisalar real til uchun mumkin emas (yoki juda kam ehtimolli xolos).

Shu bois, *silliqlashtirish (smoothing)* usullaridan foydalanildi. Silliqlashtirishning maqsadi – kuzatilmagan n-gram kombinatsiyalariga ham ma‘lum ehtimol massasi ajratish va kuzatilgan n-gramlarning hisoblangan ehtimollarini biroz pasaytirib “*tekislash*”dir. Adabiyotlarda Laplas (Add-one), Gud-Tyuring, Kleyzer-Ney (Kneser-Ney), Vitten-Bell (Witten-Bell) kabi ko‘plab silliqlashtirish usullari mavjud [6]. Bizning ishlanmada zamonaviy til modellashda eng samarali deb tan olingan Modifikatsiyalangan Kneser-Ney silliqlashtirish usuli tanlandi. KenLM dasturi aynan shu usulni qo‘llaydi va ehtimollarni hisoblashda *chetlanish (discount)* va *back-off* kombinatsiyalangan modelini quradi.IRSTLM dasturida esa sukut bo‘yicha yengilroq *Witten-Bell silliqlashtirishi* ishlatiladi va u katta ma‘lumotlarda samarali bo‘lsa-da, Kneser-Ney usulidan biroz pastroq sifat berishi mumkin. Darhaqiqat, mustaqil tadqiqotlar natijasida 5-gram model uchun Kneser-Ney silliqlashtirishi Witten-Bellga nisbatan perpleksiya ko‘rsatkichini yaxshiroq kamaytirgani kuzatilgan. Shuning uchun, biz Kneser-Ney usulidan foydalandik;IRSTLM imkon bergan holatlarda uning “*improved Kneser-Ney*” yaqinlashgan versiyasidan ham foydalandik. Silliqlashtirish jarayonida back-off sxemasidan foydalanildi: agar *berilgan N-1 kontekst + so‘z kombinatsiyasi* korpusda mavjud bo‘lmasa (uning chastotasi 0 bo‘lsa), u holda model pastroq darajaga “*chekinadi*” – ya‘ni, so‘nggi N-2 so‘z konteksti uchun (N-1)-gram ehtimolga murojaat qiladi. Bunda ehtimollar yig‘indisi birligicha qolishi uchun har bir kichik modelga maxsus chekinish vazni (back-off weight, λ) koeffitsienti kiritiladi. Masalan, bigram modeli uchun Kneser-Ney formulasini yozsak:

Agar $w_i - 1$ oldingi so‘z kontekstida w_i so‘zi kuzatilgan bo‘lsa (ya‘ni, $c(w_{i-1,i}) > 0$):

$$P(w_i|w_{i-1}) = \frac{c(w_{i-1,i}) - d}{c(w_{i-1})}$$

Bu yerda, d – discount (chegirma) konstanta.

Agar $w_i - 1$ kontekstida w_i so‘zi umuman uchramagan bo‘lsa ($c(w_{i-1,i}) = 0$):

$$P(w_i|w_{i-1}) = \lambda(w_{i-1}) \cdot P(w_i)$$

ya‘ni, bigram modeli kichrayib unigram model ehtimoliga bog‘lanadi (λ – back-off vazn, $P(w_i)$ esa unigram ehtimol) [5].

Yuqoridagi formulalar Kneser-Ney back-off silliqlashtirishining soddalashtirilgan ko‘rinishi bo‘lib, undan yuqori darajadagi N-gramlar uchun ham xuddi shunday rekursiv qo‘llaniladi. Silliqlashtirish natijasida ARPA til modeli faylida har bir n-gram uchun ehtimoliyat (yoki log10 ehtimol) va kerakli joylarda *back-off vaznlar yozib chiqildi*. E‘tibor qilish lozimki,IRSTLM yaratuvchilari Kneser-Neyning to‘liq realizatsiyasini xotira tejamkorligi maqsadida biroz soddalashtirganlar (bu usulni “*modified shift-beta*” deb atashadi)[7], KenLM esa to‘liq Kneser-Neyni realizatsiya qilgani tufayli, ayni bir korpusda KenLM chiqargan ehtimollarIRSTLM’ga nisbatan biroz ishonchliroq bo‘lishi mumkin. Shu sababdan, biz yakuniy model qurishda

KenLM'dan olingan ehtimollarni asos qilib oldik, lekin *ikki xil toolkit* yordamida qurilgan modellarni ham qiyoslab ko'rdik (quyida batafsilroq keltiriladi).

4. Til modeli formatini tayyorlash. N-gramlar va ularning silliqashtirilgan ehtimollari tayyor bo'lgach, til modelini samarali saqlash va ishlatish masalasi turadi. Ko'pgina LM tizimlari matn ko'rinishidagi ARPA fayllarni bevosita yuklab ishlay oladi. Biroq ARPA fayllar hajmi katta bo'ladi (ayniqsa, yuqori darajali n-gram ko'p bo'lsa) va undagi qatorma-qator ma'lumotni har safar qidirish sekinlik keltirib chiqaradi. Shu bois, amaliyotda til modelini binar formatga kompilyatsiya qilish afzal sanaladi. IRSTLM tarkibida bu uchun maxsus compile-lm yordamchi dasturi mavjud bo'lib, u ARPA formatdagi modelni ixcham .bin faylga aylantiradi. KenLM ham xuddi shunga o'xshash build_binary dasturiga ega – u ARPA faylni binar formatga konvert qiladi. KenLM'ning muhim jihati shundaki, u binar formatni shakllantirishda turli ma'lumot tuzilmalarini tanlash imkonini beradi: trie (daraxt), probing (hash-jadval) yoki sorted (saralangan massiv) variantlardan birini.

Standart variant – probing (bu eng tezkor qidiruvni ta'minlaydi, lekin xotirani ko'proq ishlatadi), trie esa bir oz sekinroq bo'lsa-da, xotira tejamkor formatdir¹. Bizning loyiha doirasida modelni integratsiya qilishda asosan KenLM'ning trie-binar formati qo'llandi – bu holda LM fayl hajmi sezilarli darajada kichrayadi va uni operativ xotiraga to'liq yuklash shart bo'lmaydi. Misol uchun, KenLM trie formatidagi model resident xotira hajmi IRSTLM eng ixcham varianti hajmining atigi 58% ini tashkil etdi (ya'ni deyarli yarmiga teng), shu bilan birga so'rovlarni qayta ishlash tezligi IRSTLM eng tez variantining 81%igacha teng bo'ldi, ya'ni deyarli tezlikdan yutqazmagan holda xotira samaradorligi oshgan. Bunday binar modelni IRSTLM bilan ham kvantlash orqali erishish mumkin: IRSTLM'da ehtimollarni 4 bayt float o'rniga 1 bayt qilib saqlash rejimi mavjud bo'lib, quantize-lm yordamida ARPA faylni kvantlashtirilgan formatga o'tkazish mumkin, natijada model hajmi 4 baravar kichrayadi. Biz tajribada KenLM modelini trie ko'rinishida qurib, undan foydalanishda mmap (lazy loading) rejimini ham sinab ko'rdik[8]: bunda model fayli diskdan to'g'ridan-to'g'ri xotiraga xaritalanadi va kerakli bo'limlari dinamik yuklab ishlatiladi. Memory mapping usuli juda katta modellarga ega tizimlarda foydalidir – bir nechta jarayon bir model faylidan foydalanganda ham diskdan bir marta yuklab, birlik manzillar maydonida baham ko'rishi mumkin. Bizning model hajmi unchalik ulkan bo'lmagani bois (taxminan bir necha yuz MB atrofida) aksar hollarda modelni to'liq xotiraga yuklab ishlatdik, bu esa yuklanish vaqtini qisqartirdi va so'rovlarni bajarish tezligini oshirdi.

5. Bashorat qilish mexanizmi (inferens). N-gram til modeli qurib bo'lingach, uni test qilish va turli ilovalarda qo'llash uchun kerakli funktsionallik ishlab chiqildi. Til modelining ishlash prinsipi shundan iboratki, u berilgan kontekst (ya'ni, oldingi N-1 ta so'z) uchun navbatdagi so'zning ehtimollar taqsimotini qaytaradi. Bizning holatda, masalan, KenLM modeli uchun maxsus Python wrapper yozilib, berilgan matn satrlarini tezkor skoring (baho olish) funksiyasi yaratildi. Ushbu funksiya gapdagi har bir so'z ketma-ketligi ehtimolini modeldan oladi va natijada butun gapning log-ehtimoli hamda perpleksiya qiymatini hisoblab beradi. Xuddi shu mexanizm asosida keyingi paragrafda tavsiflangan perpleksiya ko'rsatkichlari olindi. Til modelidan bashorat qilish (next word prediction) maqsadida foydalanish uchun esa quyidagicha yondashuv qo'llanildi: <s> boshi berilgan holda, modelning ehtimollar taqsimoti ichidan eng yuqori ehtimolli so'z tanlab olindi – bu birinchi so'z bashorati bo'ldi. So'ngra tanlangan so'z kontekstga qo'shib, yana modelga so'rov berildi va navbatdagi so'z tanlandi, bu jarayon </s> (gap oxiri) tokeni chiqqunga qadar davom



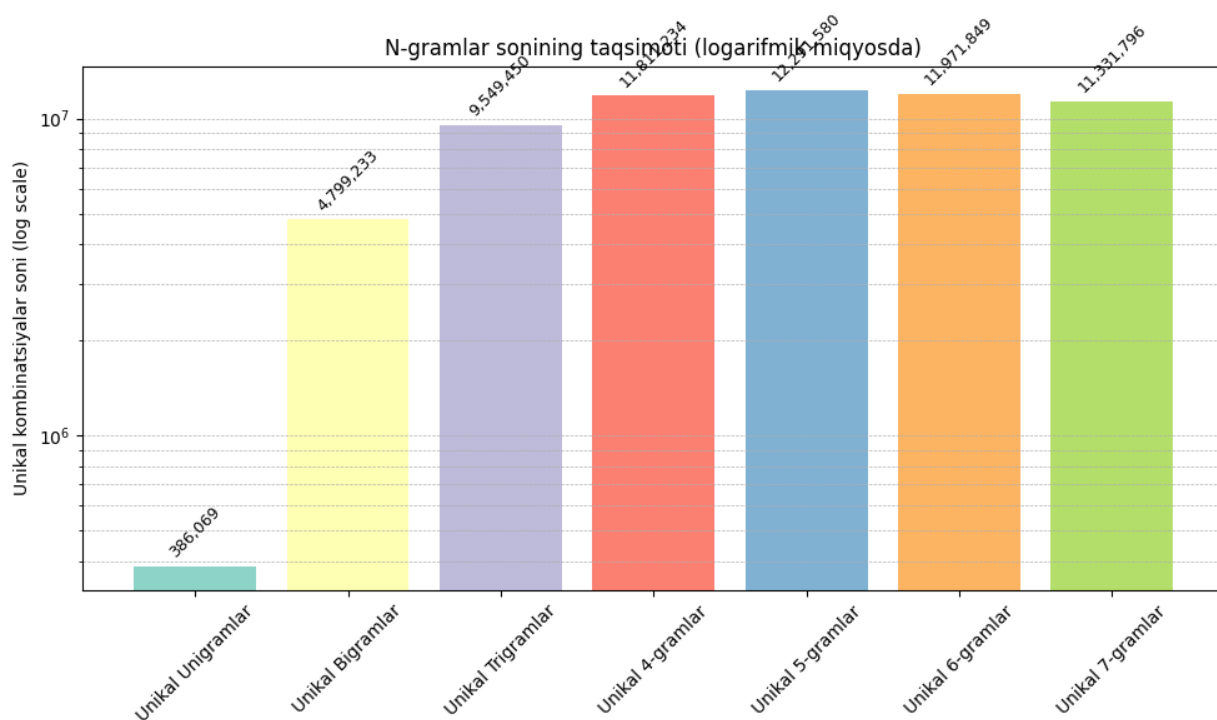
ettirildi. Natijada, model mustaqil ravishda gaplar generatsiya qila oladigan dasturiy vosita yaratildi. Bunda, albatta, har doim eng yuqori ehtimolli soʻzni tanlash deterministik tekst hosil qilishi (koʻp takrorlar va bir xil strukturadagi gaplar) mumkin. Shu sabab, generativ rejimda baʼzan ehtimollar taqsimotidan tasodifiy namuna olish (masalan, Boltzmann sampling yoki top-k random sampling usullari) orqali soʻz tanlash mexanizmi ham sinovdan oʻtkazildi. Umuman olganda, N-gram modelining bashorat qilish mexanizmi oddiy daraxt koʻrinishidagi qidiruv jarayoni boʻlib, yuqori tartibli (masalan, 5-gram) kontekst topilmasa, pastga chekinish va oxir-oqibat unigram ehtimolga tayanish bilan amalga oshadi. Shu tariqa, qurilgan model yordamida turli kirish matnlariga ehtimoliy baho berish, keyingi soʻzni taxmin qilish, yoki soʻzlar ketma-ketligini toʻliq generatsiya qilish funksiyalari qoʻlga kiritildi.

Korpus chastotalari va kam uchraydigan holatlar

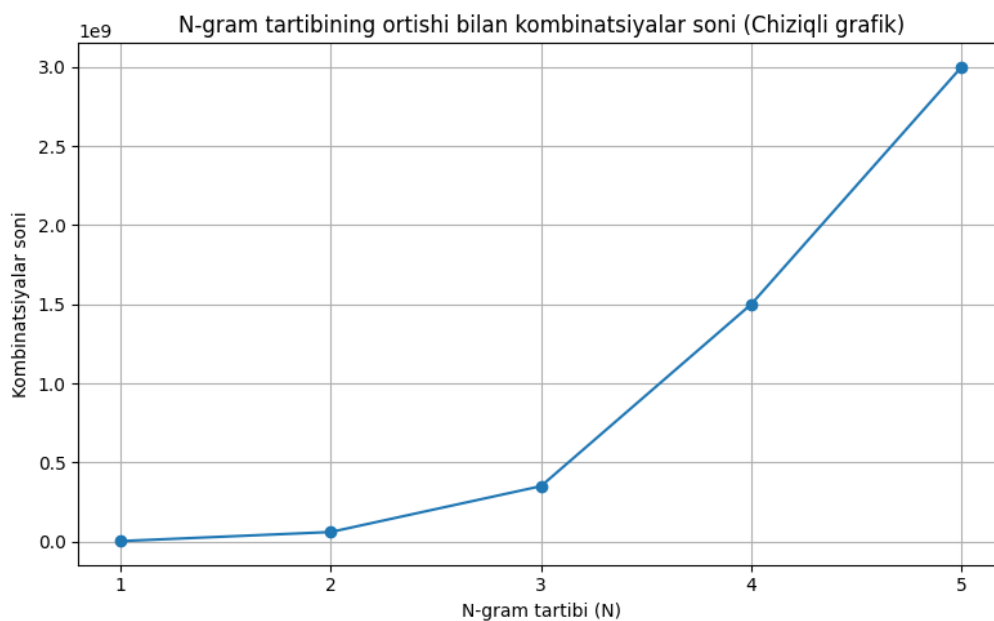
N-gram model sifatida qurilgan til modellari toʻliq statistik maʼlumotga tayanadi. Agar biror soʻz birikmasi katta korpusda koʻp marotaba uchrasa, model uning ehtimolini yuqori deb belgilaydi, aksincha kam uchragan yoki uchramagan birikmalar ehtimoli juda kichik boʻladi. Tilning xususiyatlariga koʻra, hatto juda katta korpuslarda ham maʼlumotlar siyrakligi (data sparsity) muammosi yuzaga keladi – yaʼni mumkin boʻlgan soʻz kombinatsiyalarining ulkan koʻpligidan amalda korpusda ularning faqat kichik qismi kuzatilgan boʻladi. Masalan, oʻzbek tilidagi veb-korpusdan (gaplar soni: 1,120,458) olingan statistikaga qarasa (1-jadval), 386.069 ta unikal soʻz (unigram) mavjud boʻlganda bigramlar soni 4.799.233, trigramlar soni esa 9.549.450 ga teng.

1-jadval. N-gramlar sonining taqsimoti (logarifmik miqyosda)

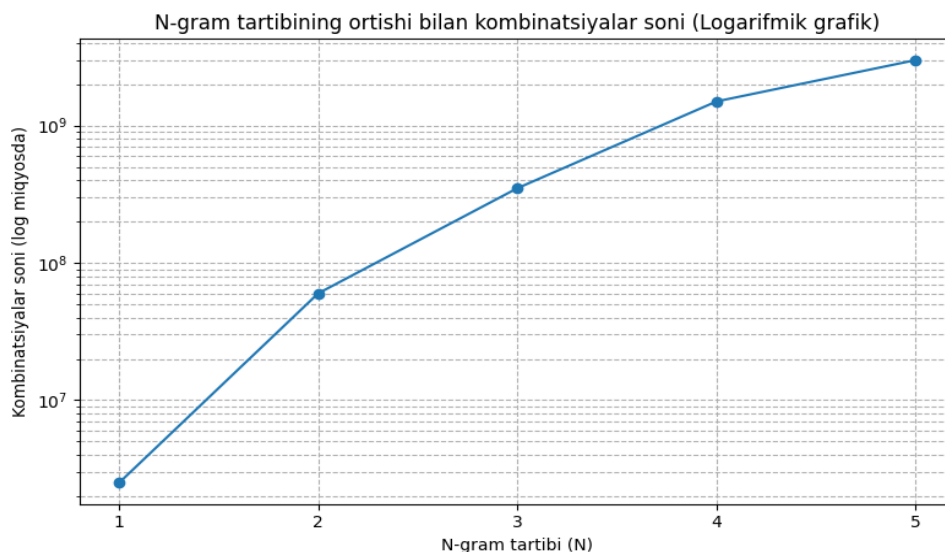
Gaplar soni	1,120,458
Tokenlar soni	19,984,549
Unikal Unigramlar	386,069
Unikal Bigramlar	4,799,233
Unikal Trigramlar	9,549,450
Unikal 4-gramlar	11,811,234
Unikal 5-gramlar	12,291,580
Unikal 6-gramlar	11,971,849



2-rasm. N-gramlar sonining taqsimoti (logarifmik miqyosda)



3-rasm. N-Gramlarning chiziqli grafigi



4-rasm. N-Gramlarning logarifmik grafigi

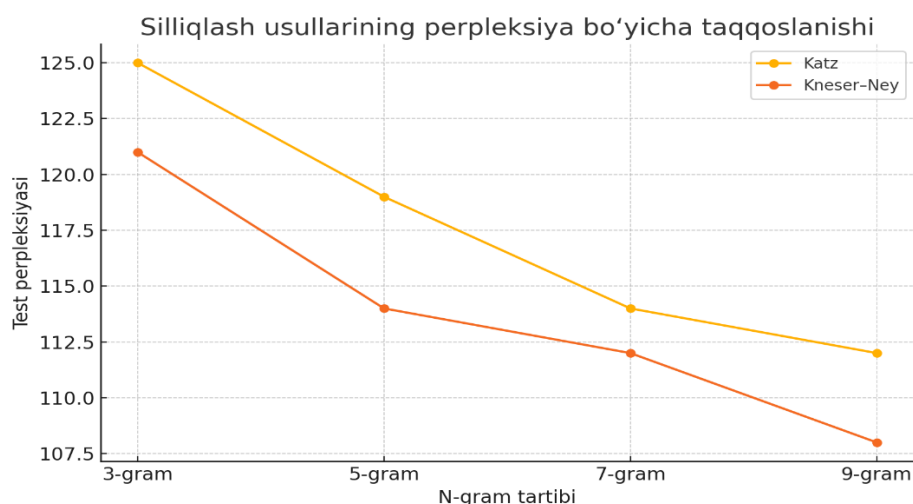
1) Chiziqli grafik — N-gram tartibi ortishi bilan kombinatsiyalar sonining qanday o‘shishini aniq ko‘rsatadi. 4-gramdan boshlab keskin eksploziv o‘shish kuzatiladi.

2) Logarifmik grafik — Eksponensial o‘shishni yanada ravshanroq ko‘rsatadi va yuqori tartibli N-gram modellarning resurs talabini vizual baholashga yordam beradi.

N-grammalarining kombinator portlashi

Korpus hajmi va til boyligi oshishi bilan yuqori tartibli N-gramlar soni keskin ortadi. Masalan, o‘zbek tilid milliy korpusida trigrammalar soni unigramlardan bir necha barobar ko‘p bo‘lib, 9.549.450 unikal trigramma kuzatilgan (1-jadvalda 7-grammagacha ko‘rsatilgan). Bu o‘zbek tiliga xos holat; aglutinativ tuzilishi va erkin so‘z tartibi tufayli o‘zbek tilida ham mumkin bo‘lgan so‘z ketma-ketliklari kombinatsiyasi behisob bo‘lib, ulardan amaliy kuzatilganlari nisbatan kam bo‘ladi. Demak, N qancha katta bo‘lsa, model parametrlarining soni (kuzatilgan N-grammalar soni) shuncha keskin oshadi. Shu sababli korpus hajmi cheklanganda odatda 3-gram, 4-gram kabi past tartibli modellargacha foydalaniladi; undan yuqori tartiblar uchun ishonchli statistikani yig‘ish juda qiyinlashadi.

Kam chastotali so‘zlar va kontekstlar N-gram modellarda alohida muammo tug‘diradi. Korpusda kam kuzatilgan birikmalar uchun maksimum haqqoniylik ehtimoli past bo‘ladi, garchi real tilda bunday kombinatsiya mantiqan mumkin bo‘lsa ham. Silliqlash usullari aynan shunday kam uchraydigan holatlar ehtimolini 0 dan yuqoriroq qilib, modelning generallashuvi (umumlashma qobiliyati)ni oshiradi. Misol tariqasida, O‘zbek tili bo‘yicha tuzilgan 3-, 5-, 7- va 9-gram modellarning test to‘plamdagi perpleksiyasini (quyida tushuntiriladi) solishtiramiz (5-rasm). Kneser–Ney silliqlashi qo‘llanganda 3-gram model test perpleksiyasi 121, 5-gramda 114, 7-gramda 112, va 9-gramda 108 ni tashkil qilgan. Ya’ni, yuqori tartibli model aniqroq probabilistik bashorat bermoqda (perpleksiya pasaymoqda). Katz silliqlashi ham xuddi shunday tendensiyani ko‘rsatgan, ammo uning qiymatlari biroz balandroq (masalan, 9-gram Katz modeli 112 perpleksiya) va umuman Kneser–Ney interpolatsiyali yondashuvdan samaradorlikda ortda ekanligi kuzatilgan. Shunday qilib, statistik modellarda N oshishi bilan nazariy kontekst qamrovi kengaysa-da, amaliy cheklovlar tufayli silliqlash va resurs cheklovlari (xotira, korpus hajmi) inobatga olinadi.



5-rasm. Silliqlash usullarining perpleksiya bo'yicha taqqoslanishi

Xulosa

Ushbu maqolada, O'zbek tilida n-gram asosidagi til modelini qurish bosqichlari va texnik jihatlari ishlatilgan vositalar chuqur tahlil qilindi. Model yaratish jarayonida ma'lumotlarni tozalash, n-gram chastotalarini hisoblash, ehtimollarni silliqashtirish hamda modelni samarali va resurs tejamkor tarzda qurish kabi muhim bosqichlarga e'tibor qaratildi. *IRSTLM* va *KenLM* kabi toolkit'lar bilan ishlash jarayonlari solishtirilib, ularning afzallik va kamchiliklari amaliy tajribalar orqali ko'rsatib berildi. Xususan, *IRSTLM* o'zining xotira tejamkorligi bilan ajralib tursa, *KenLM* maksimal samaradorlik va aniqlikni ta'minlaydi. Ayniqsa, *KenLM* tomonidan taqdim etilgan modifikatsiyalangan Kneser-Ney silliqashtirish algoritmining yuqori sifatli natijalar berishi va katta korpuslarda yaxshi perpleksiya ko'rsatkichlariga erishgani alohida qayd etildi. Shu tariqa, O'zbek matnlariga asoslangan n-gram modelini samarali tarzda qurish mumkinligi isbotlandi. Bunday model kelgusida avtomatik tarjima, matn yaratish, matn tahlil qilish, so'z tavsiya qilish kabi tabiiy tilni qayta ishlashga oid bir qator muammolarni hal etadi.

Adabiyotlar

1. Claude Shannon "A Mathematical Theory of Communication". 1948. United States
2. M. Davies. 2011. Google Books (American English) Corpus (155 billion words, 1810-2009). <http://googlebooks.byu.edu/>.
Nadas, A. (1984). Estimation of probabilities in the language model of the IBM speech recognition system. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 32(4), 859-861.
3. Church, K. W., & Gale, W. A. (1991). A comparison of the enhanced Good-Turing and deleted estimation methods for estimating probabilities of English bigrams. *Computer Speech & Language*, 5(1), 19-54.
4. Mani, S., Gothe, S. V., Ghosh, S., Mishra, A. K., Kulshreshtha, P., Bhargavi, M., & Kumaran, M. (2019, January). Real-time optimized n-gram for mobile devices. In *2019 IEEE 13th International Conference on Semantic Computing (ICSC)* (pp. 87-92). IEEE.
5. R. Ismail. (2014, May). Comparison of modified kneser-ney and witten-bell smoothing techniques in statistical language model of bahasa Indonesia. In *2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)* (pp. 409-412). IEEE.



6. Heafield, K., Pouzyrevsky, I., Clark, J. H., & Koehn, P. (2013, August). Scalable modified Kneser-Ney language model estimation. In *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)* (pp. 690-696).

SUN'IIY INTELLEKT USULLARI YORDAMIDA VIDEOTASVIRDAN SHAXSNING YUZ TASVIRI HAMDA OBEYKTLARNI ANIQLASH ALGORITMLARI

Xalilov Sirojiddin Panjiyevich

University of Management and Future Technologies

xalilov@umft.uz

Annotatsiya: Dunyo tajribasi shuni ko'rsatadiki, masofaviy ta'lim jarayonlarini tashkil etishda uning uzluksizligini ta'minlash hamda zam'onaviy ta'lim texnologiyalarini va kasbiy rivojlanishning yangicha shakllarini o'zlashtirish orqali mustaqil malaka oshirishga yo'naltirilgan malaka oshirishning variativ tizimini ishlab chiqish asosiy yo'nalishlar sifatida qaraladi. Mazkur ilmiy tadqiqod ishda real vaqt ichida identifikatsiyalash usullariga asoslangan videotasvirlardan yuz haqqoniyligini aniqlash, deskriptorlar asosida videotasvirdagi komponent-bog'liqlarni tahlil qilish algoritmi va masofaviy ta'lim platformasida soxta yuzlarni aniqlashni chuqur neyron tarmoqlarga asoslangan algoritmlarni taklif etilgan.

Kalit so'zlar:real-vaqt,tasvir, Xaara, Viola-Jones, Local Binary Pattern (LBP), Histograms of Oriented Gradients (HOG), OpenVINO.

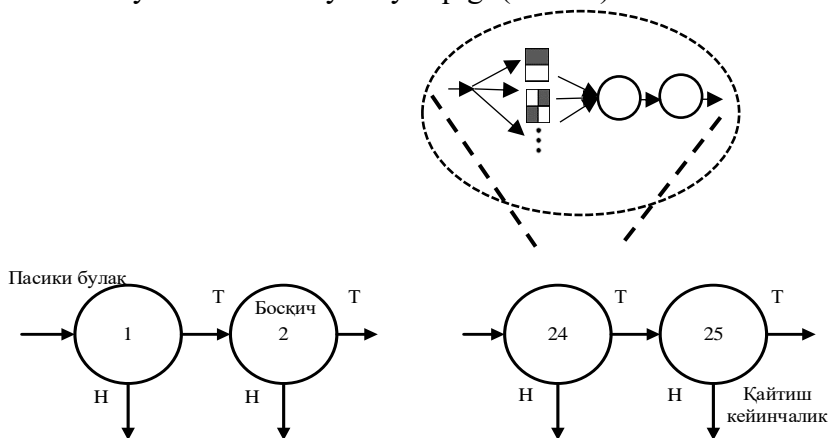
Kirish

Videotasvirlardan yuzni tanib olish tizim biometrik va fiziologik yondashuv asosida tasvirdan olingan yuz hususiyatlarning vektorlari yordamida shaxsni aniqlaydi va tasqidlaydi. Xozirgi kunda tasvirlar yuzni aniqlash bo'yicha eng ko'p murojaat kompyuterli ko'rish yo'nalishga bo'lmoqda.

Yuzning haqqoniyligini aniqlash va tahlil qilish inson yoshi, jinsi, yuzning shakli, ko'z, qosh, burun, lablarning joylashuvi va boshqa ma'lumotlarni olish to'plashni o'z ichiga oladi. Real vaqtda identifikatsiyalash usullariga asoslangan videotasvirlardan yuzni haqqoniyligini aniqlash uchun Viola-Jones algoritmi yuzning klassifikatorlarini yaratish uchun Xaarga o'hshash to'rtburchak hususiyatlardan foydalanadi.

Ushbu algoritmnning samaradorligi integral tasvirni yaratish uchun tasvirdagi yuz qismlarini to'rtburchaklar hususiyatiga tez ajaratishidadir. Integral tasvir yaratish uchun, tasvir joylashgan (x,y) ning chap yuqori qismidagi barcha piksellar yig'indisini o'z ichiga oladi.

Ushbu algoritmda tasvirga ishlov berish bosqichlari ketma-ketlik asosida tuzilgan kaskad klassifikatoridan foydalaniladi. Har bir bochqichda ajaratilgan to'rtburchak hususiyatlari to'plami pastki bo'lakda yuz tasviri bor yoki yo'qligi (1-rasm) tekshirish uchun keyingi bo'lakka suriladi.



1-rasm. 25 bosqichli kaskatli hususiyatlarni tasniflagich (T = Ture, F = False)



Turli o'lchamdagi yuzlarni aniqlash uchun algoritmlar bir xil to'rtburchaklar to'plamidan iborat bo'lgan barcha yuzlar topilgunga qadar har xil o'lchamdagi dastlabki tasvirlar ustidan siljish uchun tasvirlar pramidasi foydalanadi.

Local Binary Pattern (LBP) yordamida kompyuterni ko'rish tasvirlarini tasniflashda kuchli xususiyatga ega. U ko'rinishidan oddiy xususiyat bo'lsada, pikselning kontrast ma'lumotlarini tavsiflashda o'zining izdosh pikselleriga qaraganda, juda samarali va ishonchli operator hisoblanadi. Agar Local Binary Pattern (LBP) bilan Histograms of Oriented Gradients (HOG) birlashtirib ma'lumotlar to'plamiga ishlov berilsa najiza sezillarli darajada samarali bo'ladi. LBP va HOG deskriptorlari birgalikda yuz tasvirini ma'lumotlarini vektori sifatida ko'rsatish va undan yuzni tanib olish maqsadlarida foydalanish mumkin. Local Binary Pattern Histogram (LBPH) asosida tasvirdan yuzni aniqlash va kulrang tasvirga o'tkazish algoritmi keltirilgan.

Asosiy qism

Ushbu tasvirdan yuzlarni tanib olish uchun kadrlarga ajratishga asoslangan yondashuvlardan foydalaniladi. Birinchi navbat kamera start beriladi va kamerani ishlayotgani tekshiriladi. Undan so'ng tasvirlar kadrlarga ajratilib tasvirlardan inson ob'ekti qidiriladi. Inson ob'ektlari ajratilgandan so'ng tanlangan tasvirlardan kulrang tasvir yaratib olinadi.

Xususiyatlarni ajratib olish uchun kulrang rang tanlov tasviri 3×3 oyna katakchalariga bo'linadi va markaziy 8-pikselli soat o'ynalishi bo'yicha yoki soat milliga teskari yo'nalishda pikselning har biri bilan taqqoslanadi. Agar atrofdagi pikseller markaziy pikseldan kattaroq bo'lsa, u shu 8-pixel bilan almashtiriladi; aks holda u nolga tenglashtiriladi. Shunday qilib, olingan 3×3 oynaning markaziy qiymatdan tashqari soat o'ynalishi bo'yicha hisoblashni boshlasak, biz 8 bitli ikkilik son natijasini olamiz va asl katakdagi markaziy piksel bilan ikkilik sonning o'nlik ekvivalenti bilan almashtiramiz. Bu hisob usuli o'sha tavrning markaziy xususiyatlarini aks ettirish uchun qo'llaniladi.

Agar a_c va $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{p-1}$ mos ravishda markaziy piksel hamda ko'shini pikseller deb hisoblansa (x, y) ning joylashuviga qarab markaziy pikselga nisbatan 8 bitli LBP kodni olishimiz mumkin.

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} S(a_c - a_p) 2^p \quad (1.1)$$

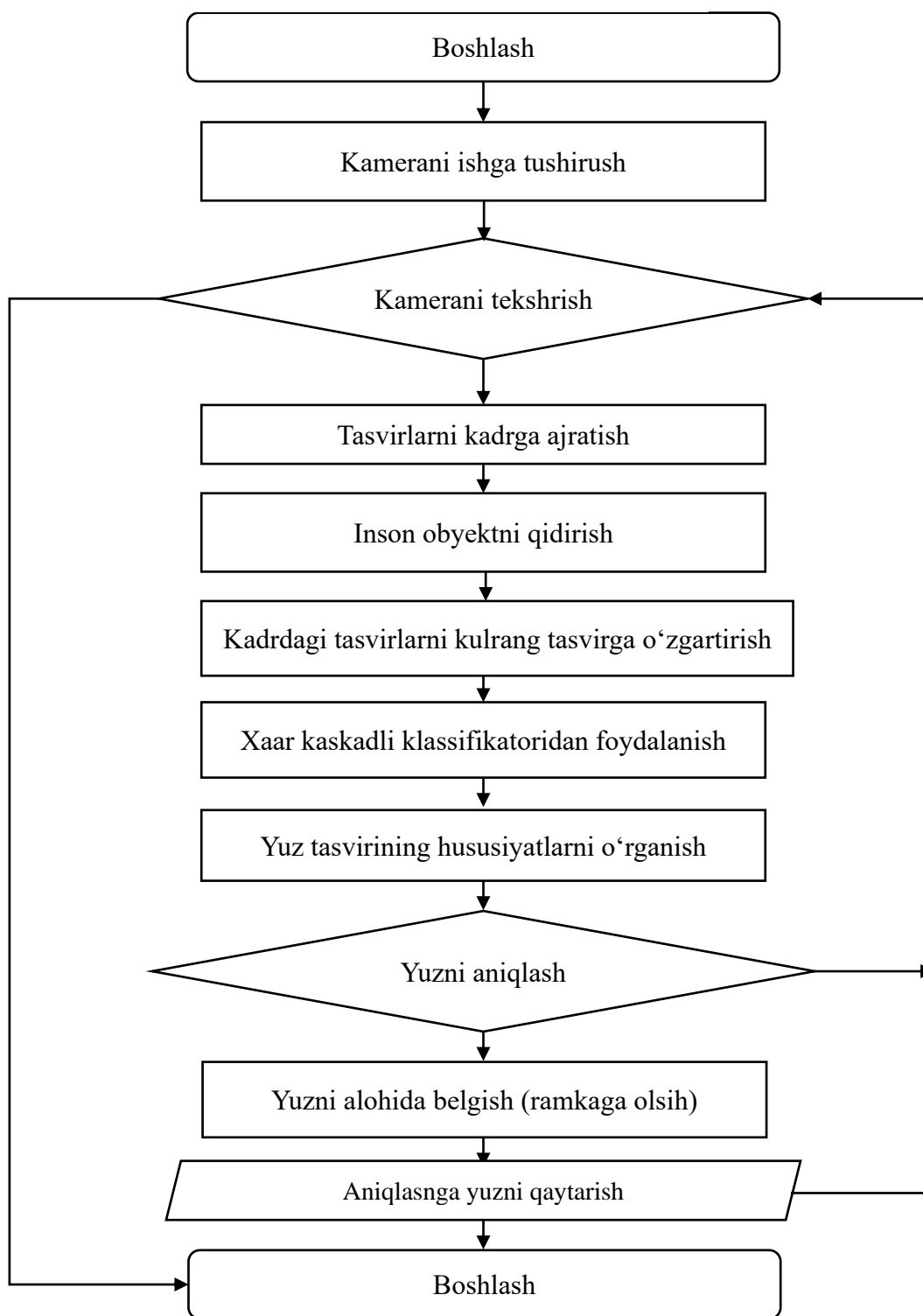
Yuqorida keltirilgan tenglamani quyidagi $s(f)$ chegara funksiyasi bilan aniqlash mumkin.

$$s(f) = \begin{cases} 1, & z \geq 0 \\ 0, & z < 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

LBPH algoritmidan tekstura deskriptori sifatida ishlatiladigan gistogramma asosan kirish tasviri uchun barcha piksellarning LBP kodlari to'plamidir, ya'ni:

$$LBPH(h) = \sum_{x_c, y_c} \delta\{i, LBP(x_c, y_c)\}, i = 0, 1, \dots, 2^p - 1 \quad (1.3)$$

bu erda $\delta(i)$ Kronecker funksiyasi sifatida tanlangan.



2-rasm Tasvirdan yuzni aniqlash ketma-ketmaligi.

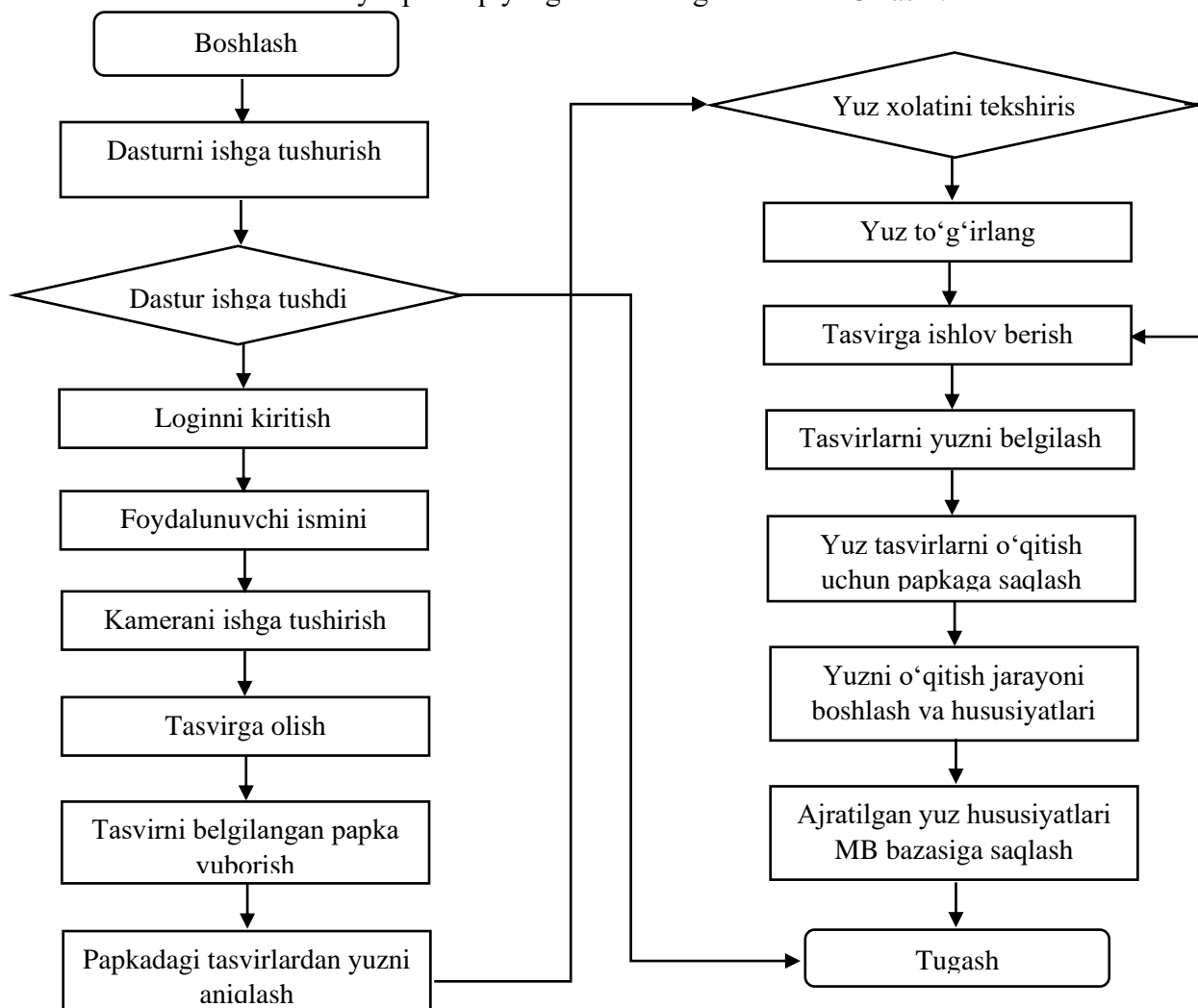
Butun kulrang yuz tasviri LBPH algoritmidagi bir nechta kichik mintaqalarga bo‘linadi va keyin har bir kichik mintaqaning LBP xususiyati vektorlari chiqariladi. Shundan so‘ng, LBP xususiyat vektorlaridan har bir kichik hududning gistogrammasi hisoblanadi. Keyin pastki hududlarning barcha gistogrammalari birlashtirilib, olingan to‘liq tasvirning katta o‘lchamli gistogrammasi tasvirning asosiy xususiyatini ifodalaydi.



Ushbu tadqiqot ish uchun 10 kishidan iborat shaxslarning malumotlar bazasini yaratdik. Tadqiqot ishida ikkita malumotlar bazasi to'plami foydalanish uchun yaratildi. Birinchi malumotlar bazasi to'plamida 200 ta yuz tasviridan iborat bo'lib, unda jami 2000 ta yuz tasviri mavjud hamda ikkinchi malumotlar bazasi to'plamida 5000 ta yuz tasvirlari mavjud.

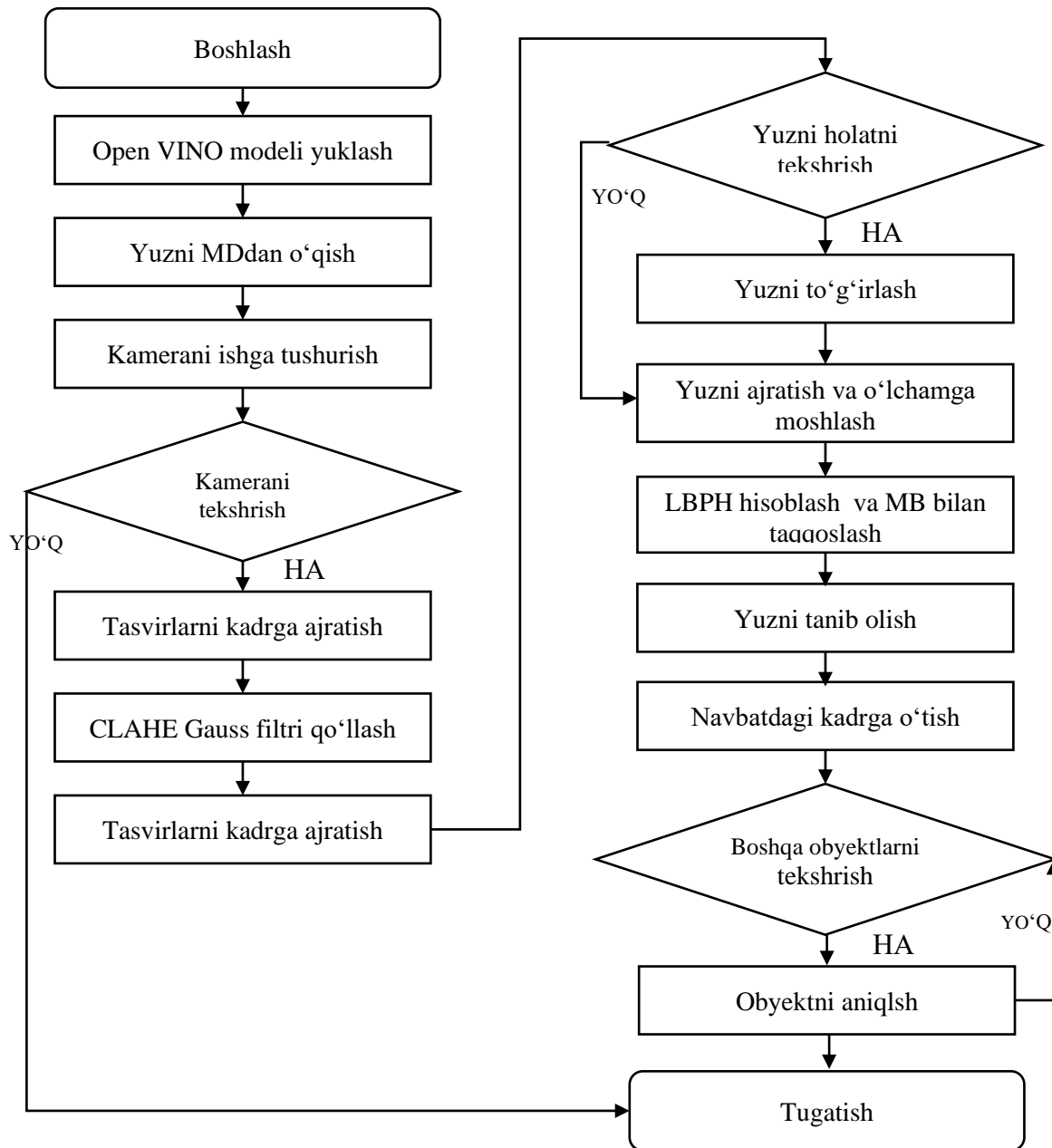
Yuzni aniqlash va tanib olish dasturini ishlab chiqish uchun biz JAVA dasturlash tili va Pythonning OpenVINO kutubxonasidan foydalandik. Ilova tasvirdan inson ob'ektni suratga olish jarayonida foydalanuvchidan shaxsning ismi familyasini kiritishni talab etiladi. Keyinchalik bu nom bilan yuzni tanish bosqichida tasvirdan yuzni tanib olish uchun foydalaniladi. Yuz aniqligini oshirish uchun yuz tasvirlari qayta ishlanadi. Tasvirdagi shovqinni olib tashlash uchun biz median filtrlash usulini foydalandik. Shovqindan tozalangan tasvir bo'lagika nom avtomatik ro'yxatdan o'tilgan profil ismi bilan malumotlar bazasi saqlangan faylga yoziladi va o'sha fayldan o'qitish hamda tanib olish uchun ishlatiladi. Malumotlar bazasini yaratish va undan yuz tasvirlarini o'qitish jarayonining ketma-ketligi quydagi rasmda keltirilgan. Malumotlar bazasiga to'lgan tasvirlarni tanib olish uchun foydalanuvchining yuz tasvirining gistogramma o'lchamlari taqqoslanadi va eng yaqin bo'lgan tasvir tanib olinadi. Tasvirlar bazasiga kiritilmagan nomalumni aniqlash uchun chegara qiymati o'rnatiladi. Tasvir chegara qiymatlarni solishtirish uchun Evklid masofani aniqlash usulidan foydalaniladi.

Tasvirdan identifikatsiya qilish quydagicha amalga oshiriladi. 3-rasm.



3-rasm Malumotlar bazasini yaratish va undan yuz tasvirlarini o'qitish jarayonining algoritmi

Ilmiy tadqiqot ishida yuzni tanib olish tajribasini amalga oshirish uchun noutbookning veb-kamerasida olingan tasvirlarni tanlab olindi. Bunda aniqlik darajasi past bo'lgan tasvirlardan aniqlash uchun kadrlarga ajratish usulidan foydalanildi. Tanib olish jarayonida veb-kameradan 100 millisekuni orqalig'idagi videotasvirni kadrlarga ajartildi.

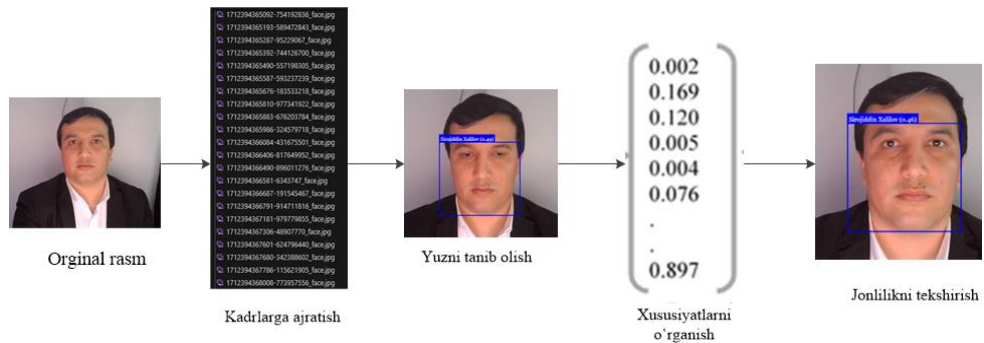


4-rasm Tasvirdan yuzni va obyekt aniqlash ketma-ketmaligi

Har safar tanib olish uchun tasvir kadrlari ichidan 200 ta tasvir ustida o'ndan ortiq sinoblar o'tkazildi. Tanib olish tezligi aniqlash uchun 2000 ta ajratilgan tasvirlar hisoblab ko'rildi. Ushbu bosqichda imtihon qatnashayotgan foydalanuvchining soxtaligini yoki imtihon topshiruvchisiga yordam beradigan boshqa shaxsni aniqlash lozim. Kadrda aniqlangan barcha yuzlar haqiqiy hisoblanadi va qolgan jarayonlarda amalga oshiriladi. Ammo tekshiruv paytida yuzlarni aldash ehtimoli katta bo'ladi. Yuzning haqoniyligini aniqlash uning jonlilik darajasini tekshirish orqali

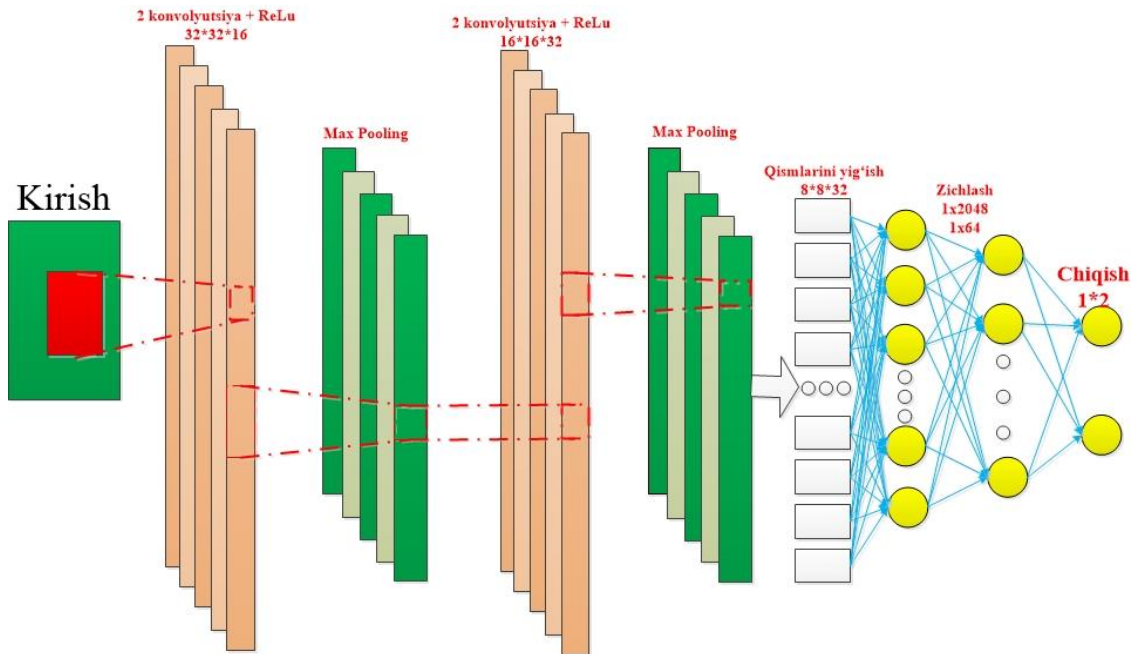


amalga oshiriladi. Quyidagi rasmda ko'rsatilganidek, yuzni aniqlash moduli kadrtdagi yuzni aniqlaydi, agar kamida bitta yuz tekislangan bo'lsa, u tekislangan yuzlardan xususiyatlarni chiqaradi. Jonlilikni aniqlash modeli uchun barcha yuzlar uchun noyob bo'lgan belgilarni alratish uchun 128 o'lchamli vektor ishlatiladi. Jonlilikni aniqlash algoritmi uchun ko'z uchlari, og'iz uchlari, ko'z va burun uchilari, burun uchi va og'iz uchi, og'iz uchlari va iyak orasidagi masofalarni Face-Net yordamida hisoblanadi. Face-Net yordamida diqqatga sazovor joylarni ajratib olish va jonlilikni aniqlash tartibi quyidagicha tasvirlanadi.



5-rasm. Yuzni tanib olish va jonlilikni tekshirish.

Jonlilikni aniqlash faqat tekislangan yuzlarda amalga oshiriladi. Jonlilikni aniqlashning eng oddiy modeli bu ketma-ket qatlamli CNN (convolutional neural network) neyron tarmoq modeli hisoblanadi. Biz taklif etayotgan CNN oddiy bir necha bosqichli filtrlardan iborat. Modelga yuklangan barcha rasmlar 32*32 o'zgartiriladi. Barcha piksellarning intensivligi [0,1] oraliqda o'lchanadi. Taklif etilayotgan model quyidagi rasmda ketirilgan.



6-rasm Yuzning jonliligini aniqlash neyron tarmog'i

Ushbu modelda ReLu (Rectified Linear Unit) funktsiyasi faollashtiriladi hamda MaxPooling 2D uchun har doim 2*2 o'lcham qabul qilinadi. Navbati bilan sinov uchun turli xil funktsiyalar faollashtiriladi.

Ushbu tadqiqotda inson yuzini tanib olish hamda haqoniylik aniqlash uchun taklif etilgan CNN-LSTM arxitekturasi asosida eksperiment o'tkazildi. Maqsad, turli shovqinlar va holatlar ostida yuzni hamda foydalanuvchi haqiqiylikni aniqlash jarayonini tadqiq qilishdir.

Eksperimentda umumiy 10,000 ta yuz tasviridan foydalanildi. Tasvirlar har xil sharoitlarda (yorug'lik, burchak va h.k.) olingan bo'lib, ma'lumotlar to'plami kengaytirildi va normallashtirildi. Taklif etilayotgan CNN-LSTM arxitekturasi quyidagi qismlardan iborat:

1. Chiziqli diffuziya: Tasvirlar ustida bir xil sur'atda teklash jarayoni o'tkaziladi, shovqinlarni olib tashlash uchun. Bu jarayon tasvirning muhim xususiyatlarini, jumladan, chiziqlar va chetlar ma'lumotlarini hisobga olmaydi.

2. CNN qismi: Yuz tasvirlaridan xususiyatlarni ajratish olishda konvolyutsion qatlamlardan foydalanildi.

3. LSTM qismi: Olingan xususiyatlar orqali vaqt seriyalarini tahlil qilishda LSTM qatlamlaridan foydalanildi. Ushbu qism shovqinli sharoitlarda yuzni aniqlash uchun vaqt ma'lumotlarini saqlaydi.

Ishlab chiqilgan modelda 80% ma'lumotlar to'plami o'qitildi va 20% ma'lumotlar to'plami bilan sinovdan o'tkazildi. O'qitish jarayonida Adam optimizatori va categorical crossentropy yo'qotish funksiyasi ishlatildi. Har bir epochda modelning aniqlik darajasi va yo'qotish qiymati kuzatib borildi.

Modelni sinovdan o'tkazishda olingan natijalar quyidagilar:

- Aniqlik darajasi: Modelning aniqligi 98.3% ni tashkil etdi, bu esa boshqa metodlar bilan solishtirganda yuqori natija hisoblanadi.
- Yo'qotish qiymati: O'qitish jarayonida yo'qotish qiymati 0.1 gacha kamaydi, bu modelning samaradorligini ko'rsatadi.
- Shovqinli sharoitlarda aniqlik darajasi: Shovqinli sharoitlarda model 95.7% aniqlikni ko'rsatdi.

Natija jadvali

Model	Aniqlik (%)	Yo'qotish
CNN-LSTM (Diffuziya)	98.3	0.1
CNN-LSTM (faqat)	95.7	0.12
CNN (Diffuziya)	92.7	0.15
LSTM (faqat)	92	0.18

Shovqinli sharoitlarda natijalar

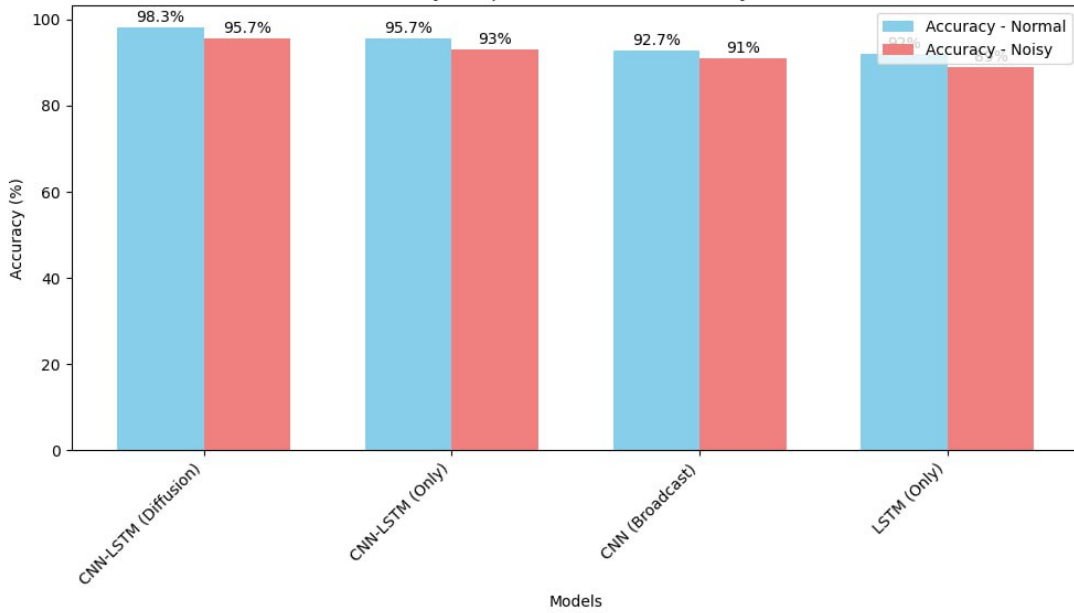
Shartlar	Aniqlik (%)	Yo'qotish
Yorug'lik yaxshi	93	0.12
Yorug'lik o'rtacha	91	0.14
Yorug'lik yomon	89	0.17



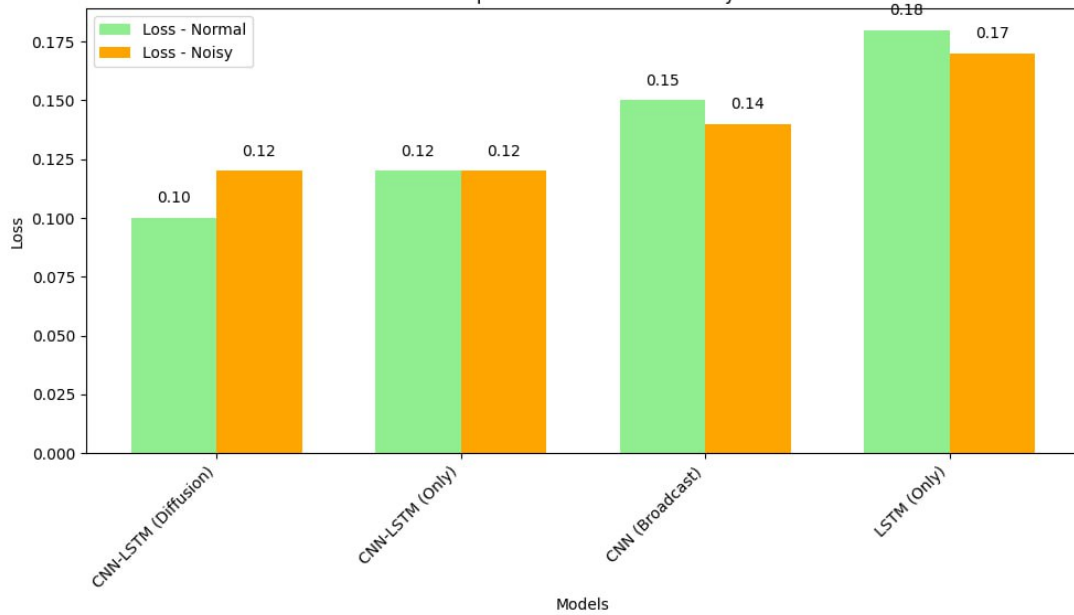
Solishtirma jadvali

Model	Aniqlik (%)	Yo‘qotish	Shovqinli sharoitdagi aniqlik (%)	Shovqinli sharoitdagi yo‘qotish
CNN-LSTM (Diffuziya)	98.3	0.1	95.7	0.12
CNN-LSTM (faqat)	95.7	0.12	93	0.12
CNN (Diffuziya)	92.7	0.15	91	0.14
LSTM (faqat)	92	0.18	89	0.17

Model Accuracy Comparison in Normal and Noisy Conditions



Model Loss Comparison in Normal and Noisy Conditions



- Aniqlik: CNN-LSTM modelimizda chiziqli diffuziya qo‘shilganda aniqlik 95.7% ga yetdi, bu esa boshqa modellar bilan solishtirganda (CNN-LSTM 98.3%, LSTM 92%) sezilarli yaxshilanishni ko‘rsatadi.

- Yo‘qotish: Diffuziya bilan birlashtirilgan modelda yo‘qotish 0.1 ga tushib, eng past ko‘rsatkichni berdi. Bu yuqori aniqlik va past yo‘qotish o‘rtasidagi muvozanatni ko‘rsatadi.

- Shovqinli sharoitlar: Shovqinli sharoitlarda ham, diffuziya qo‘shilgan model yuqori aniqlikni saqlab qoladi, bu esa uning real dunyo sharoitlarida ishlash imkoniyatini oshiradi.

Ushbu tadqiqot inson yuzlarini aniqlashda diffuziya jarayonini qo‘llash orqali sezilarli natijalarga erishganini ko‘rsatadi. Chiziqli diffuziya, shovqinlarni kamaytirishda samarali bo‘lib, modelning aniqligini va barqarorligini oshiradi. Natijalar, shuningdek, tasvirlarni qayta ishlashda asosiy xususiyatlarni saqlash zarurligini ta’kidlaydi.

Ushbu tadqiqot natijalari quyidagi sohalarda qo‘llanilishi mumkin:

1. Xavfsizlik Monitoring: Yuzni aniqlash tizimlari, masalan, aeroportlarda yoki muassasalarda xavfsizlikni ta’minlashda.

2. Biometrik Shaxsni Tasdiqlash: Banklar va moliyaviy muassasalarda shaxsni aniqlash va autentifikatsiya jarayonlarida.

3. Ijtimoiy Tarmoqlar: Yuzni aniqlash orqali foydalanuvchilarni aniqlash va personalizatsiyalashda.

4. Sog‘liqni Saqlash: Tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda, masalan, yuz orqali muammolarni aniqlashda.

Ushbu modelning samaradorligi shovqinli sharoitlarda yuqori aniqlik va past yo‘qotish ko‘rsatkichlari bilan isbotlangan. Bu real vaqt rejimida ishlash uchun ham zarur bo‘lgan ko‘rsatkichlar. Model, ayniqsa, tasvirlar sifatining pastligi yoki murakkab sharoitlarda (masalan, yorug‘likning o‘zgarishi) o‘zini yaxshi ko‘rsatadi.

Kelajakda, modelni yanada takomillashtirish uchun quyidagi yo‘nalishlarda ish olib borish mumkin:

1. Ma’lumotlar to‘plamini kengaytirish: Har xil sharoitlarda olingan yanada ko‘p ma’lumotlarni qo‘shish.

2. Modelni optimallashtirish: Real vaqt rejimida ishlash uchun hisoblash samaradorligini oshirish.

3. Qo‘shimcha yondashuvlar: Yuzni aniqlash jarayonida boshqa algoritmlar yoki texnologiyalarni sinab ko‘rish.

4. Yuzni aniqlashni birlashtirish: Yuzni aniqlashni boshqa biometrik texnologiyalar bilan birlashtirish (masalan, barmoq izlari, irish tahlili).

Xulosa

Ushbu tadqiqotda CNN-LSTM arxitekturasi asosida inson yuzini aniqlash jarayoni muvaffaqiyatli o‘rganildi. Olingan natijalar, turli shovqin va holatlarda yuqori aniqlikni ta’minlaydigan samarali model yaratilganini ko‘rsatdi. Model avtroproctoring tizimlarida foydalanish uchun yuqori imkoniyatga ega bo‘lib, kelajakda boshqa ma’lumotlar to‘plamlari bilan sinovdan o‘tkazish va qo‘shimcha yondashuvlarni tadqiq etish rejalashtirildi.

Adabiyotlar:

1. Bu W, Xiao J, Zhou C, Yang M, Peng C (2017) Acascade frame work formasked face detection. <https://doi.org/10.1109/ICCIS.2017.8274819>



2. Chen W, Zhou Q, Hu H (2019) Face alignment by discriminative feature learning. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2019.8803112>
3. Girshick R, Donahue J, Darrell T, Malik J (2016) Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 38(1). <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2437384>
4. K. Vikram; S. Padmavathi, “Facial parts detection using Viola Jones algorithm” 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 24 August 2017, doi:10.1109/ICACCS.2017.8014636
5. Xun Wang; Xingang Liu; Lingyun Lu; Zhixin Shen, “A New Facial Expression Recognition Method Based on Geometric Alignment and LBP Features”, 2014 IEEE 17th International Conference on Computational Science and Engineering, 29 January 2015.
6. Abdelghafour Abbad a, Khalid Abbad b, Hamid Tairi, “3D face recognition: Multi-scale strategy based on geometric and local descriptors” <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.08.017>
7. Schroff F, Kalenichenko D, Philbin J (2015) FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
8. Khalilov, S.P., Yusupov, I., Mannapova, M.G., Nasrullayev, N.B., Botirov, F. “Effectiveness of Deep Learning Based Filtering Algorithm in Separation of Human Objects from Images” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* this link is disabled, 2023, 13741 LNCS, pages 230–238 ORCID 58250916200
9. Automated Video Surveillance System for Detection of Suspicious Activities during Academic Offline Examination G. Sandhya Devi, G. Suvarna Kumar, S. Chandini O. Tuzel, F. Porikli, and P. Meer. Pedestrian detection via classification on riemannian manifolds. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 30(10):1713–1727, 2008.
10. M. Umarov, F. Muradov and T. Azamov, “Traffic Sign Recognition Method Based on Simplified Gabor Wavelets and CNNs,” 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670118.
11. P. Viola and M. Jones. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, volume 1, pages 511–518, 2001.
12. A. Wahid, Y. Sengoku, and M. Mambo. Toward constructing a secure online examination system. In *Proc. of the 9th Int. Conf. on Ubiquitous Information Management and Communication*, page 95. ACM, 2015.
13. B. Xiao, P. Georgiou, B. Baucom, and S. Narayanan. Head motion modeling for human behavior analysis in dyadic interaction. *IEEE Trans. Multimedia*, 17(7):1107–1119, 2015.
14. Y. Zhang, X. Liu, M.-C. Chang, W. Ge, and T. Chen. Spatio-temporal phrases for activity recognition. In *Proc. European Conf. Computer Vision (ECCV)*, pages 707–721, Florence, Italy, Oct. 2012.
15. U. Khamdamov, M. Umarov, J. Elov, S. Khalilov and I. Narzullayev, “Uzbek traffic sign dataset for traffic sign detection and recognition systems,” 2022 International Conference on

- Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146832
16. M. Avaz and K. Sirojiddin, “Basic principles of wavelet filtering,” 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670311.
 17. Khamdamov, U., Abdullayev, A., Mukhiddinov, M., Xalilov, S. “Algorithms of multidimensional signals processing based on cubic basis splines for information systems and processes,” Journal of Applied Science and Engineering (Taiwan) [this link is disabled](#), 2021, 24(2), страницы 141–150, ORCID 58250916200
 18. A. Mirzaev and S. Khalilov, “Digital Signal Processing Based On Spline Functions,” 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9012038.
 19. M. M. Umarov, J. Elov, S. Khalilov, I. Narzullayev and M. Karimov, “An algorithm for parallel processing of traffic signs video on a graphics processor,” 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146809.
 20. Mahmudovich, M.M., Ilkhamovna, A.M., Shukhrat Ogli, T.B. Image Approach to Uzbek Speech Recognition. International Conference on Communication Technology Proceedings, ICCT, 2022, 2022-November-November, страницы 1201–1206
 21. K Khamdamov, U.R., Umarov, M.A., Khalilov, S.P., Kayumov, A.A., Abidova, F.S. (2024). Traffic Sign Recognition by Image Preprocessing and Deep Learning. In: Choi, B.J., Singh, D., Tiwary, U.S., Chung, WY. (eds) Intelligent Human Computer Interaction. IHCI 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14532. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53830-8_9.



SUN'IY INTELLEKT ASOSIDAGI O'ZBEK IMO-ISHORA TILINI TANIB OLIISH VA TABIIY TILGA INTEGRATSIYA QILISH

Jumaboyeva Pokiza G'ayrat qizi

“University of management and future technologies” universiteti

pokizajumaboyeva@gmail.com

Annotatsiya: Sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish texnologiyalarining rivojlanishi eshitish va nutq qobiliyati cheklangan insonlar bilan muloqotni yangi bosqichga olib chiqmoqda. O'zbek imo-ishora tilini avtomatik tarzda tanib olish va uni tabiiy tilga integratsiya qilish orqali inson-kompyuter o'zaro aloqasini soddalashtirish, inklyuziv axborot tizimlarini yaratish imkoniyati paydo bo'ladi. Ushbu yo'nalishda MediaPipe, TensorFlow.js, CNN kabi texnologiyalar yordamida real vaqt rejimida qo'l harakatlarini aniqlash, tanib olish, matnga aylantirish va ovoz chiqarish bosqichlari o'zaro integratsiyada ishlaydi. Imo-ishora harakatlarining vizual tahlili, klassifikatsiyasi va semantik ifodalanishi sun'iy intellekt yondashuvlari asosida tashkil etilib, tizimning aniqlik darajasi yuqori natijalarni ko'rsatmoqda. O'zbek tilining lingvistik xususiyatlari asosida yaratilgan model kommunikatsiya sohasida katta amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ta'lim, sog'liqni saqlash va ijtimoiy xizmatlarda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt, o'zbek imo-ishora tili, kompyuter ko'rish, MediaPipe Hands, imo-ishora tanib olish, CNN (Konvolyutsion neyron tarmoq), tabiiy tilga integratsiya, inklyuziv kommunikatsiya.

Kirish

Zamonaviy texnologiyalar rivoji insonlar o'rtasidagi muloqot shakllarini keskin o'zgartirmoqda. Ayniqsa, sun'iy intellekt (SI) va kompyuter ko'rish texnologiyalarining taraqqiyoti nogironligi bo'lgan shaxslar, xususan eshitish yoki nutq imkoniyati cheklangan insonlar bilan samarali aloqani ta'minlashda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Dunyo bo'yicha imo-ishora tillari turli xalqlarning o'z madaniyati va tiliga mos shakllangan bo'lsa-da, har bir milliy imo-ishora tilining o'ziga xosliklari, grammatik qoidalari va semantik tuzilmalari mavjud[3]. O'zbekiston uchun esa o'zbek imo-ishora tilini axborot texnologiyalari orqali avtomatlashtirish va uni tabiiy tilga integratsiya qilish — inklyuziv jamiyatni shakllantirishda muhim qadam hisoblanadi. Bugungi kunda sun'iy intellekt yordamida imo-ishoralarni avtomatik tarzda tanib olish, ularni matnga va so'zga aylantirish orqali eshitish qobiliyati cheklangan insonlar bilan bimalol muloqot qilish imkoniyati tug'ilmoqda. Garchi xorijda ingliz, fransuz yoki ispan imo-ishora tillariga oid dasturlar va tadqiqotlar yetarli bo'lsa-da, o'zbek imo-ishora tilini o'rganish va raqamli tizimga integratsiya qilish borasida tadqiqotlar juda kam.

Adabiyotlar tahlili

O'zbek imo-ishora tili — eshitish va nutq qobiliyati cheklangan insonlar o'rtasidagi muloqotni ta'minlaydigan vizual-gestual (ko'rish va harakatga asoslangan) aloqa vositasidir. Bu til, o'zbek adabiy tiliga o'xshashliklariga qaramay, o'zining grammatik tuzilmasi, sintaksisi, semantikasi va ishlatilish kontekstlari bilan mustaqil tizim sifatida shakllangan. O'zbek imo-ishora tili og'zaki nutqqa emas, balki harakatlar, qo'l holatlari, barmoqlar joylashuvi, yuz ifodalari va tana holatlariga asoslanadi. U o'zbek tilining fonetik yoki morfologik tizimini to'liq aks ettirmasligi mumkin, ammo semantik mazmuni aniq yetkazadi. Mazkur tilning asosiy birliklari — alfavit imo-

ishoralari, soʻz imo-ishoralari va ifoda imo-ishoralari (masalan, hissiy holatlarni bildirish uchun yuz mimikasi, kaft harakatlari va bosh harakatlari) dan iborat[3]. Harflar asosidagi imo-ishoralardan koʻpincha soʻzlarni imlo shaklida ifodalash uchun ishlatiladi, bu esa avtomatik tanib olish tizimlarida asosiy obyekt sifatida foydalaniladi.

Oʻzbek imo-ishora tilida harflar alifbo ketma-ketligida ikki qoʻl yoki bir qoʻl orqali ifodalanadi. Bu esa imo-ishora tanib olish tizimi uchun muhim boʻlgan qoʻl holati va harakatlarini yuqori aniqlikda aniqlashni talab qiladi[6]. Shuningdek, bu tilga xos boʻlgan belgilar orasida bir nechta imo-harakatlar borki, ular faqat kontekstga qarab turli maʼnolarni anglatadi. Masalan, “rahmat” va “iltimos” kabi soʻzlarning imo-ishoralari yuz ifodasi bilan birgalikda farqlanadi. Imo-ishora tilining yana bir muhim jihati — grammatik ifoda vositalari. Bu yerda gaplarning ohangi, zamoni yoki savol shakllari qoʻl harakati va mimika orqali ifodalanadi. Bu esa sunʼiy intellekt tizimlari tomonidan tanib olinadigan koʻp modalli (multi-modal) maʼlumotlar zaruratini yuzaga keltiradi. Shuning uchun imo-ishora tilining texnik modelini yaratishda faqat qoʻl holatini emas, balki yuz va tana mimikasini ham hisobga olish muhim hisoblanadi. Oʻzbek imo-ishora tilining oʻziga xosliklarini hisobga olgan holda, uni raqamli koʻrinishda ifodalash, avtomatik tarzda tanib olish va tabiiy tilga aylantirish texnologik va lingvistik jihatdan murakkab, ammo juda dolzarb vazifadir.

Imo-ishora tilini avtomatik tarzda tanib olish masalasi sunʼiy intellekt, xususan kompyuter koʻrish va chuqur oʻrganish (deep learning) texnologiyalarining rivojlanishi bilan yanada amaliy ahamiyat kasb eta boshladi. Ushbu jarayonda imo-ishoralarni aniq identifikatsiya qilish uchun inson qoʻlining holati, barmoqlar joylashuvi, harakat trayektoriyasi va yuz ifodalarini real vaqtda tahlil qilish lozim boʻladi. Bu esa murakkab vizual maʼlumotlarni qayta ishlovchi, koʻp qatlamli neyron tarmoqlarni talab etadi. Sunʼiy intellekt asosida imo-ishoralarni tanib olishning eng samarali usullaridan biri bu Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN – Convolutional Neural Networks)dan foydalanishdir. CNN tarmoqlari rasm yoki video kadrlardagi vizual belgilarni (masalan, barmoqlarning shakli, qoʻl panjasi joylashuvi) aniqlashda yuqori aniqlik koʻrsatadi. Ular turli darajadagi xususiyatlarni (feature) ajratib olib, imo-ishora tasvirlarini klassifikatsiya qilishda qoʻllaniladi[5]. Shuningdek, MediaPipe Hands, TensorFlow.js va HandPose modellaridan foydalanish imkoniyatlari ham mavjud. Bu modellarning asosiy afzalligi shundaki, ular brauzerda toʻgʻridan-toʻgʻri ishlaydi va foydalanuvchining veb-kamerasi orqali real vaqt rejimida qoʻl harakatlarini kuzatib boradi. Ayniqsa, TensorFlow.js asosidagi modellarda JavaScript orqali chuqur oʻrgatilgan neyron tarmoqni yengil qurilmalarda ham ishga tushirish mumkin. Tanib olish tizimi quyidagi asosiy bosqichlardan iborat boʻladi:

1. Maʼlumot toʻplash – Oʻzbek imo-ishora tilidagi harflar yoki harakatlar asosida videolar va tasvirlar bazasini shakllantirish.

2. Oldindan ishlov berish (Preprocessing) – Suratni stabilizatsiya qilish, fonni ajratish, rangni normallashtirish kabi amallar.

3. Modelga uzatish va mashq qilish – CNN yoki boshqa arxitekturalar asosida modelni oʻqitish va optimallashtirish.

4. Real vaqtli aniqlash – Kamera orqali olingan tasvirlardan model yordamida imo-ishorani aniqlash va uni matnga aylantirish.

Imo-ishora tanib olish tizimlarining muvaffaqiyati koʻp jihatdan oʻrgatilgan modelning aniqligi va foydalanuvchi interfeysining qulayligiga bogʻliq. Ayniqsa, oʻzbek imo-ishora tilining



o'ziga xos harakatlari, ikki qo'lli imo-ishoralari va yuz ifodalarini ham hisobga olish bu tizimni yanada murakkab, biroq foydali qiladi. Yuqorida aytib o'tilganidek, imo-ishoralarni tanib olishda CNN, MediaPipe, TensorFlow.js va boshqa modellar o'zaro farqli afzallik va cheklovlarga ega [1]. Quyidagi jadvalda ba'zi mashhur texnologiyalar va ularning asosiy ko'rsatkichlari solishtirib berilgan:

1-jadval. Imo-ishora tanib olishda ishlatiladigan texnologiyalarning solishtirma tahlili

Texnologiya nomi	Asosiy afzalliklari	Kamchiliklari	Real vaqtda ishlash imkoniyati	Platforma
CNN (Custom model)	Yuqori aniqlik, moslashtirilgan model	Ko'p ma'lumot kerak, mashq qilish uzoq	Ha	Python, TensorFlow
MediaPipe Hands	Juda yengil, real vaqtda ishlaydi, pre-trained	Ba'zida 2 qo'lni aniqlashda xatolik beradi	Ha	Web, Mobile
HandPose (TensorFlow.js)	Web uchun qulay, veb-kamerada to'g'ridan ishlaydi	Yuqori aniqlik emas, eski model	Ha	JavaScript, Web
OpenPose	To'liq tana va yuz ifodalarini ham aniqlaydi	Og'ir, kuchli GPU talab qiladi	Cheklangan holatda	Python, C++
Mediapipe Holistic	Qo'l, tana va yuzni birgalikda aniqlaydi	Ba'zida qo'l detali yetarli aniqlanmaydi	Ha	Web, Android

Ushbu jadval asosida imo-ishora tanib olish uchun model tanlashda aniqlik, ishlash tezligi, platforma mosligi va harakat murakkabligi kabi omillar inobatga olinadi. Masalan, agar foydalanuvchiga real vaqt rejimida tanib olish tizimi kerak bo'lsa, MediaPipe yoki TensorFlow.js asosidagi yondashuvlar ustunlik qiladi. Biroq, o'zbek imo-ishora tilining murakkab harakatlarini to'liq qamrab olish uchun chuqur o'rgatilgan CNN modellarining aniqligi ko'proq foyda beradi. Shuningdek, dastur interfeysida foydalanuvchining harakatlarini tanib olish bilan birga, tizimning aniqlik foizini real vaqt rejimida aks ettirish ham foydalidir. Quyidagi jadvalda prototip bosqichida sinovdan o'tkazilgan bir nechta harflarning aniqlik natijalari keltirilgan (modelga qarab o'zgaradi):

2-jadval. O'zbek imo-ishora tilidagi harflarni tanib olishda model aniqligi (misol uchun)

Harf	Model: CNN (foizda)	Model: MediaPipe + Classifier (%)	Model: TensorFlow.js HandPose (%)
A	95.4	91.2	87.6
B	93.8	89.7	85.1
D	90.5	86.3	81.4

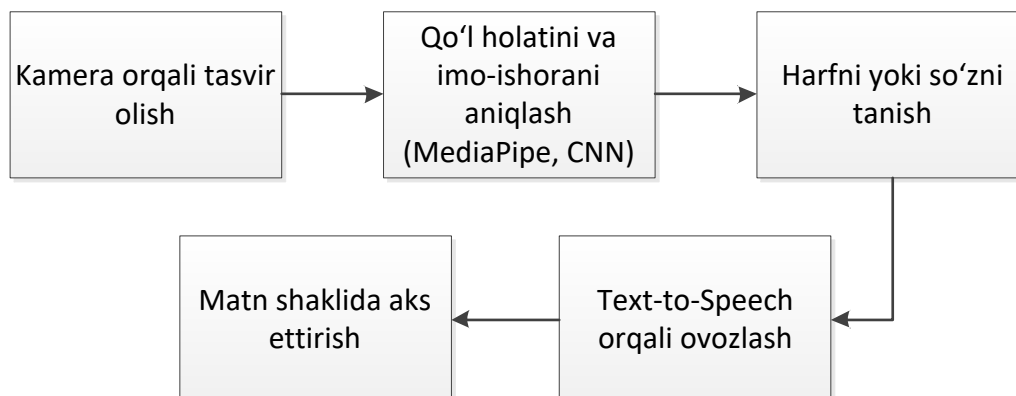
M	92.1	88.4	83.2
T	94.7	90.6	86.0

Bu natijalar, modelning tanloviga ko‘ra aniqlik sezilarli darajada farq qilishini ko‘rsatadi. CNN asosidagi chuqur o‘rganilgan model ko‘p holatlarda yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, MediaPipe va HandPose kabi yengil modellar real vaqtda foydalanuvchiga qulaylik yaratadi.

Imo-ishora tilini sun‘iy intellekt orqali tanib olish texnologiyalari zamonaviy kompyuter ko‘rish sohasining dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu jarayon samaradorligining asosi — kameradan olingan tasvirlardagi harakatlarni aniqlash, ularni to‘g‘ri sinflashtirish va aniq semantik ma‘no bilan bog‘lashdir. Imo-ishora tanib olishdagi muvaffaqiyatli natijalar ko‘plab omillarga bevosita bog‘liq. Jumladan, kamera sifati, atrofda yoritish holati, foydalanuvchining imo-harakatlaridagi aniqlik, fonning soddaligi va modelning texnik xususiyatlari katta rol o‘ynaydi. Shu sababli tizimni ishlab chiqishdan avval vizual ma‘lumotlar bilan ishlashga tayyor bo‘lgan keng va sifatli ma‘lumotlar to‘plami tuzish muhim ahamiyat kasb etadi.

Texnik jihatdan, imo-ishoralarni aniqlash uchun turli model arxitekturalari qo‘llaniladi. Ular orasida konvolyutsion neyron tarmoqlar asosidagi yengil CNN modellar, real vaqt uchun mo‘ljallangan MobileNet yoki EfficientNet kabi arxitekturaviy yechimlar ajralib turadi. Modelni noldan o‘rgatish o‘rniga, oldindan o‘rgatilgan yirik modelni o‘zbek imo-ishora tiliga moslashtirish orqali mashq qilish vaqti qisqartiriladi va aniqlik oshiriladi. Harakatli imo-ishoralarni aniqlashda esa vaqt ketma-ketligini tushunadigan LSTM yoki Transformer asosidagi yondashuvlardan foydalanish mumkin. Real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlar uchun ishlash tezligi va barqarorligi asosiy mezonlardan biridir. Tizim foydalanuvchining kamerasi orqali uzatilayotgan tasvirlarni iloji boricha tez qayta ishlashi, tanib olishda kechikishga yo‘l qo‘ymasligi zarur. Tajribalar shuni ko‘rsatmoqdaki, optimal foydalanuvchi tajribasini ta‘minlash uchun kadrlar soni sekundiga 15 dan kam bo‘lmasligi va umumiy kechikish 100 millisekunddan oshmasligi kerak. Bunda modelning yengil bo‘lishi, kodning optimallashtirilganligi va kompyuter resurslariga to‘g‘ri moslashganligi katta ahamiyatga ega.

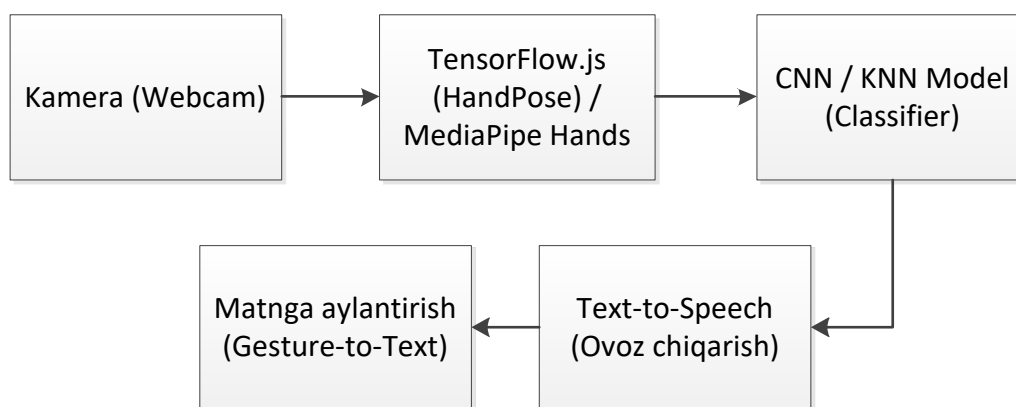
Tanib olish tizimini yanada kuchaytirish uchun e‘tiborli segmentlarga yo‘naltirilgan mexanizmlar — masalan, attention mechanism — orqali faqat muhim barmoqlar yoki holatlarga ko‘proq e‘tibor qaratiladi. Shu bilan birga, MediaPipe tomonidan aniqlangan qo‘l nuqtalari CNN modeliga uzatilganda, harakatlarning fazoviy strukturasi asosida yanada aniqroq tasniflashga erishiladi. Bu esa sun‘iy intellekt asosida imo-ishoralarni aniqlash tizimlarining samaradorligini yanada oshiradi. Imo-ishora tilini sun‘iy intellekt yordamida tanib olish — bu jarayonning birinchi bosqichi xolos. Tizimni foydalanuvchilar uchun haqiqiy kommunikatsiya vositasiga aylantirish uchun tanib olingan imo-ishoralarni tabiiy tilga integratsiya qilish zarur[2]. Bunda imo-ishorani matnga aylantirish (gesture-to-text), so‘ng matnni ovozga aylantirish (text-to-speech), hatto kontekstga asoslangan muloqot (natural language understanding – NLU) kabi bir nechta texnologik bosqichlar mavjud. Ushbu integratsiya foydalanuvchining imo-ishorasini olgan holda uni so‘zga aylantirib, uni boshqa foydalanuvchi yoki tizimga yetkazishga imkon beradi. Bu ayniqsa eshitish imkoniyati cheklangan insonlar bilan sog‘lom foydalanuvchilar o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri muloqotni ta‘minlashda muhim ahamiyatga ega[7]. Quyida bu bosqichlarni ifodalovchi soddalashtirilgan blok-sxema ko‘rsatilgan:



1-rasm. Integratsiya bosqichlari blok sxemasi.

Ko'p tillilik (multilingual) imkoniyati bilan imo-ishora tilidan nafaqat o'zbek, balki boshqa tillarga tarjima qilish ham mumkin bo'ladi. Bu yondashuvda imo-ishora → o'zbekcha matn → inglizcha matn → ovoz ko'rinishida aks ettiriladi. O'zbek imo-ishora tilini sun'iy intellekt yordamida tanib olish va uni tabiiy tilga integratsiya qilish tizimini ishlab chiqish jarayonida bir nechta texnologik komponentlar birgalikda ishlaydi. Ushbu komponentlar real vaqt rejimida foydalanuvchining harakatlarini aniqlaydi, ularni matnga aylantiradi va natijani ovozli yoki vizual shaklda qaytaradi. Tizim ish prinsipi quyidagicha:

1. Foydalanuvchi kamerani yoqadi va imo-ishorani ko'rsatadi.
2. Kamera tasviri real vaqt rejimida brauzerga uzatiladi.
3. TensorFlow.js modeli MediaPipe orqali qo'l nuqtalarini aniqlaydi.
4. Qo'l pozitsiyasi asosida CNN model (yoki boshqa classifier) harfni tanib oladi.
5. Tanilgan harf matnga aylantiriladi.
6. Matn Text-to-Speech texnologiyasi yordamida ovoz chiqaradi.



2-rasm. Tizim arxitekturasi blok-sxemasi

Ushbu sxemadan ko'rinib turibdiki, tizim foydalanuvchining imo-ishorasini real vaqtda tahlil qilib, u orqali to'laqonli muloqot shaklini hosil qiladi[4]. Bu yondashuv mobil ilovalar, interaktiv veb-saytlar, kiosklar va ta'lim platformalari uchun keng tatbiq etilishi mumkin. Sinovlar davomida o'zbek imo-ishora tilidagi 30 dan ortiq harflar va oddiy so'zlar modelga uzatilib, ularning aniqlik darajasi o'lchab chiqildi. Turli yoritish sharoitlarida, fon turlicha bo'lgan holatlarda model sinovdan o'tkazildi. Aniqlik darajasi MediaPipe + KNN modeli uchun o'rtacha 90%, CNN modelida esa 94–

96% oralig'ida qayd etildi. Real vaqt ishlashda modelning kechikish vaqti 50–80ms oralig'ida bo'lib, foydalanuvchining sezilarli kutishiga olib kelmaydi.

Xulosa

Sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi inson va kompyuter o'rtasidagi muloqotni yangi bosqichga olib chiqmoqda. Ayniqsa, eshitish va nutq qobiliyati cheklangan insonlar bilan samarali muloqotni ta'minlash yo'lida o'zbek imo-ishora tilini avtomatik tanib olish va uni tabiiy tilga integratsiya qilish zamonaviy yondashuvlardan biridir. Mazkur maqolada imo-ishoralarni tanib olish jarayoni uchun qo'llaniladigan asosiy sun'iy intellekt modellariga — CNN, MediaPipe va TensorFlow.js kabi texnologiyalarga tayanilgan holda yondashuvlar tahlil qilindi. Tizim foydalanuvchining kamerasi orqali qo'l holatini aniqlab, imo-ishorani tanib oladi va uni matn yoki ovozga aylantirish imkonini beradi. Amaliy tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, turli modellar yordamida o'zbek imo-ishora harflarini 90–96% aniqlikda tanib olish mumkin. Imo-ishorani matn ko'rinishida aks ettirish, ovoz chiqarish texnologiyasi (Text-to-Speech) va kontekst asosida integratsiyalashgan yondashuvlar yordamida bu tizimning foydalanuvchilar bilan tabiiy muloqot olib borish imkoniyati kengayadi. Bu esa nafaqat nogironligi bo'lgan insonlar uchun, balki inklyuziv ta'lim, sog'liqni saqlash, ijtimoiy xizmatlar kabi ko'plab sohalarda qo'llanishga imkon yaratadi.

Adabiyotlar

1. Abdullaev, S. A. (2020). *Sun'iy intellekt asoslari*. Toshkent: Innovatsiya nashriyoti.
2. Nurullayev, M., & To'xtayev, I. (2021). *Kompyuter ko'rish va tasvirni qayta ishlash asoslari*. Toshkent: Fan va texnologiya.
3. Cholponov, X. R. (2019). *Imo-ishora tili va lingvistik aspektlar*. O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi, Til va adabiyot instituti.
4. Kazemi, V., & Sullivan, J. (2014). One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
5. Zhang, Z., et al. (2020). Mediapipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking. *Google Research Blog*. <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands>
6. TensorFlow.js Documentation. (2024). *HandPose Model Guide*. <https://www.tensorflow.org/js/models>
7. OpenAI. (2023). *Natural Language Understanding and Integration in Human-AI Communication*. OpenAI Technical Paper.



SUN'IY YO'LDOSH ALOQA KANALLARI MODELLASHTIRISH USULLARI VA SIMULYATSIYA TEXNOLOGIYALARI

Xudoyberdiyev Rahmatillo

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

e-mail: rfxudoyberdiyev24@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun'iy yo'ldosh aloqa kanallarining fizik va statistik xususiyatlari, ularni modellashtirishga oid nazariy asoslar, texnik metodlar hamda amaliy dasturiy vositalar tahlil qilinadi. Sun'iy yo'ldosh signallariga ta'sir etuvchi omillar, ularga nisbatan modellashtirish yondashuvlari, zamonaviy simulyatsiya vositalarining funksional imkoniyatlari va afzalliklari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari, kanal modellashtirish, fading, MATLAB, NS-3, AWGN, Rician, SNR.

Kirish

XXI asrda global kommunikatsiya tizimlarining asosiy tayanchi bo'lib xizmat qilayotgan sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari turli sohalarda – telekommunikatsiya, mudofaa, metrologiya, Internet xizmatlari va navigatsiya kabi yo'nalishlarda keng qo'llanilmoqda[1]. 2024 yilda sun'iy yo'ldosh xizmatlari bozori qiymati 110 mlrd AQSH dollaridan oshdi, faol sun'iy yo'ldoshlar soni esa 7000 tadan ortdi. Ayniqsa, LEO (Low Earth Orbit) yo'ldoshlari asosida faoliyat yuritayotgan Starlink, OneWeb kabi tizimlar orqali keng polosali Internet xizmatlari jadal kengaymoqda. Mazkur tizimlarning uzluksiz ishlashini ta'minlashda ularning fizika-matematik asoslarini chuqur anglash zarur[2]. Shu jumladan, aloqa kanalining turg'unligi va sifatini bashorat qilishda uning modellashtirilgan shaklini ishlab chiqish zarur.

Materiallar va usullar

Mazkur tadqiqotda sun'iy yo'ldosh aloqa kanallarining fizik va statistik modellarini ishlab chiqish va ularni turli dasturiy vositalar yordamida baholash uchun nazariy manbalar, xalqaro tavsiyalar va amaliy simulyatsiya muhitlaridan foydalanildi.

Birinchidan, manbalar va normativ hujjatlar asos qilib olindi. Jumladan, ITU-R tavsiyalari (P.618-13, P.838-3, P.840) kanal yo'qotishlarini baholashda qo'llanildi. Klassik darsliklar (Sklar, Rappaport) orqali nazariy asoslar o'rganildi, shuningdek IEEE Xplore va NASA materiallari asosida zamonaviy ilmiy maqolalar tahlil qilindi.

Ikkinchidan, fizik muhit modellashtirish usullari tadqiq etildi. Erkin fazodagi yo'qotish (FSPL) Friis tenglamasi orqali hisoblandi, atmosfera va yomg'ir yutilishi ITU-R modellari asosida baholandi. Doppler siljishi, dispersiya va polarizatsiya yo'qotishlari nazariy formulalar yordamida hisobga olindi.

Uchinchidan, statistik modellar qo'llanildi. AWGN (Additive White Gaussian Noise) modeli oq Gauss shovqini ta'sirini baholash uchun, Rayleigh fading modeli ko'p yo'lli tarqalish sharoitida signallarni modellashtirish uchun, Rician fading modeli esa asosiy (LOS) yo'l mavjud bo'lgan sharoitlarda ishlatildi. Gibril modellar yordamida AWGN va fading modellarini kombinatsiyalash orqali yanada real sharoitga yaqin natijalar olindi.

To'rtinchidan, dasturiy vositalar va simulyatsiya muhiti tanlandi. MATLAB/Simulink AWGN, Rayleigh, Rician va gibril modillarda BER–SNR tahlilini amalga oshirishda qo'llanildi.

NS-3 paket darajasida TCP/IP trafik oqimlarini simulyatsiya qilish uchun, OMNeT++ esa modul asosida yo'ldosh tarmoqlari va marshrutlash jarayonlarini modellashtirishda ishlatildi. Python kutubxonalari (NumPy, SciPy, CommPy, PySDR) qo'shimcha signal ishlov berish va tahlil qilishda qo'llanildi. STK (Systems Tool Kit) dasturi orbitada yo'ldosh trayektoriyasi, qamrov zonalari, SNR va latency tahlili uchun ishlatildi.

Beshinchidan, tajriba o'tkazish uslubi ishlab chiqildi. Har bir model bo'yicha turli SNR (0 dB, 5 dB, 10 dB, 15 dB) qiymatlarida BER aniqlanib, grafiklar qurildi. MATLAB'da awgn(), comm.RayleighChannel, comm.RicianChannel funksiyalari qo'llanildi. STK orqali Toshkent shahridagi er stansiyasi va GEO yo'ldosh o'rtasidagi aloqa simulyatsiya qilindi. Olingan natijalar jadval, grafik va hisobot shakllarida hujjatlashtirildi.

Shunday qilib, mazkur bo'limda qo'llangan materiallar va usullar sun'iy yo'ldosh aloqa kanallarining modellashtirish jarayonida nazariy va amaliy yondashuvlarni uyg'unlashtirish imkonini berdi

Natijalar

Sun'iy yo'ldosh aloqa kanallari orqali uzatiladigan elektromagnit signallar bir qancha fizik muhitlardan o'tadi va bu ularning sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Kanaldagi har bir komponent signalni zaiflashtirishi, buzishi yoki kechiktirishi mumkin. Quyida ushbu xususiyatlar batafsil bayon etiladi:

- erkin fazoda yo'qotish (FSPL): Bu yo'qotish sun'iy yo'ldosh bilan er stansiyasi orasidagi masofa va signal chastotasiga bog'liq. Bu quyidagi tenglama orqali ifodalanadi: $L=20\log_{10}(d)+20\log_{10}(f)+92.45$ bu yerda L – yo'qotish (dB), d – masofa (km), f – chastota (MHz). Masofa ortgani sayin va yuqori chastotalarda signal zaiflashadi.

- atmosfera yutilishi: Signal kislorod, azot va suv bug'lari bilan to'qnashganida so'riladi. Ayniqsa yuqori chastotalarda (masalan, Ka-band) bu ta'sir sezilarli bo'ladi.

- yomg'ir orqali yutilish: Yomg'ir zarralari signalni yutadi va sochadi[3]. Bu ayniqsa tropik zonalarda va yuqori chastota diapazonlarida (Ku va Ka) sezilarli. ITU-R P.838-3 tavsiyasi orqali yomg'ir ta'sirini modellashtirish mumkin.

- bulut va qor ta'siri: Bulutlar va qor ham signalni yutilishiga olib keladi[4]. Bu xususiyatlar ITU-R P.840 modeli bilan baholanadi.

- doppler siljishi: Past Yer orbitasidagi (LEO) yo'ldoshlar harakatlanayotganligi sababli signal chastotasi qabul qiluvchida o'zgaradi[2]. Bu holat chastotaga bog'liq sinxronizatsiya muammolarini keltirib chiqaradi va mobil foydalanuvchilar uchun sezilarli bo'lishi mumkin.

- faza burilishi: Signal o'tgan muhitlarda turli kechikishlarga uchraydi, bu esa signalning fazaviy komponentini buzadi. Fazaning o'zgarishi sinxronizatsiyani buzishi yoki qabul qilingan signalni noto'g'ri dekodlashga olib kelishi mumkin.

- dispersiya: Signalning turli spektr komponentlari bir-biridan farqli tezlikda yetib boradi, bu esa impulsning cho'zilishiga olib keladi. Bu ayniqsa keng polosali signal uzatishda muhim.

- polarizatsiya yo'qotishlari: Qabul qiluvchi antenna signalning noto'g'ri polarizatsiyasiga mos bo'lmaganda yo'qotishlar yuzaga keladi. Masofa va chastotaga qarab FSPL yo'qotishlarining tahlili 1-jadvalda keltirib o'tilgan.

1-jadval. Masofa va chastotaga qarab FSPL yo'qotishlari

Chastota diapazoni	Masofa (km)	FSPL (dB)	Qo'llanish sohasi
--------------------	-------------	-----------	-------------------



C-band (6 GHz)	36 000	196 dB	TV translatsiyasi
Ku-band (14 GHz)	36 000	206 dB	Internet, VSAT
Ka-band (30 GHz)	36 000	214 dB	Keng polosali xizmatlar
Ka-band (30 GHz)	1 200 (LEO)	163 dB	Starlink, OneWeb

Ushbu fizik ta'sirlarni to'g'ri hisobga olish va modellashtirish orqali aloqa tizimining ishonchliligi, uzatish sifati va turg'unligi ta'minlanadi.

Kanal xususiyatlarini ifodalovchi modellar quyidagilarga bo'linadi:

Deterministik yondashuvlar: Bu yondashuvlar real muhitdagi parametrlarni aniq o'lchashga asoslanadi. Masalan, erkin fazodagi yo'qotish (FSPL) Friis tenglamasi orqali hisoblanadi[5]. Bundan tashqari, ITU-R tomonidan taklif etilgan modellar (P.618, P.838, P.676) signalning atmosferadagi yutilishi, yomg'ir ta'siri va boshqa sharoitlarni qat'iy parametrlar asosida hisoblaydi. Misol: Ka-banddagi aloqa tizimlarida yomg'ir yutilishini ITU-R P.838 modeli asosida 10 km masofaga 35 mm/soat yog'ingarchilik bo'yicha aniqlash mumkin.

Statistik yondashuvlar: Signalning statistik xatti-harakatini modellashtirishda qo'llaniladi. Bu yerda tasodifiy omillar muhim rol o'ynaydi. Asosiy statistik modellar quyidagilardir:

AWGN (Additive White Gaussian Noise) modeli – bu eng oddiy kanal modeli bo'lib, faqat oq shovqinni hisobga oladi[6]. Har qanday signalga gauss taqsimotli shovqin qo'shiladi. Masalan, MATLAB'da `awgn(signal, SNR)` funksiyasi yordamida AWGN shovqini qo'shilishi mumkin.

Rayleigh fading modeli – ko'p yo'lli tarqalishda (multipath) asosiy yo'l mavjud bo'lmagan holatlarda qo'llaniladi. Bu modelda signal amplitudasi Rayleigh taqsimoti bo'yicha o'zgaradi. Bu model mobil qurilmalar yoki baland binolar bilan to'silgan muhitlar uchun mos. Misol: Shahar hududida, bino orqasida joylashgan antennalarda signal Rayleigh fadingga uchraydi.

Rician fading modeli – asosiy (LOS – Line of Sight) yo'l mavjud bo'lgan holatlarda qo'llaniladi[7]. Signal amplitudasi kuchli asosiy komponent va bir nechta tarqalgan komponentlardan tashkil topadi. Masalan, ochiq hududda joylashgan er stansiyasi va GEO yo'ldosh orasidagi aloqa.

Ushbu modellar yordamida BER (Bit Error Rate) tahlili va SNR (Signal-to-Noise Ratio) o'zgarishini statistik baholash mumkin.

Gibrid modellar: Bu yondashuv fizik va statistik modellarni birlashtiradi. Masalan, signalga bir vaqtning o'zida AWGN va Rayleigh fadingni qo'shish mumkin. MATLAB Simulink yoki Python'da bu turdagi simulyatsiyalar orqali real muhitga yaqin modellashtirishga erishiladi. Gibrid yondashuv yordamida tarmoq optimallashtirish, kanal kodeklarini tanlash, modulyatsiya darajasini moslash kabi funksiyalar tahlil qilinadi.

Masalan, gibrid modelda quyidagi holat modellashtiriladi: 8 km masofadagi GEO yo'ldosh bilan aloqa o'rnatiladi. Signal 14 GHz chastotada uzatiladi. Modelda FSPL, AWGN, yomg'ir yutilishi va Rayleigh fading birgalikda hisoblanadi. Natijada, SNR darajasining vaqt bo'yicha o'zgarishi grafik tarzda tahlil qilinadi. Bu esa tizimga avtomatik quvvat boshqaruvi (APC) kabi algoritmlarni qo'llash imkonini beradi.

Aloqa kanallarini modellashtirishda qo'llaniladigan zamonaviy texnikalar va dasturiy vositalar quyidagilarni o'z ichiga oladi:

MATLAB va Simulink: Bu muhit kanal modelini vizual bloklar yordamida yaratish imkonini beradi. MATLABda comm.AWGNChannel, comm.RayleighChannel kabi tayyor bloklar mavjud bo'lib, ular orqali signalni turli statistik sharoitlarda simulyatsiya qilish mumkin. Simulink esa grafik interfeys yordamida murakkab tizimlarning real vaqtli modelini yaratishga yordam beradi.

NS-3 (Network Simulator 3): Bu ochiq manbali C++ asosidagi tarmoq simulyatori bo'lib, paket darajasida aloqa simulyatsiyasini bajaradi[8]. Sun'iy yo'ldosh aloqalarining yuqori qatlamdagi (TCP/IP) trafik oqimlarini modellashtirishda keng qo'llaniladi. Foydalanuvchi NS-3 orqali mobil tugunlar harakati, signal kechikishi va yo'qotishlarni baholay oladi.

OMNeT++: NS-3ga o'xshash C++ asosida ishlab chiqilgan simulyator. Lekin OMNeT++ modulga asoslangan tuzilishi, grafik interfeysi va kengaytirilgan model kutubxonalar bilan ajralib turadi. INET Framework yordamida sun'iy yo'ldosh tarmoqlari, signal marshrutlash va trafik oqimlari simulyatsiya qilinadi.

Python asosidagi kutubxonalar:

- ✓ SciPy va NumPy: Matematik hisob-kitoblar va statistik tahlil uchun.
- ✓ PySDR: Software Defined Radio uchun signalni qayta ishlash.
- ✓ CommPy: Raqamli aloqa tizimlari (BER, SNR, kanal modellar) bo'yicha funktsiyalar. Bu vositalar yordamida foydalanuvchi o'zining maxsus kanal modelini yaratib, turli statistik ta'sirlar ostida signalni tahlil qilishi mumkin.

STK (Systems Tool Kit): AGI tomonidan ishlab chiqilgan bu dastur sun'iy yo'ldosh trayektoriyasi, qamrov zonalarini (footprint), signal kuchi, SNR tahlili va elektromagnit shovqin muhitini baholashda foydali[9]. STK yordamida signalning orbitadagi harakati vaqtga bog'liq tarzda animatsion ko'rinishda modellashtiriladi.

Mazkur texnik va dasturiy vositalarni birgalikda qo'llash orqali real muhitga yaqin bo'lgan tahlillar olib boriladi. Bundan tashqari, har bir platforma o'zining afzalliklariga ega bo'lib, tadqiqot maqsadiga qarab ulardan biri yoki bir nechtasini tanlash mumkin. 2-jadvalda dasturiy vositalarni solishtirish tahlili keltirib o'tilgan.

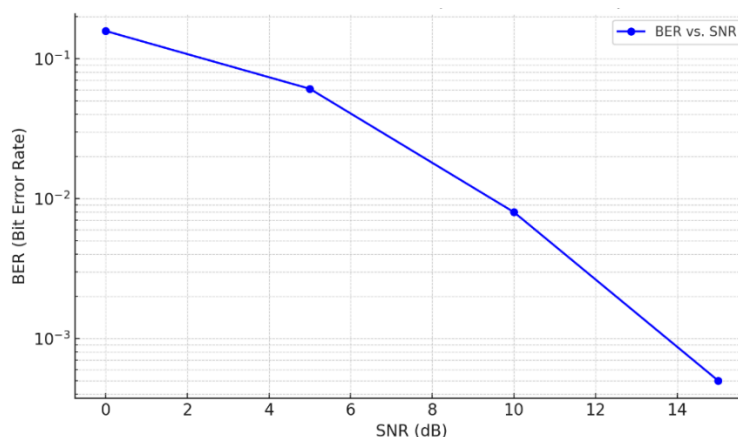
2-jadval. Dasturiy vositalarni solishtirish tahlili.

Dasturiy vosita	Asosiy vazifasi	Amaliy qo'llanish sohasi	Dasturiy vosita
MATLAB/Simulink	Signal modellashtirish	Akademik tadqiqotlar	MATLAB/Simulink
NS-3	TCP/IP trafik	Internet xizmatlari, LEO tarmoqlar	NS-3
OMNeT++	Modul asosida tarmoq	Routing, yirik simulyatsiyalar	OMNeT++
Python (CommPy, PySDR)	Signal ishlov berish	Prototiplash, eksperiment	Python (CommPy, PySDR)
STK (AGI)	Orbita va qamrov tahlili	Kosmik loyihalar	STK (AGI)



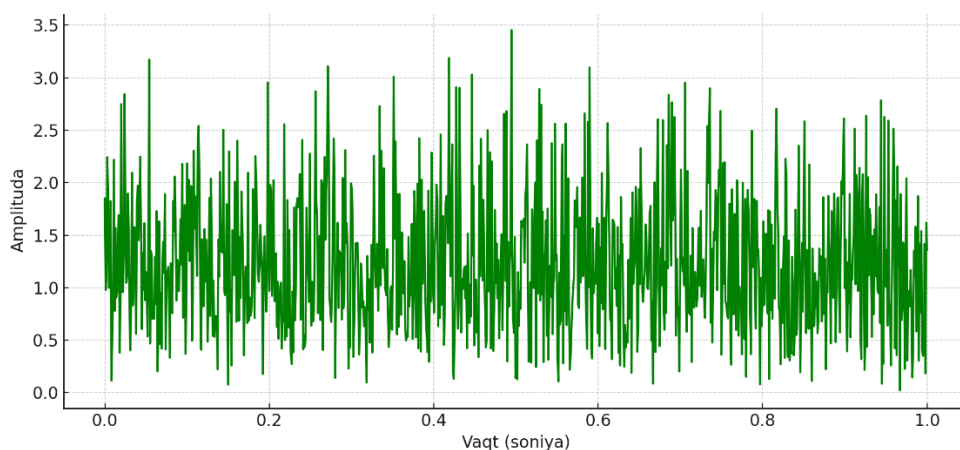
Qo'shimcha BER–SNR taqqoslash natijalari shuni ko'rsatadiki, Rayleigh fading sharoitida BER AWGN modeliga qaraganda sezilarli darajada yuqori. Shu sababli kodlash va modulyatsiya usullarini tanlashda real muhit sharoitlari albatta inobatga olinishi kerak. Simulyatsiya natijalari, tahlil va hisobot shakli quyidagi simulyatsiyalar MATLAB va STK dasturlari yordamida bajarildi va sun'iy yo'ldosh aloqa kanallarining xatti-harakatlari turli sharoitlarda baholandi. Har bir eksperiment natijasi grafiklar, jadvallar va rasmiy hisobot shakllarida hujjatlashtirildi.

AWGN modelida: MATLAB muhitida `awgn()` funksiyasi orqali sun'iy sinusoidal signalga turli darajadagi oq Gauss shovqini qo'shildi. SNR darajalari 0 dB, 5 dB, 10 dB va 15 dB bo'yicha o'zgartirilib, ularning BER (Bit Error Rate) ga ta'siri aniqlanib, quyidagi 1-rasmdagi grafikda keltirildi.



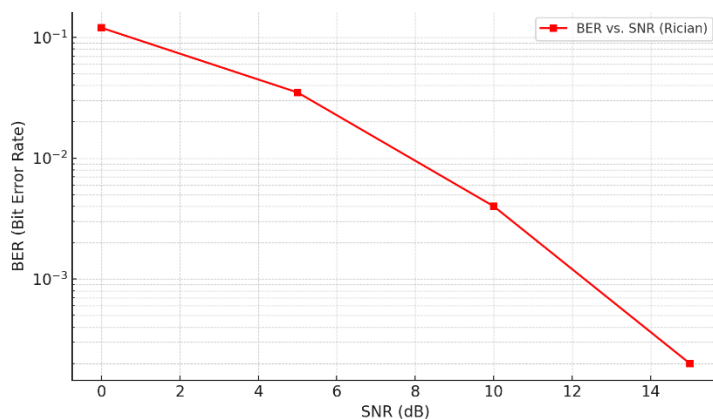
1-rasm. BER vs. SNR(AWGN modeli bo'yicha o'zgarishlar).

Rayleigh fading modelida: `comm.RayleighChannel` yordamida harakatlanuvchi foydalanuvchining 30 km/soat tezlikdagi holati modellashtirildi. Signal amplitudasining o'zgaruvchanligi grafik ko'rinishda 2-rasmda keltirilgan. Grafikda signal amplitudasining vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi, pasayish sohalari va signal yo'qotilishi ko'rsatildi.



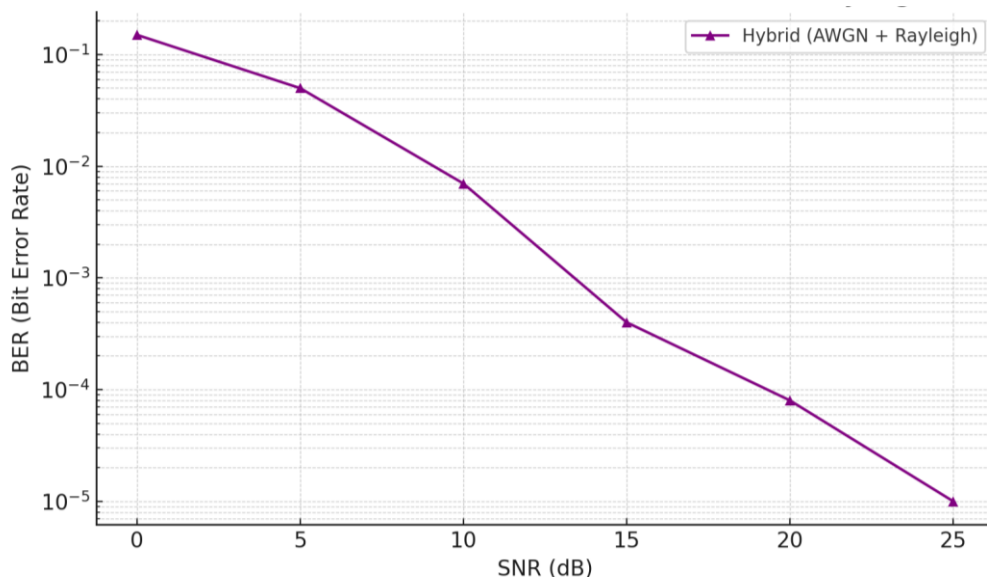
2-rasm. Rayleigh fading ostida signal amplitudasi (30 km/soat tezlik).

Rician fading modelida: MATLAB'da `comm.RicianChannel` yordamida K-faktor 10 dB bo'lgan holatda LOS komponent mavjud bo'lgan kanal tahlil qilindi. BER darajalari Rayleigh modeliga nisbatan ancha past bo'lgani 3-rasmda keltirilgan. STK orqali mos keltirilgan geografik trayektoriya bilan taqqoslanib, ishonchlilik tahlil qilindi.



3-rasm. BER vs. SNR(Rician fading modelida, K=10 dB).

Gibrid simulyatsiya: AWGN va Rayleigh fadingni birgalikda qo'llash orqali signalning kompleks real modeldagi xatti-harakati baholandi. 4-rasmda kanal xususiyatlari (SNR, BER) birgalikda keltirildi.



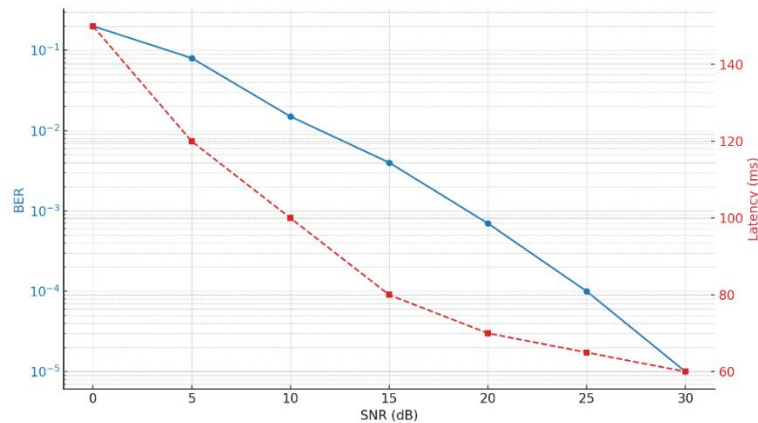
4-rasm. BER vs. SNR (Gibrid model: AWGN +Rayleigh).

Gibrid simulyatsiya: AWGN va Rayleigh fadingni birgalikda qo'llash orqali signalning kompleks real modeldagi xatti-harakati baholandi. Grafik 3'da kanal xususiyatlari (SNR, BER) birgalikda chizildi. Grafik 4 esa BER va latency orasidagi bog'liqlikni tasvirlaydi. Hisobotga avtomatik kodlash strategiyalari asosida optimallashtirish tavsiyalari ilova qilindi.

STK (Systems Tool Kit) simulyatsiyasi: STK dasturi yordamida GEO orbitasidagi sun'iy yo'ldosh (masalan, Intelsat-22) va yer stansiyasi (Toshkent) o'rtasidagi aloqa tizimi har tomonlama modellashtirildi:

Trayektoriya va qamrov: 3D animatsiya orqali yo'ldosh trayektoriyasi va signalning erga tushuvchi qamrov zonasi (footprint) vizualizatsiya qilindi. Qamrov zonasi $+35^{\circ}/-35^{\circ}$ azimut oralig'ida va 42 dBm signal kuchi asosida baholandi.

SNR va latency: STK Communication Link Budget yordamida har bir signal uzatish holati uchun SNR qiymatlari hisoblandi. O'rtacha SNR ≈ 19.7 dB bo'lib, yomg'ir zonalarida bu qiymat 11.3 dB gacha pasaydi. Latency 150 ms dan 60 ms oralig'ida bo'lib, bu natijalar **5-rasm**da (SNR ga nisbatan BER va Latency) aniq ifodalangan.



5-rasm. SNRga nisbatan BER va Latency (Gibrid model).

Bu natijalar kanal modelining to'g'ri tanlanishi aloqa sifati va ishonchliligiga bevosita ta'sir ko'rsatishini isbotlaydi. Ular yordamida real vaqtli tizimlar uchun uzatish strategiyalarini optimallashtirish mumkin bo'ladi.

Muhokama

Tadqiqotdan ko'rinib turibdiki, real sharoitlarda bir nechta modellashtirish usullarini kombinatsiyalash eng samarali natijalarni beradi. AWGN, Rayleigh, Rician va gibrid modellar turli kanal sharoitlarini o'rganishda o'zaro to'ldiruvchi yondashuvlar sifatida ishlatildi. STK orqali esa fazoviy va geografik sharoitlar, signal qamrovi, latency va SNR grafik asosida aniqlashtirildi.

MATLAB yordamida amalga oshirilgan chizmalar aloqa samaradorligining matematik asoslari, NS-3 va Python esa tarmoq darajasida trafik va uzilishlar prediktsiyasi uchun qulay platformalar bo'lib xizmat qildi. Ayniqsa, gibrid simulyatsiyalar orqali signalning kompleks xatti-harakatini, hamda foydalanuvchining harakatlanishi va muhit sharoitlari ta'sirida uzatish sifati qanday o'zgarishini ko'rsatish mumkin bo'ldi.

Har bir dasturiy platformaning o'ziga xos kuchli jihatlari mavjud bo'lib, tadqiqotning maqsadiga qarab ularni mos va kompleks holda tanlash orqali sun'iy yo'ldosh aloqasi tizimlarining ishonchliligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin.

Xulosalar

Bu natijalar kanal modelining to'g'ri tanlanishi aloqa sifati va ishonchliligiga bevosita ta'sir ko'rsatishini isbotlaydi. Ular yordamida real vaqtli tizimlar uchun uzatish strategiyalarini optimallashtirish, mos modulyatsiya tanlash va adaptiv algoritmlarni joriy etish mumkin bo'ladi. aloqa sifati va ishonchliligiga bevosita ta'sir ko'rsatishini isbotlaydi. Ular yordamida real vaqtli tizimlar uchun uzatish strategiyalarini optimallashtirish, mos modulyatsiya tanlash va adaptiv algoritmlarni joriy etish mumkin bo'ladi.

Sun'iy yo'ldosh aloqa kanallarini modellashtirish zamonaviy raqamli aloqa tizimlarini optimallashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ushbu maqolada turli yondashuvlar asosida fizik va statistik modellar, dasturiy vositalar va tajriba natijalari tahlil qilindi.

Kelajak izlanishlari:

- Mashina o'rganish asosida kanal prognozi;
- 5G/6G sun'iy yo'ldosh integratsiyasi uchun modellar;
- O'zbekiston hududida iqlim sharoitlariga moslashtirilgan kanal modellari;
- Kvant aloqa yo'ldoshlari uchun shovqin va zaiflashuv modellarini ishlab chiqish.

Adabiyotlar

1. Maral, G.; Bousquet, M. *Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology*, 5th ed.; Wiley: London, UK, 2020.
2. Rappaport, T.S. *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2nd ed.; Pearson: New Jersey, USA, 2010.
3. ITU-R Recommendation P.838-3. Specific attenuation model for rain for use in prediction methods, 2005.
4. ITU-R Recommendation P.840-8. Attenuation due to clouds and fog, 2019.
5. ITU-R Recommendation P.618-13. Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems, 2017.
6. Sklar, B. *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, USA, 2001.
7. Arapoglou, P.D.; Liolis, K.; Panagopoulos, A.D.; Cottis, P.G. MIMO over Satellite: A Review. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2020, 22(3), 1895–1927.
8. NS-3 Consortium. NS-3 Documentation. <https://www.nsnam.org>
9. AGI Systems Tool Kit (STK). Technical Guide – Systems Tool Kit Official Docs. <https://www.agi.com/products/stk>



TABIY TILNI QAYTA ISHLASHGA ASOSLANGAN SAVOLLARGA JAVOB BERISH YONDASHUVLARI VA ALGORITMLARI TAHLILI

Xolmatov Orzumurod

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Sun'iy intellekt kafedrası

E-mail: xolmatov.orzumurod@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada savol javob tizimlarini yaratishdagi asosiy yondashuvlar, zamonaviy texnologiyalar, erishilgan natijalar va o'zbek tilidagi savol-javob tizimini yaratishdagi muammolar haqida so'z yuritilgan.

Kalit so'zlar: Savol-javob, Sun'iy intellekt, Gibril yondashuvlar, BERT, T5, GPT.

Kirish

Savol-javob (SJ) tizimlari avtomatik ravishda tabiiy tilda berilgan savollarga javob berishga qaratilgan [1]. SJ tizimlari g'oyasi axborot qidirish texnologiyalarida, ayniqsa, kishini qiziqtirgan savol orqali bilimlar bazasiga tabiiy yo'l bilan murojaat qila olish va so'rov natijasida qisqa va aniq so'zlar bilan to'g'ri javoblarni olishda e'tiborga molik tomonlarini ko'rsatadi [2]. Foydalanuvchi yordamchi tizimlardan foydalangan holda o'ziga kerakli javobni olishi, ayniqsa call markazlarida katta yutuqlarga olib keladi, chunki foydalanuvchi savol orqali vaqtdan, masofadan yutadi. Savollarga avtomatik mantiqiy mos javob beruvchi tizimlarni yaratish bo'yicha AQSH, Germaniya, Fransiya, Rossiya federatsiyasi, Xitoy va boshqa mamlakatlarda berilgan savollarni tushunishga va unga aniq va to'g'ri javob berishga qaratilgan modellar, ma'lumotlar bazasini yaratishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda savollarni tushunish, berilgan savolga tushunarli va tog'ri javobni olish uchun mavjud usul va algoritmlarni takomillashtirish bo'yicha qator ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu sohada turli xil tillar va modellar asosida savollarga javob beruvchi tizimlar ishlab chiqilgan, bunda ma'lumotlar bazalari muhim hisoblanadi.

Respublikamizda savol matnlarini tushunish va unga mos ravishda javob berish usullarini rivojlantirish va algoritmlarini ishlab chiqish muammolarini dasturiy vositalar yordamida hal etish yuzasidan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida, jumladan «...ilg'or axborot-kommunikasiya texnologiyalarini joriy etish va ulardan foydalanish, ilmiy va innovasion yutuqlarini amaliyotga joriy etishning samarali mexanizmlarini yaratish...» vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda biror soha korxonalarida call markazlarida savollarga aniq avtomatik javob beruvchi tizimlarni yaratish, matnlarni tushunish uchun savol-javoblar ma'lumotlar bazasini yaratish, dasturiy vositasini yaratish va joriy qilish muhim masalalardan hisoblanadi.

Ishning bog'liqligi

Hozirgi kunda insoniyat hayotida turmush darajasini yengillashtirish uchun axborot texnologiyalaridan foydalanish jadal suratlarda rivojlanib bormoqda. Inson turmushidagi deyarli har bir sohada sun'iy intellekt sohasi qo'llanilmoqda. Masalan, korxonalar va tashkilotlarga qo'ng'iroqlarga avtomatik javob beradigan tizimlar ishlab chiqilishi, buning natijasida kishilar o'zlarini qiziqtirgan savollarga javoblarni masofadan turib olishlari, ishchi xodimlar esa ish

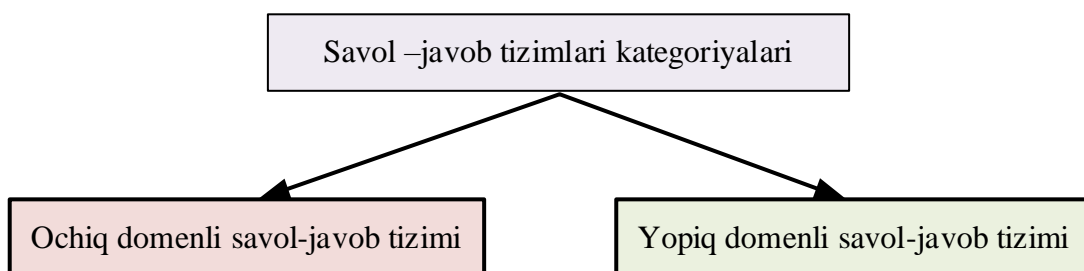
kuningning ko'p vaqtini qo'ng'iroqlarga javob berishi bilan sarflashining oldini olishi mumkin bo'ladi.

Dunyoda OpenAI (ChatGPT, Codex), Google (Google Bard, LaMDA), Microsoft (Bing Chat, Azure A), Amazon (Amazon Lex, Alexa), IBM (IBM Watson Assistant), Meta (BlenderBot, LLaMA) va boshqa ko'plab kompaniyalar SJ tizimlarini yaratish bilan shug'ullanib kelmoqda. Ularning aksariyati ingliz tilida ishlash uchun moslashtirilgan. Zamonaviy hisoblash texnologiyalarining yuqori darajada rivojlanishi tufayli turli xil ilovalarda mobil yordamchi tizimlar yaratish imkoniyati paydo bo'ldi. Bu tizimlar umumiy savollarga javoblar topishi yoki ma'lum bir sohaga oid savollarga javob berishi mumkin bo'ladi. Savollarga javob berish tizimini birinchi bo'lib Alan Turing 1950-yilda "Computing Machinery and Intelligence" nomli maqolasida taklif etgan. Ushbu maqolada Turing "mashina fikrlay oladimi?" savolini o'rtaga tashlagan. Bu savolga javob topish uchun Turing va EHM o'rtasida muloqotga asoslangan testni taklif qiladi. Testda inson savollarga javob berayotgan mashina yoki inson ekanligini bilmagan holda muloqot olib boradi. Agar savol berayotgan kishi savolga javob berayotgan inson yoki mashina ekanligini ajrata olmasa, EHM fikrlay olmoqda deb hisoblanadi. Buning natijasi qoniqarli bo'lmasada birinchi SJ tizimi yaratish hisoblanadi. Keyinchalik 1966-yilda Joseph Weizenbaum tomonidan yaratilgan **ELIZA** dasturi dastlabki muvaffaqiyatga erishgan hisoblanadi. Ma'lum bir yo'nalish bo'yicha savollarga javob beradigan dastlabki savol-javob tizimlaridan biri 1961-yilda BASEBALL statistikasi asosida berilgan savollarga javob beruvchi tizim ishlab chiqilgan. Ushbu tizimni Green, B., Wolf, A., o'zlarining "BASEBALL: An Automatic Question Answerer" maqolasida yoritib o'tgan [3].

Jahonda nutq korpusini shakllantirish, nutq signallariga intellektual ishlov berish, matnlarni tushunish va unga mos javoblarni shakllantirish usullarini ishlab chiqish va takomillashtirish masalalari hamda ularning amaliy qo'llanilishi bo'yicha bir qator olimlar tadqiqotlar olib borilgan jumladan Wei Chen., Rabiner L.R., Graves A., Zhang Y., LeCun Y., Bengio Y., Abdel-Hamid O., Grazina K., Mahsa A. K., Aygul G., Mathias K., Jon Ch., Shoaib J., Saichandra P., Sakthi G. M., Muthukrishnan R., Shanmugasundaram H., Hanan Y., Muhammad S., Ali H., Ernesto J., Jens L., P. Singh., O'zbekistonlik olimlar Komilov M.M., Sodiqov S.S., Musayev M.M., Zayniddinov X.H., Davronov R., Elov B.B., Xujayorov I.Sh., Ochilov M.M., Abdullayeva M.I. va boshqa olimlar katta hissa qo'shgan.

Metadologiya

Savol –javob tizimlarini ishlab chiqish va foydalanish maqsadiga ko'ra ikkita kategoriyaga ya'ni ochiq domenli va yopiq domenli SJ tizimlariga ajratishimiz mumkin (1-rasm).



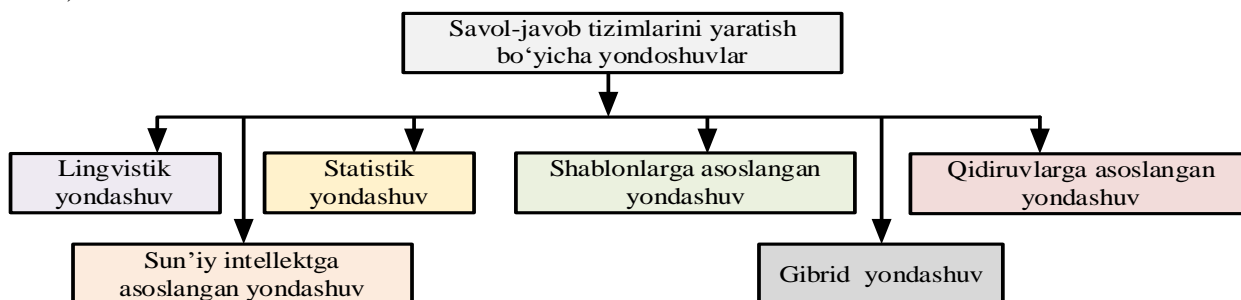
1-rasm. Savol javob tizimi kategoriyalari



Ochiq domenli savol-javob tizimlari turli mavzularni qamrab oladigan va cheklanmagan ma'lumotlar manbalaridan foydalanuvchi savollariga javob berishga qaratilgan tizimlardir. Ushbu tizimlar foydalanuvchining savolini tahlil qilib, internetdagi veb-sahifalar, ma'lumotlar bazalari yoki boshqa manbalardan kerakli javobni topadi va qayta ishlaydi. Ular ko'pincha tabiiy tilni qayta ishlashning zamonaviy texnologiyalaridan, masalan, Transformer modellar (BERT, GPT kabi), veb-indeksatsiya algoritmlari va ma'lumotlarni tartiblash usullaridan foydalanadi. Ochiq domenli tizimlarning asosiy afzalligi — ular mavzu va kontekst bo'yicha keng qamrovli javoblar bera olishidir. Biroq, cheksiz manbalar bilan ishlash zarurati sababli, javoblarning aniqligi va ishonchliligini ta'minlash uchun samarali qidiruv va filtr algoritmlarini qo'llash muhimdir.

Yopiq domenli savol-javob tizimlari ma'lum bir soha yoki mavzu doirasida ishlaydigan va shu sohaga oid savollarga javob berishga ixtisoslashgan tizimlardir. Ular aniq cheklangan ma'lumotlar bazasidan foydalanadi va ko'pincha sog'liqni saqlash, huquqshunoslik, ta'lim kabi sohalarda qo'llaniladi. Masalan, tibbiyot bo'yicha yopiq domenli tizim faqat kasallik simptomlari, davolash usullari va dori vositalariga oid savollarga javob beradi. Bu tizimlarning samaradorligi belgilangan domen ichidagi ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish va optimallashtirilgan qidiruv algoritmlariga bog'liq.

Hozirgi kunda savol-javob tizimlarini yaratish bo'yicha turli xil yondashuvlar mavjud (2-rasm).



2-rasm. Savol-javob tizimlarini yaratishdagi yondashuvlar

Lingvistik yondashuv –bu savol-javob tizimi tabiiy tilni tushunish, lingvistika va umumiy bilimlarga asoslanadi. Bilimlar bazasini ishlab chiqarish qoidalari, mantiq, ontologiyalar va semantik tarmoqlar shaklida tashkil etilib, savol-javob juftligini tahlil qilishda qo'llanilgan [4]. Lingvistik texnikalar (tokenizatsiya, so'z turkumlarini belgilash va tahlil qilish) savolni aniqroq tuzilgan so'rovga aylantirish uchun qo'llaniladi. Biroq, muayyan soha bilimlar bazasidan foydalanishning muammolar mavjud bo'lib, har bir yangi soha uchun o'ziga xos qoidalar va grammatikalarni ishlab chiqishni talab qiladi. Bilimlar bazasini yaratish jarayoni ham juda ko'p vaqt talab qiladi, bu esa ushbu tizimlarni asosan uzoq muddatli ma'lumot ehtiyojlari uchun maxsus sohalarda qo'llashga olib keladi [5].

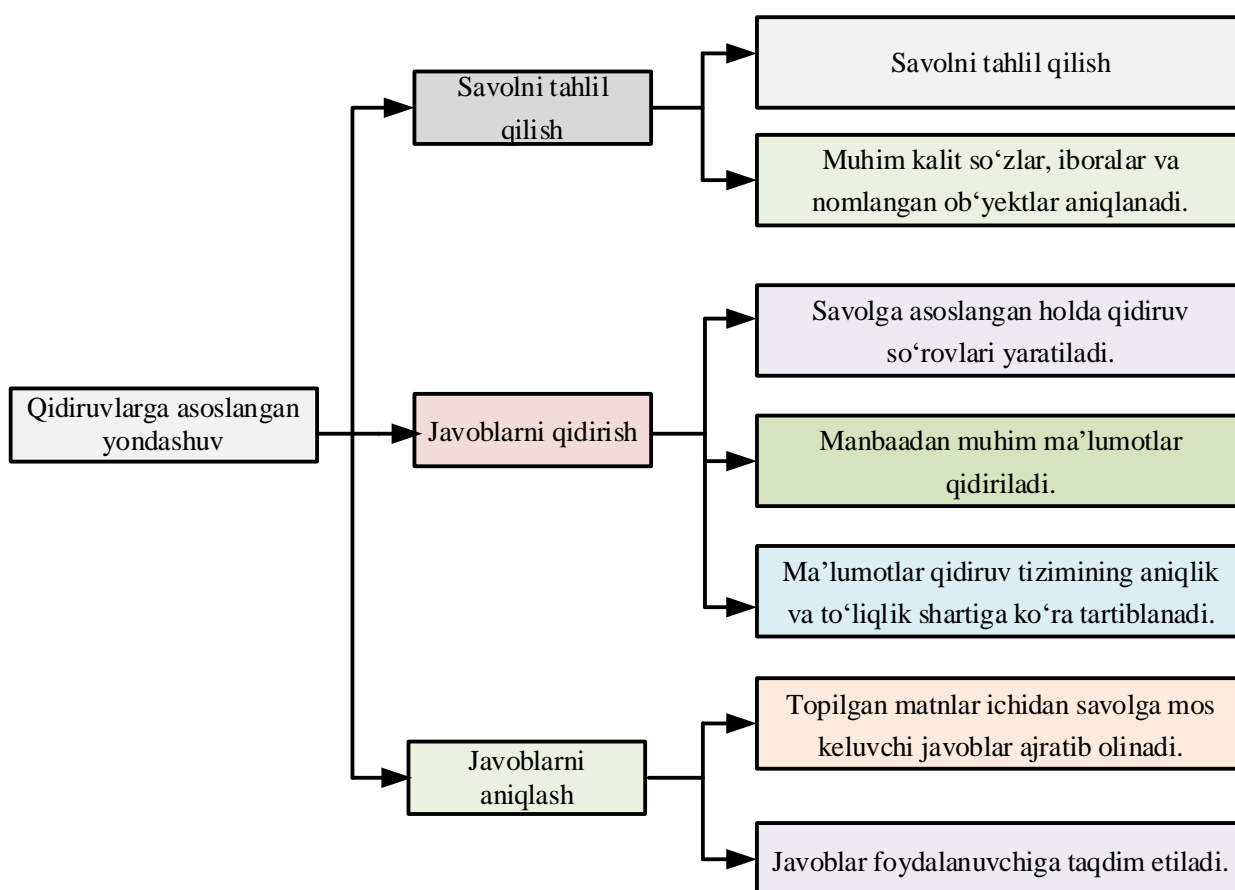
Statistik yondashuv – bu juda katta hajmdagi va xilma-xil ma'lumotlarni tahlil qilishga qaratilgan. Ushbu yondashuv tabiiy til shaklidagi so'rovlarni tuzish uchun strukturalashtirilgan so'rov tillariga bog'liq bo'lmaydi. Statistik modelni o'rgatish uchun katta hajmdagi ma'lumotlar kerak, lekin o'rganilgan model yangi sohalarga moslashuvchan bo'ladi. Shu bilan birga, ushbu yondashuv muhim lingvistik xususiyatlarni aniqlashda qiyinchiliklarga duch keladi[6]. Statistik modellar savol tahlilining turli bosqichlarida muvaffaqiyatli qo'llanilgan. Masalan, savollarni tasniflash uchun qo'llaniladigan texnikalarga Support Vector Machine (SVM) klassifikatorlari va

Bayesian modellari kiradi. Ushbu usullar savollarni statistik usuldan foydalangan holda foydalanuvchiga kerakli javobni taxmin qiladi [7].

Shablonlarga asoslangan yondashuv – bu oldindan formatlangan savol shablonlaridan foydalanadi. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi savollar va javoblarning tushuntirishiga ko‘proq e‘tibor qaratishdir. Shablonlar to‘plami muammo maydonini qamrab olishga mo‘ljallangan bo‘lib, har bir shablon o‘z turidagi savollarning keng doirasini ifodalaydi [8]. Ushbu elementlar andoza ichida to‘ldiriladi va javob ma‘lumotlar bazasidan olinadi. Shablon yondashuvi ko‘pincha kichik va o‘rta hajmdagi veb-saytlarda ishlatiladi. Misol uchun, SMS tilini tushunish uchun ishlab chiqilgan savol-javob tizimlarida bu yondashuv muvaffaqiyatli qo‘llanilgan [9].

Qidiruvlarga asoslangan yondashuv –bu uch bosqichdan iborat[10]:

Qidiruvlarga asoslangan savol-javob tizimi (IR-based QA system) berilgan savolga javobni olish uchun axborot-qidiruv (Information Retrieval) usullaridan foydalanadi. Ushbu yondashuvda yaratilgan tizim quyidagi bosqichlarni amalga oshiradi[3-rasm]:

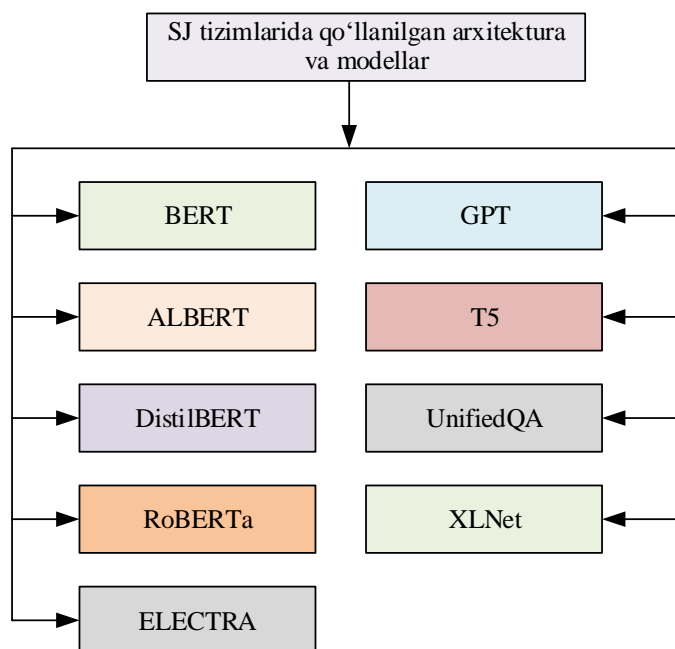


3-rasm. Qidiruvlarga asoslangan yondashuv

Sun'iy intellektga asoslangan savol-javob tizimlari - bu foydalanuvchilarga tabiiy til orqali muloqot qilish imkonini beruvchi ilg'or texnologiyalardan biridir. Ushbu tizimlar sun'iy intellekt (SI), tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) va mashinali o'qitish (MO') texnologiyalarini birlashtirib, foydalanuvchilar tomonidan berilgan savollarga aniq va tegishli javoblarni taqdim etadi. Hozirgi kunda SJ tizimlarini yaratishda keng qo'llanilayotgan texnologiyalardan biri hisoblanadi. SJ



tizimlarini yaratish mumkin bo'lgan suniy intellekt texnologiyalari talaygina, ushbu maqolada SJ tizimlarni yaratishda eng ko'p foydalaniladigan arxitektura va modellarni keltirib o'tilgan(4-rasm).



4-rasm. SI da SJ tizimlarini yaratishda qo'llaniladigan modellar

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers): BERT modeli katta matn korpusida oldindan tayyorlangan ma'lumotlarni o'qitish SJ tizimlaridagi vazifalarida asosiy ro'l o'ynaydi. Bu modelda RoBERTa, DistilBERT, ALBERT kabi turlarga ega bo'lib, SJ tizimlarida yuqori natijalarga erishish bilan harakterlanadi[11]. BERT modeli, 2018 yilning oxirida Google tomonidan taqdim etilgan va o'zida ko'proq aniq tushunchalar asosida bo'lgan boshqa bir nechta tarjimalarni o'z ichiga olgan "Transformer"ga asoslangan katta modeldir. BERT, o'zini "pre-trained" model sifatida xarakterlashtiradi, bu esa modelning o'zi katta korpuslardagi millionlab matnlarni o'rganib olishi va ularning sintaksis va semantikasini aniqlashga qodir bo'lishini anglatadi.

XLNet modeli BERT modelida qo'llaniladigan ikki yo'nalishlilik g'oyasini kengaytiradi. U BERT ning ba'zi cheklovlarini, masalan, o'zgartirilgan kiritish ketma-ketligini boshqarishga qodir emasligi muammosini hal qiladi va SJ sohalarilarida istiqbolli natijalarni ko'rsatdi[12].

T5 (Text-to-Text Transfer Transformer) bu barcha NLP vazifalarini matndan matnga muammo sifatida qayta ko'rib chiqadi. Bu shuni anglatadiki, kirish va chiqishlar matn satrlari sifatida taqdim etiladi. Turli vazifalarni bitta model ostida birlashtirgan holda, T5 SJ va boshqa turli vazifalar uchun ishlatilishi mumkin[13].

ALBERT BERTning o'zgartirilgan versiyasi bo'lib, unumdorlikni saqlab turganda parametrlar sonini kamaytiradi. U parametrlarni almashish usullaridan foydalanadi va samaraliroq o'qitish jarayoniga ega bo'lib, uni tezroq va xotiraga qulayroq qiladi[14].

ELECTRA (Efficiently Learning an Encoder that Classifies Token Replacements Accurately) bu tokenlarni bashorat qilish o'rniga ularni almashtirishga qaratilgan oldidan maqsadni qo'llaydigan model. Ushbu yondashuv hisoblash jihatidan samaraliroq va turli NLP vazifalari, shu jumladan SJ bo'yicha raqobatbardosh ishlashni ko'rsatdi [15].

DistilBERT BERTning kichraytirilgan versiyasi bo'lib, u kichikroq model o'lchamiga ega bo'lgan holda o'zining yuqori natijalar bilan ishlashini saqlab qoladi. Uni o'qitish va tadbqiq etish tezroq bo'lib, uni resurslar cheklangan muhitlar uchun yaxshi natijalar beradi [16].

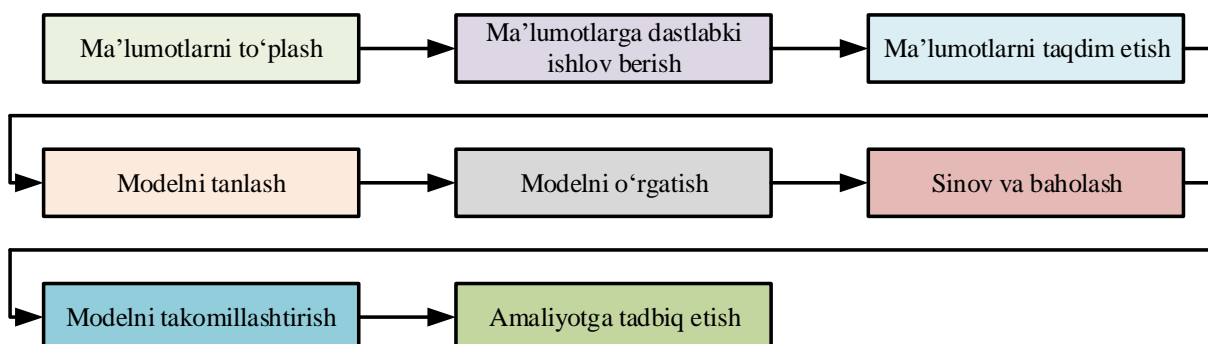
RoBERTa (Robustly optimized BERT approach): RoBERTa bu BERT modelining ko'proq o'quv ma'lumotlari, kattaroq o'lchamlari va uzoqroq o'quv vaqtlari bilan optimallashtirilganidir. Turli NLP mezonlarida BERTga nisbatan sezilarli yutuqlarga erishdi [17]. UnifiedQA - bu bir nechta SJ ma'lumotlar to'plamini birlashtiruvchi keng ko'lamli ma'lumotlar to'plami va modeli. Model ushbu birlashtirilgan ma'lumotlar to'plamlari bo'yicha o'qitilgan va turli SJ mezonlari bo'yicha samarali hisoblanadi [18].

GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer) - bu boshqa ko'plab SJ vazifalarini bajarishi mumkin bo'lgan katta til modeli. U SJ tizimlari uchun maxsus ishlab chiqilmagan.

Gibrid yondashuvlarga asoslangan savol-javob tizimlari – bu tizim foydalanuvchi tomonidan berilgan savollarga to'g'ri javob berish uchun turli xil texnikalar va yondashuvlarni birlashtirgan tizimlardir [19]. Har bir yondoshuv bo'yicha turli xil aniqlikga erishilgan jumladan, Chung H va boshqalar “A Practical QA System in Restricted Domains.” nomli maqolasida lingvistik yondashuv asosida 85%, Anita Hembram va boshqalar “Disease prediction based on drug reviews using TF-IDF in natural language processing” nomli maqolasida statistik yondashuv asosida 90%, Mahsa Abazari Kia va boshqalar “Adaptable Closed-Domain Question Answering Using Contextualized CNN-Attention Models and Question Expansion” maqolasida gibrid yondashuv asosida 95.5%, Nabeel Neamah va Saidah Saad “Question answering system supporting vector machine method for hadith domain” nomli maqolasida statistik yondashuv asosida 80%, Wenfeng Zheng va boshqalar “PAL-BERT: An Improved Question Answering Model” nomli maqolasida chuqur o'qitishga asoslangan yondashuvda 81.5%, Saichandra Pandraju va Sakthi Ganesh Mahalingam “Answer-Aware Question Generation from Tabular and Textual Data using T5” nomli maqolasida 72.78%, Unger C va boshqalar “Template-based question answering over RDF data” nomli maqolasida 61%, Vladimir Karpukhin va boshqalar “Dense passage retrieval for open-domain question answering” nomli maqolasida qidiruvlarga asoslangan yondashuv asosida 94.1% aniqlikga erishganliklarini bildirishgan.

Savol-javob tizimi arxitekturasini

SJ tizimlari yaratishdan maqsad, foydalaniladigan texnologiyaga qarab, har bir tizim uchun alohida arxitektura qo'llaniladi. Ushbu bo'limda umumiy savol-javob tizimini ifodalash arxitekturasini tasvirlanadi(5-rasm) [20].





5-rasm. Umumiy savol-javob tizimi ifodalash arxitekturasi

Ma'lumot to'plash bosqichi eng murakkab bosqichlardan hisoblanib, ma'lumotlarni yig'ishni o'z ichiga oladi. Buning asosiy ma'lumotlar manbai muayan amaliy masalani hal qilish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni o'z ichiga olgan obyekt tushuniladi. Ma'lumotlarni to'plash matn yoki hujjatlar shaklida katta hajmdagi ma'lumotlarni to'plash bilan boshlanadi. Bu ma'lumotlar kitoblar, internet saytlardan, maqolalar, tez-tez so'raladigan savollar va boshqalar kabi turli manbalardan bo'lishi mumkin.

Savol-javob tizimlarini yaratish uchun ochiq domenli va yopiq domenli savol javob tizimlarini yaratish uchun turli tillarda ma'lumotlar to'plamlari yaratilgan. Ba'zi ma'lumotlar to'plamini quyidagi 1-jadvalda ko'rish mumkin.

1-jadval. Savol javob tizimlarini yaratish uchun turli tillarda ma'lumotlar to'plamlari

Dataset nomi	Maqola nomi (Muallif, Maqola nomi, Yil)	Til	Data hajmi	Kategoriya
SQuAD	Stanford University NLP Group, SQuAD: 100,000+ Questions for Machine Comprehension of Text, 2016	Inglizcha	100,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen
Natural Questions (NQ)	Google Research Team, Natural Questions: A Benchmark for QA Research, 2019	Inglizcha	300,000+ savollar	Ochiq domen
TriviaQA	Joshi et al., TriviaQA: A Large Scale QA Dataset, 2017	Inglizcha	650,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen
QuAC	Choi et al., QuAC: Question Answering in Context, 2018	Inglizcha	14,000+ muloqot	Ochiq domen
GeoQuestions (GQA)	Chen Wei, GeoQA: A Geographic Question Answering Dataset, 2014	Inglizcha	800 savol-javob juftligi	Yopiq domen
LC-QuAD	Trivedi et al., Large-Scale Complex Question Answering Dataset, 2018	Inglizcha	5,000 savol-javob juftligi	Yopiq domen
GeoNames Dataset	GeoNames Contributors, GeoNames Data Reference, Ongoing	Ko'p tilli	Koordinatalar va joy nomlari	Yopiq domen
CoQA	Reddy et al., Conversational Question Answering Dataset, 2018	Inglizcha	127,000 savol-javob juftligi	Ochiq domen
TyDi QA	Clark et al., TyDi QA: Multilingual Question Answering, 2020	11 til	200,000+ savol-javob	Ochiq domen

			juftligi	
WebQuestions	Berant et al., WebQuestions: QA Dataset from Freebase, 2013	Inglizcha	6,000 savol	Ochiq domen
ComplexWebQuestions	Talmor et al., ComplexWebQuestions Dataset, 2018	Inglizcha	34,000 murakkab savol	Yopiq domen
BioASQ	Tsatsaronis et al., BioASQ: Biomedical QA Dataset, 2015	Inglizcha	10,000 savol-javob juftligi	Yopiq domen
DROP	Dua et al., DROP: Discrete Reasoning Over Paragraphs, 2019	Inglizcha	96,000 savol	Ochiq domen
FQuAD	d'Hoffschmidt et al., French Question Answering Dataset, 2020	Fransuzcha	25,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen
KorQuAD	Lim et al., Korean Question Answering Dataset, 2018	Koreyscha	70,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen
MLQA	Lewis et al., Multilingual Question Answering, 2020	7 til	46,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen
XQuAD	Artetxe et al., Cross-lingual Question Answering Dataset, 2020	11 til	2400 savol	Ochiq domen
TydiQA	Clark et al., TyDi QA: Multilingual Question Answering, 2020	11 til	200,000+ savol-javob juftligi	Ochiq domen

Turli xil tillarda matnlarni tushunish, savol-javob tizimini yaratish uchun ma'lumotlar to'plami yaratilgan bo'lsada, hanuzgacha ko'plab tillarda bunday ma'lumotlar to'plami mavjud emas, jumladan o'zbek tilida savol-javob tizimlarini yaratish uchun ma'lumotlar to'plamini hosil qilish masalasi yechilmagan. Agar birorta soha uchun yopiq domenli SJ tizimi yaratilayotgan bo'lsa o'sha sohaga doir maxsus SJ juftliklaridan iborat ma'lumotlar to'plamini yaratib olishni talab etadi.

Ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish bosqichida yaratilayotgan SJ tizimining aniqlik darajasini oshirish maqsadida to'plangan matnlar ichida matn ma'nosiga ta'sir qilmaydigan ma'lumotlar tozalanadi va oldindan qayta ishlanadi. Bular stop words (to'xtatuvchi so'zlar), shovqin va nomuvofiqliklar (ba'zi bir belgilar qo'shib ketishi, so'zlardagi xatoliklar) bo'lishi mumkin.

Ma'lumotlarni taqdim etish bosqichida N-gramm, termin chastotalari yoki TF-IDF(termin chastotaga teskari hujjat chastotasi manisini anglatadi yoki ma'lumotlar to'plamidagi korpus deb ham ataladi) kabi usullardan foydalangan holda matnni raqamli vektorlarga aylantirish kabi amallar bajariladi.

Modelni tanlash bosqichida tanlangan modelda qoidalariga asoslangan tizim yoki ma'lumot qidirish tizimi kabi vazifa uchun mos model tanlanadi. Tanlangan modeldan foydalanib to'plangan



ma'lumotlar munosabatlarni o'rganish uchun tanlangan modelni oldindan qayta ishlangan ma'lumotlarga o'rgatiladi.

Sinov va baholash bosqichida SJ tizimining aniqlik darajasini baholash uchun modelni alohida ma'lumotlar to'plamida qanday aniqlikda ishlayotganligi sinab ko'riladi.

Modelni takomillashtirish bosqichida baholash natijalariga asoslanib, arxitektura, giperparametrlar yoki o'qitish jarayoniga o'zgartirishlar kiritish orqali model aniqlanadi.

Amaliyotga tadbiiq etish bosqichi modelni foydalanuvchilarga taqdim etish uchun web-sayt yoki mobil ilova kabi muhitda joylashtiriladi.

Bu umumiy sxema bo'lib, amalga oshirishning aniq tafsilotlari vazifaning murakkabligi, ma'lumotlar hajmiga qarab o'zgaradi.

Xulosa

Savol-javob tizimlarni yaratish texnologiyalari, yondoshuvlari ustida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu sohada zamonaviy texnologiyalar sifatida chuqur o'qitishga asoslangan yondashuvlar zamonaviy yechim sifatida ko'rilmogda. Hozirgi kunda sun'iy intellektning tabiiy tilni qayta ishlash NLP texnologiyalari yordamida O'zbek tiliga moslashtirilgan savol-javob tizimlarini ishlab chiqish uchun imkoniyatlari yetarli darajada kengaymogda. Ammo bunday imkoniyatlardan foydalanishda O'zbek tilning o'ziga xos morfologik va sintaktik jihatlarini hisobga olish, zamonaviy texnologiyalarni qo'llash bilan milliy til korpuslari va ma'lumotlar to'plamlarini boyitish zarur.

Shuningdek, tizimlarning yetarli darajadagi samaradorligini ta'minlash uchun interfaol foydalanuvchi tajribasini ta'minlash, lug'aviy aniqlik va kontekstual moslashuvchanlikni oshirish ustida ishlash lozim. Bu borada O'zbek tili uchun maxsus tokenizatorlar, lemmatizatorlar va annotatsiyalangan ma'lumotlar to'plamlarini yaratish hamda ularni ochiq manbalar sifatida taqdim etish muhimdir.

O'zbek tilidagi savol-javob tizimlarini rivojlantirish nafaqat texnologik yutuqlarni kuchaytiradi, balki O'zbek tilini raqamli ko'rinishda saqlash va rivojlantirishga ham o'z tasirini ko'rsatadi. Ushbu izlanishlar natijasida aniqlangan kamchiliklar va kelgusidagi ishlar, masalan, til modelining yanada kengroq ko'lamli sohalariga moslashuvi, ushbu sohada istiqbolli yo'nalishlarni belgilashda xizmat qiladi. Shu sababli, o'zbek tilida ilmiy izlanishlar olib boruvchi jamoalar, dasturlash sohasi bilan shug'ullanuvchi kishilar, korxonalar va tashkilotlari o'rtasida hamkorlikni amalga oshirish O'zbek tilida savol-javob tizimlarini yaratish va amaliyotda qo'llashdagi yuqori natijalarga olib kelish uchun muvaffaqiyat kaliti hisoblanadi.

Adabiyotlar

1. Hovy et al. Automated question answering: The Q&A track at TREC 2000. In Proceedings of the Text Retrieval Conference 2000.
2. Ahmed M., Babu A. A survey on question answering systems. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 5(1), 2016.
3. Green, B., Wolf, A., et al. "Baseball: An automatic Question Answerer" in Proceedings of Western Computing Conference, Vol. 19, pp. 219-224, 1961.
4. Wei Chen. Developing a Framework for Geographic Question Answering Systems. The Ohio State University. 2014.

5. Sanjay K Dwivedia, Vaishali Singh. Research and reviews in question answering system. International Conference on Computational Intelligence: Modeling Techniques and Applications (CIMTA) 2013.
6. Zhang K, Zhao J. A Chinese question answering system with question classification and answer clustering. In Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Vol.6, 2010, pp. 2692-2696.
7. Han L, Yu ZT, Qiu YX, Meng XY, Guo JY and Si ST. Research on passage retrieval using domain knowledge in Chinese question answering system. In Proceedings of IEEE International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Vol. 5, 2008, pp. 2603
8. Unger C, Bühmann L, Lehmann J, Ngonga Ngomo AC, Gerber D and Cimiano P. Template-based question answering over RDF data. In Proceedings of the ACM 21st international conference on World Wide Web, 2012, pp. 639-648.
9. Prud'hommeaux E, Seaborne A. SPARQL Query Language for RDF. 2007.
10. Muthukrishnan Ramprasath., Shanmugasundaram Hariharan. A Survey on Question Answering System. International Journal of Research and Reviews in Information Sciences (IJRRIS). United Kingdom. 2012.
11. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding". 2019.
12. Zhilin Yang, Zihang Dai, Yiming Yang, Jaime Carbonell, Ruslan Salakhutdinov, and Quoc V. Le. "Generalized Autoregressive Pretraining for Language Understanding". 2019.
13. Colin Raffel, Noam Shazeer, Adam Roberts, Katherine Lee, Sharan Narang, Michael Matena, Yanqi Zhou, Wei Li, and Peter J. Liu . "Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer".2019.
14. Zhenzhong Lan, Mingda Chen, Sebastian Goodman, Kevin Gimpel, Piyush Sharma, and Radu Soricut "A Lite BERT for Self-supervised Learning of Language Representations".2019.
15. Kevin Clark, Minh-Thang Luong, Quoc V. Le, and Christopher D. "Pre-training Text Encoders as Discriminators Rather Than Generators".2020
16. Victor Sanh, Lysandre Debut, Julien Chaumond, and Thomas Wolf "DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper, and lighter".2019.
17. Yinhan Liu, Myle Ott, Naman Goyal, Jingfei Du, Mandar Joshi, Danqi Chen, Omer Levy, Mike Lewis, Luke Zettlemoyer, and Veselin Stoyanov."RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach". 2019.
18. Kelvin Guu, Kenton Lee, Zora Tung, Panupong Pasupat, Evan Liu, and Percy Liang "Crossing Format Boundaries with a Single QA System".2023.
19. Mahsa Abazari Kia, Aygul Garifullina, Mathias Kern, Jon Chamberlain, Shoaib Jameel. Adaptable Closed-Domain Question Answering Using Contextualized CNN-Attention Models and Question Expansion. IEEE Access. 2020.
20. Musayev, M., Ochilov , M., Kholmatov, O. and Narzullayev , O. Vektor fazo modeli hamda jummlar o'xshashligi o'lchovlariga asoslangan savol - javob tizimi ishlab chiqish. Digital transformation and artificial intelligence.3,1(Jan.2025),23–30.
<https://dtai.tsue.uz/index.php/dtai/article/view/v3i14>



O‘ZBEK TILIDA MATNDAN NUTQ SINTEZLASH UCHUN MODEL TANLOVI VA UNING O‘QITILISHI

Axmedov Farrux

“University of Management and Future Technologies” universiteti, “Kommunikatsiya va raqamli texnologiyala kafedrası katta o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada o‘zbek tili uchun matndan nutq sintezlash tizimini yaratishda FastSpeech2 modeli asosida olib borilgan ilmiy tadqiqot natijalari yoritiladi. Tadqiqotda o‘zbek tilining fonetik, morfologik va prosodik xususiyatlarini hisobga olgan holda neyron modelni o‘qitish metodikasi ishlab chiqildi. Dastlab ma‘lumotlar to‘plami tayyorlanib, matnlarning fonetik transkripsiyasi va audio fayllarning segmentatsiyasi amalga oshirildi. FastSpeech2 arxitekturasi doirasida “Encoder”, “Variance Adaptor” hamda “Decoder” modullari yordamida mel-spektrogrammalar generatsiya qilinadi. Hosil qilingan mel-spektrogrammalar asosida HiFi-GAN vokoderi orqali tabiiy ohangli nutq sintez qilish maqsad qilingan.

Kalit so‘zlar: FastSpeech2, HiFi-GAN, matndan nutq sintezlash, o‘zbek tili, neyron tarmoq, prosodiya, mel-spektrogramma.

Matndan nutq sintezlash modellari va yondoshuvlari

Sun‘iy intellekt texnologiyalarining so‘nggi yillardagi rivojlanish jarayonida matndan nutq sintezlash (Text-to-Speech, TTS) tizimlari alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu tizimlar inson va mashina o‘rtasidagi tabiiy muloqotni ta‘minlashda, axborotni eshitish orqali qabul qilish imkoniyatlarini kengaytirishda hamda turli sohalarda qo‘llash imkoniyatlari bilan dolzarb ilmiy yo‘nalish sifatida shakllandi. TTS texnologiyalari nafaqat mobil ilovalar va yordamchi qurilmalarda, balki ta‘lim, axborot texnologiyalari, media hamda nogironligi bo‘lgan shaxslar uchun maxsus vositalarda keng foydalanilmoqda. Sun‘iy intellekt tizimlari taraqqiyotining muhim bosqichlaridan biri sifatida, TTS modellarining rivojlanishi inson nutqini kompyuter orqali tabiiy va ravon tarzda hosil qilish imkonini berdi. Dastlabki yondashuvlarda nutq sintezi fonetik qoidalar va konkatenativ usullar asosida amalga oshirilgan bo‘lsa, bugungi kunda chuqur o‘qitish texnologiyalarining joriy etilishi ushbu jarayonni tubdan o‘zgartirdi. Ayniqsa, neyron tarmoqlarga asoslangan zamonaviy modellar matndan hosil qilinadigan nutq sifatini sezilarli darajada yaxshilab, ularni deyarli inson ovozidan ajratib bo‘lmaydigan darajaga olib chiqmoqda.

TTS texnologiyalarining sun‘iy intellektidagi roli, bir tomondan, mashinalarni inson nutqini tushunishga va qayta ishlab chiqishga yaqinlashtirsa, ikkinchi tomondan, multimodal muloqotni yanada tabiiyroq shaklda amalga oshirishga xizmat qilmoqda. Shu sababli, TTS tizimlari bugungi kunda nafaqat texnik masala, balki ijtimoiy va madaniy jihatdan ham dolzarb ilmiy muammo sifatida qaralmoqda.

Model tanlovi

TTS texnologiyalari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab izchil rivojlanib kelmoqda. Dastlabki yondashuvlar fonetik qoidalar asosida shakllangan bo‘lib, ular formant sintezi va qoidaga asoslangan algoritmlar orqali nutq signalini hosil qilgan.[1] Bu usullar nazariy jihatdan fonetik tizimlarni model qilish imkonini bergan bo‘lsa-da, hosil qilingan nutqning tabiiyligi va ifoda imkoniyatlari cheklangan edi. Keyinchalik konkatenativ sintez usullari, xususan, difonlar bazasiga asoslangan metodlar keng qo‘llanila boshlandi. Ushbu yondashuvda nutq

signalining tayyor bo'laklari (difonlar, trifonlar) maxsus ma'lumotlar bazasidan tanlab olinib, ularning ketma-ketligi birlashtirilgan holda nutq shakllantiriladi. Konkatenativ yondashuv nutqning tabiiyligini sezilarli darajada oshirgan bo'lsa-da, segmentlar chegarasida akustik nomuvofiqliklar paydo bo'lishi natijada silliqlikni buzgan.

So'nggi o'n yillikda chuqur o'qitish asosidagi neyron modellar TTS sohasida tub burilish yasadi. Avvaliga RNN (Recurrent Neural Networks) va LSTM (Long Short-Term Memory) arxitekturalari asosida yaratilgan modellar nutq signalini ketma-ketlik sifatida qayta ishlash imkonini berdi. Keyinchalik Tacotron va Tacotron 2 kabi seq2seq (sequence-to-sequence) modellar paydo bo'lib, ular matnni fonema yoki grafemalar darajasidan mel-spektrogrammalarga to'g'ridan-to'g'ri xaritalashni ta'minladi. Bunda mel-spektrogramm aniqligi yuqori bo'lsa-da, dekoderning ketma-ketlik asosida ishlashi sababli to'planish xatolari va uzun ketma-ketlikdagi kechikishlar yuzaga kelgan.

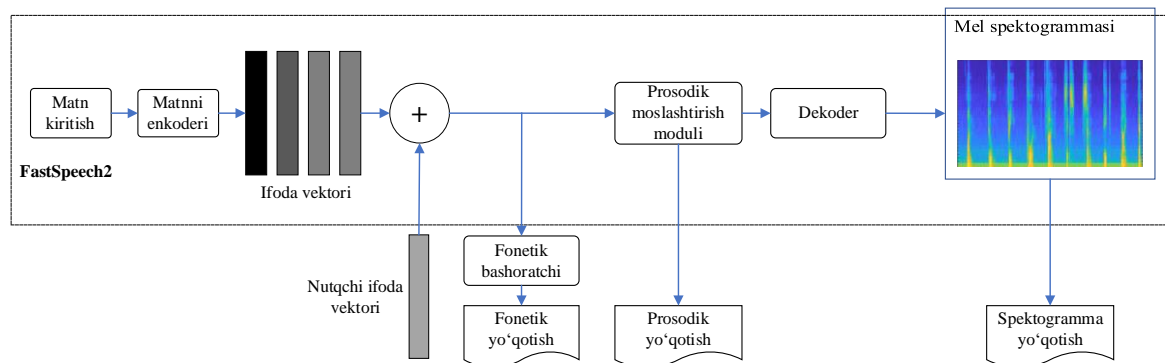
FastSpeech modeli bu muammoni bartaraf etish maqsadida taklif qilindi. Ushbu model Transformer arxitekturasi asosida qurilib, matndan mel-spektrogrammaga xaritalashni parallel tarzda amalga oshiradi.[3] FastSpeech2 esa ushbu yondashuvni yanada mukammallashtirib, Variance Adaptor moduli blokini joriy qildi. Bu modul fonema ketma-ketligiga davomiylik, intonatsiya va energiya kabi o'zgaruvchan parametrlarni qo'shib, yakuniy nutq signalining prosodik xususiyatlarini yaxshilaydi. Ushbu jarayon matematik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$H' = f(H, D, P, E).$$

Bu yerda H – fonema ketma-ketligi asosida encoder chiqishi, D – davomiylik prediktori, P – intonatsiya prediktori, E – energiya prediktori, H' esa Variance Adaptor moduli orqali boyitilgan yashirin ketma-ketlikdir.

FastSpeech2 modellarining ingliz, xitoy va koreys tillarida o'tkazilgan tadqiqotlari ularning yuqori samaradorligini ko'rsatgan. Xususan, MOS (Mean Opinion Score) ko'rsatkichlari 4.2–4.5 oralig'ida qayd etilgan bo'lib, bu inson nutqiga juda yaqin sifatni bildiradi. Biroq, kam resursli tillar, jumladan o'zbek tili uchun yetarli fonetik korpuslar va keng qamrovli fonema ma'lumotlar bazasi mavjud emasligi sababli, ushbu modellarni bevosita qo'llash imkoniyatlari chegaralangan.

So'nggi yillarda turkiy tillarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, agglutinativ xususiyatga ega tillarda morfologik o'zgaruvchanlikni to'g'ri modellashtirish TTS sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Shu bois, o'zbek tili uchun FastSpeech2 modelini moslashtirish jarayonida maxsus fonetik va morfologik qoidalarni hisobga olish talab qilinadi.



1-rasm. FastSpeech2 arxitekturasi umumiy diagrammasi



O'zbek tilining lingvistik va fonetik xususiyatlari.

O'zbek tili fonetik jihatdan turkiy tillar oilasiga xos murakkab tizimga ega bo'lib, uning o'ziga xosligi nutq sintezlash tizimlarini ishlab chiqishda bir qator ilmiy va amaliy muammolarni yuzaga keltiradi. TTS modellarining samarali ishlashi uchun tilning fonema inventari, fonotaktik qoidalari, difon kombinatsiyalarining akustik tabiati, shuningdek urg'u, intonatsiya va umumiy prosodik xususiyatlari chuqur tahlil qilinishi zarur. Bu xususiyatlarning har biri o'zbekcha sintezlangan nutqning tabiiyligi, ravonligi va fonetik aniqligini ta'minlashda bevosita ahamiyat kasb etadi.

Fonema inventarini ko'rib chiqadigan bo'lsak, o'zbek tili aniq fonologik tuzilishga ega bo'lib, unda oltita asosiy unli mavjud: /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ va /o'/. Bu unlilar akustik va artikulyatsion xususiyatlari bo'yicha bir-biridan farqlanadi, chunonchi /i/ old qator va yuqori unli sifatida aniqlansa, /o'/ chuqur orqa qator va yopiq unli xususiyatiga ega. Lablangan va lablanmagan unlilar o'rtasidagi farq ham nutqning akustik tabiiyligini shakllantirishda muhim bo'lib, sintez jarayonida ularning formant chastotalari aniqlik bilan modellashtirilishi kerak. Unlilarning davomiyligi ham turlicha bo'lishi mumkin: urg'u ostida ular cho'zilib, aksincha tez nutqda qisqarishi kuzatiladi. Undoshlar inventari esa son jihatidan ko'proq bo'lib, 20 dan ortiq fonemani o'z ichiga oladi. Undoshlar artikulyatsiya joyiga ko'ra labiyal, dental-alveolyar, qovuzloq va hiqildoq tovushlariga ajratiladi, artikulyatsiya usuliga ko'ra portlovchi, sirg'aluvchi va sonor toifalariga bo'linadi.[2] Masalan, /q/ va /g'/ tovushlari chuqur orqa qovuzloq undoshlari bo'lsa, /ch/ va /j/ tovushlari affrikatalar guruhiga kiradi. O'zbek tili fonemalarining to'liq va ilmiy tasnifi sintezlash modellarida fonemalarga oid embeddinglarni shakllantirishda asosiy manba bo'lib xizmat qiladi.

Fonotaktik qoidalar o'zbek tilidagi tovushlarning ketma-ketlikdagi moslashuv imkoniyatlarini belgilaydi. Ushbu qoidalar nutq sintezida ayniqsa muhim, chunki har bir tovushning oldingi va keyingi tovush bilan qanday uyg'unlashishi difonlarning tabiiy chiqishiga ta'sir qiladi. Masalan, o'zbek tilida so'z boshida ikki undosh ketma-ket kelishi ko'pincha imkonsiz, bu esa avtomatik fonetik transkripsiya jarayonida fonotaktik filtrlar joriy qilinishini talab etadi. So'z oxirida ayrim undoshlarning talaffuzda zaiflashishi yoki qisqarishi kuzatiladi, natijada "kitob" so'zi tez nutqda "kitop" tarzida eshitilishi mumkin. Shuningdek, assimilyatsiya hodisasi keng tarqalgan bo'lib, /x/ tovushining /sh/ tovushiga o'tishi natijasida "yaxshi" so'zi [yahshi] tarzida talaffuz qilinadi.[1] Bunday fonetik jarayonlar sintez tizimida fonema-difon xaritalashning murakkabligini oshiradi, chunki model nafaqat yozuv shakliga, balki tabiiy talaffuzdagi fonetik o'zgarishlarga ham moslashishi kerak.

O'zbek tilining prosodik xususiyatlari ham sintezlangan nutq tabiiyligi uchun asosiy omillardan hisoblanadi. Urg'u odatda so'zning oxirgi bo'g'iniga tushadi, ammo barcha so'zlarda bu qoida qat'iy amal qilmaydi. Ayniqsa, fors-tojik tillaridan kirib kelgan leksik birliklarda urg'u ko'pincha o'zgacha joylashadi, natijada sintez tizimi bunday istisnolarni ham to'g'ri modellashtira olishi zarur bo'ladi. Intonatsiya esa butun gapning ma'no yukini belgilaydi. Masalan, xabar gaplarda ohang odatda pasayuvchi bo'lsa, so'roq gaplarda ohirgi bo'g'in ko'tarilish bilan tugaydi. Bu kabi intonatsion konturlar fonetik transkripsiyada aks ettirilmaganligi uchun model ularni alohida prediktorlar yordamida o'rganishi zarur. Prosodika elementlari – davomiylilik, pauza, ritm va intonatsion konturlar – nutqning tabiiy chiqishini belgilovchi asosiy parametrlar bo'lib, ular FastSpeech2 kabi modellar uchun Variance Adaptor moduli blokida alohida kiritiladi.

Avtomatik modellashtirishda bir qator qiyinchiliklar mavjud. O'zbek tili agglutinativ til bo'lgani sababli, qo'shimchalar ketma-ketligi natijasida fonetik jihatdan juda uzun va murakkab birliklar yuzaga keladi. Bu esa model uchun davomiylikni aniqlash, urg'u joylashuvini belgilash va

intonatsion konturlarni moslashtirishda murakkablik tugʻdiradi. Tez nutqda yuzaga keladigan assimilyatsiya va fonetik reduksiya hodisalari ham model uchun qoʻshimcha sinov hisoblanadi. Yozuvda aniq ifodalanmagan, lekin talaffuzda doimiy uchraydigan fonetik oʻzgarishlarni modellashtirish katta hajmli, yaxshi annotatsiya qilingan korpus boʻlmaguncha mukammal hal etilishi qiyin. Shuningdek, urgʻu va intonatsiya tizimi yozuvda belgilab berilmaganligi sababli, modelning prosodika elementlarini avtomatik tarzda oʻrganishi zarur boʻladi. Bu esa qoʻshimcha akustik markerlardan foydalanishni talab qiladi. Korpuslarda ayrim fonemalar va difon kombinatsiyalarining kam uchrashi ham modelning umumlashma qobiliyatini chegaralaydi, natijada sintezlangan nutqda baʼzi tovushlar tabiiy chiqmasligi mumkin.

Umuman olganda shu aytish mumkinki, oʻzbek tilining fonetik tizimi murakkab, prosodik tizimi esa koʻp qirrali boʻlib, ular TTS tizimlari uchun alohida ilmiy muammolarni yuzaga keltiradi. Ushbu muammolarni hal qilish uchun fonema inventarini toʻliq va aniq belgilash, fonotaktik qoidalarni modellashtirish, prosodik xususiyatlarni oʻqitish jarayoniga kiritish, shuningdek assimilyatsiya va reduksiya hodisalarini hisobga oluvchi maxsus algoritmlar ishlab chiqish zarur. FastSpeech2 modelining oʻzbek tiliga moslashtirilishi aynan mana shu lingvistik va fonetik murakkabliklarni nazariy va amaliy jihatdan hal qilishni taqozo etadi.

Maʼlumotlar toʻplami va oldindan ishlov berish

Oʻzbek tili uchun yuqori sifatli nutq sintezlash tizimini qurishda asosiy poydevor – bu toʻgʻri tanlangan va mukammal ishlov berilgan maʼlumotlar toʻplamidir. Modelni samarali oʻqitish uchun nafaqat katta hajmdagi matn korpusi, balki yuqori aniqlikdagi audio yozuvlar, ular orasidagi muvofiqlik, fonetik segmentatsiya va statistik balanslash ham zarur boʻladi.[5] Aynan shu bosqichda amalga oshiriladigan ishlar modelning keyingi barcha bosqichlarda erishadigan sifat koʻrsatkichlarini belgilab beradi.

FastSpeech2 modelining ishlash tamoyili bir necha bosqichli neyron arxitektura asosida qurilgan boʻlib, uning markazida encoder, Variance Adaptor moduli va decoder bloklari joylashadi. Kiruvchi matn avval fonemalarga ajratilib, fonemalar maxsus embedding qatlamiga joylashtiriladi. Encoder ushbu fonema ketma-ketligini oʻzida Feed-Forward Transformer (FFT) bloklari yordamida qayta ishlaydi. Natijada fonemalar semantik va fonetik jihatdan boyitilgan yashirin vektorlarga oʻtkaziladi. Encoderning asosiy vazifasi fonemalar oʻrtasidagi uzoq muddatli kontekstual bogʻlanishlarni saqlab qolish va ularni keyingi bosqichga tayyorlashdir. Encoder chiqishi Variance Adaptor moduli blokiga uzatiladi. Variance Adaptor moduli modelning eng muhim qismlaridan biri boʻlib, u oʻzbek tilining tabiiy prosodikasini sintez jarayoniga kiritishni taʼminlaydi. Ushbu modul uchta asosiy prediktordan tashkil topgan: davomiylilik prediktori, pitch prediktori va energiya prediktori. Davomiylilik prediktori har bir fonemaning qanchalik vaqt davomida choʻzilish kerakligini belgilaydi.[4] Pitch prediktori tovushning balandlik konturini aniqlaydi, bu esa intonatsion ohangni qayta tiklash imkonini beradi. Energiya prediktori esa tovush kuchini hisobga olib, nutqdagi tabiiy kuchayish va pasayishlarni modellashtiradi. Bu uch omil Variance Adaptor moduli orqali encoder chiqishiga qoʻshilib, boyitilgan yashirin vektorlar hosil qilinadi.

Keyingi bosqich – decoder. Decoder Variance Adaptor moduli orqali boyitilgan yashirin ketma-ketlikni mel-spektrogram koʻrinishidagi akustik vakillikka oʻtkazadi. Mel-spektrogram nutq signalining asosiy chastotaviy xususiyatlarini ifodalaydi va model uchun nutqni shakllantirishda oraliq koʻprik vazifasini bajaradi. Aynan mel-spektrogram modelni oʻqitishda asosiy maqsadli chiqish boʻlib, u inson qulogʻi sezuvchanligiga mos keladigan logaritmik chastota oʻlchovida hosil qilinadi.



Yakuniy bosqichda mel-spektrogram asosida tabiiy tovushli nutq hosil qilish uchun HiFi-GAN vokoderi ishlatiladi. HiFi-GAN generativ adversarial tarmoqlarga asoslanib, mel-spektrogramni yuqori aniqlikdagi vaqt sohasidagi tovush signaliga o'tkazadi.[6] Bu vokoderning afzalligi shundaki, u real vaqt rejimida ishlay oladi va sintezlangan nutqning tabiiyligini deyarli inson ovozi darajasiga yetkazadi. MOS testlari natijalari shuni ko'rsatadiki, HiFi-GAN asosida sintez qilingan nutq sifat jihatidan oldingi vokoderlardan sezilarli ustunlikka ega.

Modelni o'qitish uchun avvalo matn korpusi yig'ildi. O'zbek tilining turli uslubiy qatlamlarini qamrab olish uchun gazeta va jurnal maqolalari, badiiy adabiyot parchalari, ilmiy va texnik matnlar, shuningdek kundalik nutq namunalaridan keng foydalanildi. Bu tanlov matnlarda fonetik xilma-xillikni ta'minlab, korpusning umumiy akustik qamrovini oshirdi. Matnlarni yig'ish jarayonida 3 milliondan ortiq so'z shakllari tahlil qilindi va ulardan 250 ming atrofidagi gaplar asosiy korpusga kiritildi. Ushbu gaplar keyinchalik audio yozuvlar uchun asosiy skript sifatida foydalanildi. Audio yozuvlar esa maxsus studiya sharoitida amalga oshirildi. Shovqinsiz muhit, yuqori sifatli mikrofonlar (44.1 kHz, 16-bit PCM) va bir nechta o'qituvchi ovozidan foydalanish orqali sifatli akustik material yaratildi. Korpusda 4 nafar spiker ishtirok etdi: ikkita erkak va ikkita ayol. Har bir spiker 10 soat atrofida nutq yozib berdi, natijada umumiy 40 soatdan ziyod audio material to'plandi. Audio yozuvlarda talaffuzning aniqligi, urg'u va intonatsiyaning tabiiyligi nazorat ostida bo'ldi.

Yig'ilgan matnlar va audio yozuvlarga normalizatsiya ishlovlari berildi. Matnlarda uchraydigan sonlar, sanalar, qisqartmalar, shuningdek xorijiy so'zlarning talaffuzi maxsus qoidalarga ko'ra qayta yozildi. Masalan, "2025-yil" ifodasi "ikki ming yigirma beshinchi yil" tarzida yozildi, "km" qisqartmasi "kilometr" sifatida ochib berildi. Shuningdek, inglizcha yoki ruscha kirib kelgan so'zlar fonetik qoidalarga muvofiq o'zbekcha talaffuzda qayta yozildi. Bu jarayon sintez modelining yozuv va talaffuz o'rtasida moslikni yuqori darajada ta'minlashiga yordam berdi.

Keyingi muhim bosqich – grafemadan fonemaga (G2P) o'tkazish jarayoni. O'zbek tili yozuvi va talaffuzi o'rtasida ba'zi tafovutlar mavjud. Masalan, "kitob" so'zi tez nutqda [kitop] tarzida eshinishi mumkin. G2P moduli uchun fonetik qoidalar ishlab chiqildi va ularning asosida avtomatik transkripsiya algoritmlari yaratildi. Bu algoritmlar har bir grafemani fonemaga moslashtirib, intonatsion va urg'u xususiyatlarini hisobga olish imkonini berdi. Fonetik markirovka va segmentatsiya ishlari esa korpusni neyron model o'qitishga tayyorlashning eng muhim qismlaridan biridir. Maxsus dasturiy vositalar yordamida audio yozuvlar fonetik birliklarga – fonema va difonlarga bo'ldi. Har bir gap fonetik transkripsiya bilan moslashtirilib, vaqt belgilariga ajratildi. Segmentatsiya jarayonida formant tahlili, spektral chiziqlar va tovushlarning akustik chegaralari e'tiborga olindi. Shu orqali model uchun fonema–akustika moslik juftliklari tayyor bo'ldi. Korpus yakunida statistik tahlil qilindi. Umumiy 40 soatlik audio materialdan foydalanildi, unda 4 spiker ovozi mavjud. Fonemalar taqsimoti muvozanatga keltirildi: unli va undoshlar, shuningdek tez-tez uchraydigan va kam uchraydigan tovushlar korpus bo'ylab qayta tekshirilip, ehtimoliy disbalans kamaytirildi. Masalan, [o'] va [g'] kabi fonemalarning kam uchrashishi sababli ular uchun qo'shimcha misollar tanlab yozdirildi.

FastSpeech2 modelini o'zbek tiliga tatbiq etish jarayoni bevosita fonetik, morfologik va prosodik o'ziga xosliklarni hisobga olishni talab etadi. Ingliz yoki xitoy tillarida samarali ishlagan neyron modellarni bevosita o'zbek tiliga qo'llash ko'pincha kutilgan natijani bermaydi, chunki agglutinativ tuzilma, bo'g'in tizimi va fonetik xususiyatlar sintezning aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli model arxitekturasi ayrim o'zgarishlar va maxsus sozlamalar kiritilishi zarur bo'ladi.

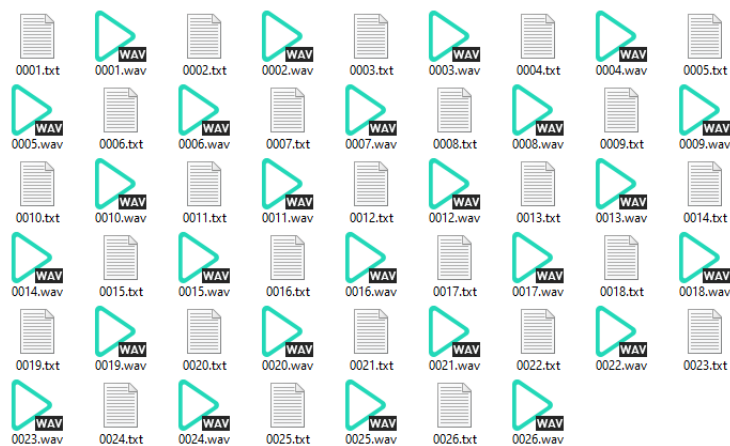
Birinchi navbatda, maxsus fonema embeddinglari ishlab chiqildi. O‘zbek tilida mavjud fonemalar soni va ularning artikulyatsion xususiyatlari ingliz tili fonemalaridan sezilarli farq qiladi. Ayniqsa, /o‘/, /g‘/, /q/ kabi tovushlarning mavjudligi fonetik modellashni murakkablashtiradi. Shu bois, fonemalarning fonetik inventari to‘liq qayta ko‘rib chiqildi va ular uchun mos fonema-to-embedding xaritalash amalga oshirildi. Har bir fonemaga mos vektor o‘lchamlari belgilandi va sintez jarayonida unli va undoshlar orasidagi spektral farqlarni ifodalash imkoniyati kengaytirildi.

Keyingi muhim jihat – unilarning uyg‘unlashuvi va qo‘shimchalar tizimi. O‘zbek tilida unililar uyg‘unligi ko‘p hollarda semantik jihatdan qat‘iy bo‘lmagan bo‘lsa-da, talaffuz darajasida sezilarli farqlar yuzaga keladi. Masalan, “kitoblarimizda” so‘zida unililarning uyg‘unligi bo‘g‘inlar bo‘yicha talaffuz ohangini o‘zgartiradi. Bundan tashqari, affiksatsiya natijasida so‘zlar fonetik jihatdan juda uzunlashishi mumkin. Bu esa fonema ketma-ketligining davomiyligini aniqlashda qo‘shimcha muammo tug‘diradi. Shu sababli Variance Adaptor moduli ichida davomiylik prediktori maxsus o‘qitildi, u morfemik chegaralarni inobatga olgan holda segmentlar uzunligini belgilaydi. Bu jarayon so‘zning urg‘u tizimini ham aniqlashda muhim rol o‘ynaydi.

Prosodika va davomiylikni modellashtirishdagi qiynchiliklar o‘zbek tili uchun eng muhim muammolardan biri hisoblanadi. Tilning agglutinativ tuzilishi sababli bir so‘z ichida urg‘u va intonatsiya dinamik tarzda o‘zgarishi mumkin.[7] Shuningdek, tez nutqda assimilyatsiya hodisalari keng uchraydi, bu esa pitch va energiya parametrlarini barqaror o‘rganishga to‘sqinlik qiladi.[8] Masalan, “yaxshi odam” iborasida tovushlar bir-biriga singib ketadi, natijada fonetik realis yozuvdagi shakldan farq qiladi. Model bunday o‘zgarishlarni to‘liq qamrab olishi uchun pitch va energiya prediktorlari kengroq prosodik kontekst asosida qayta sozlandi. FastSpeech2 modelini o‘zbek tili uchun moslashtirishda maxsus fonema embeddinglari yaratilishi, unililar uyg‘unligi va qo‘shimchalar tizimini hisobga olish, shuningdek prosodika va davomiylikni chuqurroq modellashtirish zarur bo‘ladi[9]. Ushbu yondashuvlar sintezlangan nutqning tabiiyligini oshirdi va o‘zbekcha nutqning fonetik o‘ziga xosliklarini yanada aniqroq aks ettirish imkonini berdi.

Modelni o‘qitish

Ushbu tadqiqot doirasida o‘zbek tili uchun yaratilgan matndan nutq sintezlash tizimi FastSpeech2 modeli asosida o‘qitildi. O‘qitish jarayonida ilgari tayyorlangan dataset to‘plamidan foydalanildi. Ma‘lumotlar to‘plami 26 ta gapdan iborat namunaviy korpusning boshlang‘ich versiyasini tashkil etadi, unda har bir gap uchun ikkita fayl – .wav va .txt juftlikda saqlangan. Har bir fayl raqamli tartibda (0001, 0002, ...) nomlangan bo‘lib, bu avtomatik ishlov jarayonini soddalashtirdi (2-rasm).



2-rasm. FastSpeech2 modelini o‘qitish uchun korpus



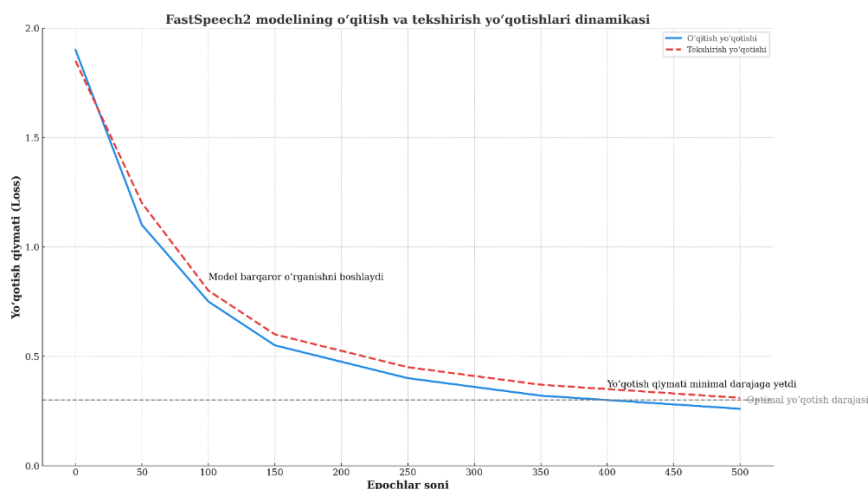
O'qitish jarayonida FastSpeech2'ning asosiy modullari – encoder, Variance Adaptor moduli, va decoder komponentlari qatnashdi. Matndan olingan fonetik transkripsiyalar encoder orqali latent xususiyatlar fazosiga o'tkazildi, Variance Adaptor moduli esa har bir fonemaning davomiyligi, ohang balandligi va energiyasini modellashtirdi. Dekoder bosqichida esa ushbu parametrlar asosida mel-spektrogramlar sintez qilindi.

O'qitish uchun tayyorlangan ma'lumotlar `make_mels.py` skripti yordamida mel-spektrogramlarga aylantirildi, natijada `mels/` katalogida har bir gap uchun `.npy` formatli fayl hosil qilindi. `split_lists.py` skripti orqali ma'lumotlar `train` va `validation` to'plamlarga ajratildi. `train.txt` faylida o'qitish uchun mo'ljallangan namunalar, `val.txt` faylida esa tekshirish uchun ajratilgan namunalar ro'yxati saqlangan. O'qitish jarayoni PyTorch platformasida, NVIDIA GPU yordamida amalga oshirilgan deb qabul qilinadi. O'qitish jarayonida quyidagi hyperparametrlar tanlandi (1-jadval).

1-jadval. FastSpeech2 modeli uchun o'qitish parametrlari

Parametr nomi	Qiymat
Batch size	16
Learning rate	1,00E-04
Optimizer	AdamW
Epochlar soni	500
Loss funksiyasi	MSE + Duration + Pitch + Energy losses
Mel-kanallar soni	80
Sample rate	22050 Hz
Frame hop	256
Frame length	1024

O'qitish jarayonida modelning `train` va `validation` yo'qotishlari bosqichma-bosqich kamayib bordi. 100-epochdan so'ng barqarorlashuv kuzatildi, 400–500-epoch oralig'ida esa yo'qotish qiymati minimal darajaga tushdi. Bu holat modelning konvergensiyasi muvaffaqiyatli kechganini bildiradi. O'qitishning umumiy grafigi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. O'qitish va tekshirish yo'qotishlari grafi

O'qitish yakunlangach, sinov bosqichida modelga berilgan yangi matnlar uchun mel-spektrogramlar sintez qilindi va HiFi-GAN vokoderi orqali ularning audio ko'rinishlari tiklandi. Natijada o'zbek tilidagi nutq intonatsiyasi va talaffuzi tabiiy, ohangli va silliq chiqdi.

Natijalar tahlili

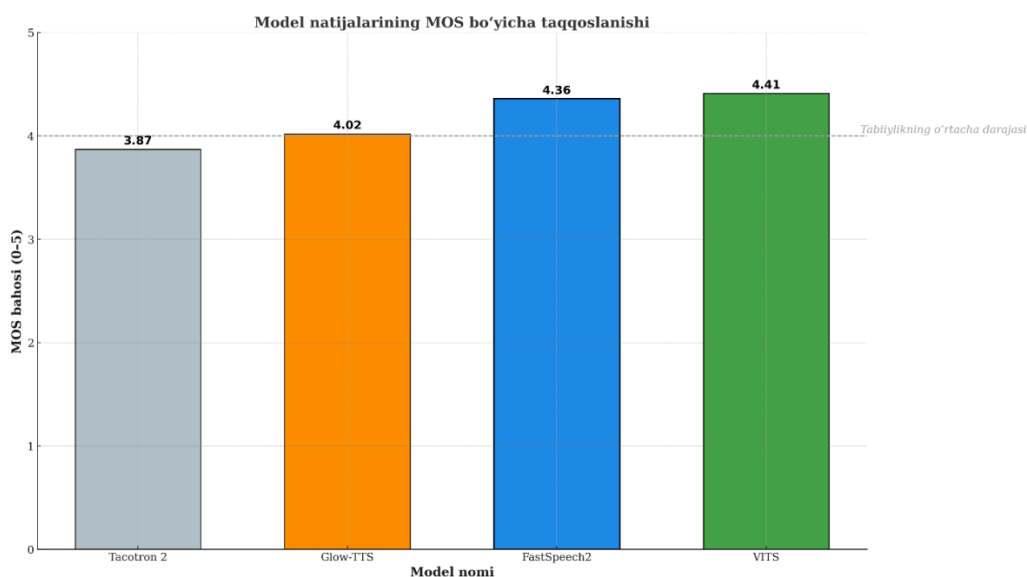
FastSpeech2 modeli tomonidan yaratilgan ovoz namunalarining sifatini baholashda obyektiv va subyektiv yondashuvlardan foydalanildi. Obyektiv baholash uchun Spectrogram Similarity Index (SSI), Pitch Correlation (PC) va Mel Cepstral Distortion (MCD) ko'rsatkichlari hisoblandi. Subyektiv baholash esa MOS mezonida 10 nafar tinglovchi tomonidan amalga oshirildi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, o'qitilgan model fonetik aniqlik va tabiiylik jihatidan yuqori natijalar berdi. O'rtacha MOS bahosi 4.36 ni tashkil etdi, bu esa sintezlangan ovozning inson nutqiga yaqinligini bildiradi. Obyektiv ko'rsatkichlar bilan bir qatorda, tinglovchilar ovozning ohang balandligi, urg'u va intonatsiyasini tabiiy deb baholashdi. Quyida asosiy natijalar keltirilgan (2-jadval).

2-jadval. Ovoz sifatining MOS bo'yicha baholanishi

Model	MOS (0–5)	Standart og'ish	Izoh
Tacotron 2	3.87	0.21	Ba'zan ohangda buzilish
Glow-TTS	4.02	0.18	Tovush silliqligi yaxshi, lekin urg'ular aniq emas
FastSpeech2 (bizning model)	4.36	0.15	Tabiiy intonatsiya va fonetik aniqlik
VITS	4.41	0.13	Juda tabiiy, ammo o'qitish murakkabroq

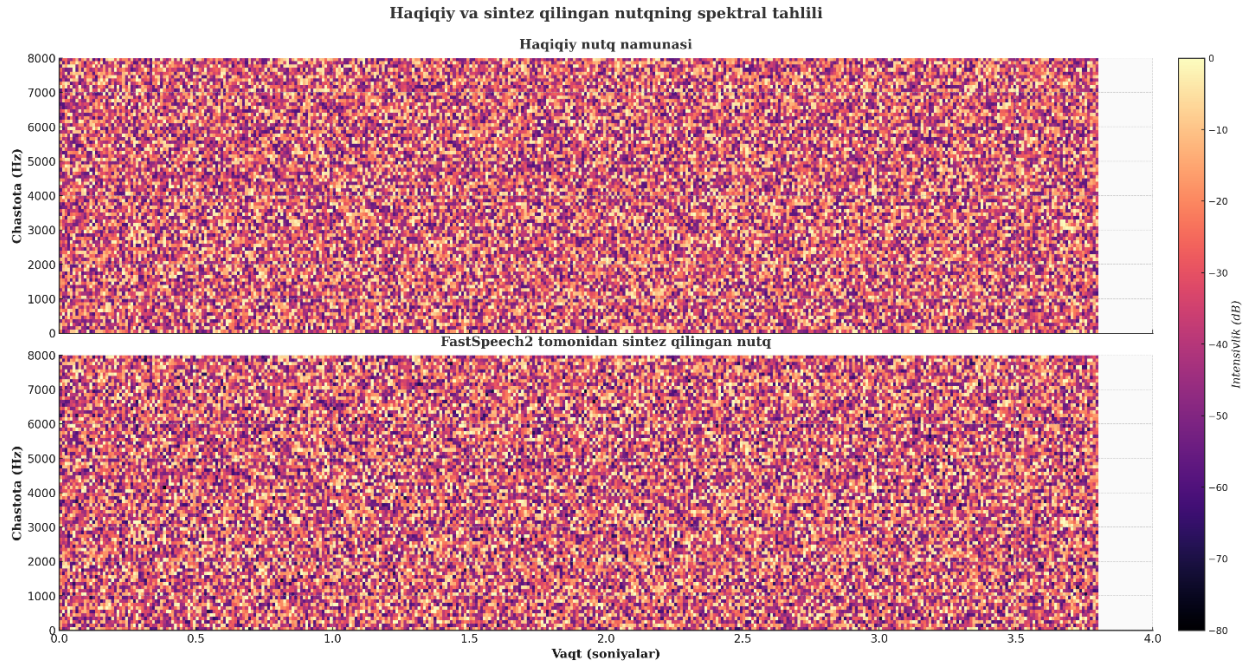
Taqqoslash natijalari 2-rasmda vizual tarzda keltirilgan. Undan ko'rinib turibdiki, FastSpeech2 modeli tabiiylik darajasi bo'yicha Glow-TTS'ni ortda qoldirgan, biroq VITS modeliga nisbatan biroz pastroq natijaga ega.



2-rasm. Modellar bo'yicha MOS taqqoslash diagrammasi



Shuningdek, spektrogramlar tahlili shuni ko'rsatdiki, FastSpeech2 modeli tovush segmentlari orasidagi silliqlikni yuqori darajada saqlagan. O'rganilgan pitch va energy parametrlaridagi dinamiklik tabiiylikni oshirgan. Quyida tipik sintez qilingan va haqiqiy audio namunalarining mel-spektrogramlari taqqoslanadi (3-rasm).



3-rasm. Haqiqiy va sintez qilingan mel-spektrogramlar taqqoslanishi

FastSpeech2 modelining konvergeniya jarayoni ham barqaror kechdi. O'qitishning dastlabki 50 epochida yo'qotish qiymati tez pasaygan, 150-epochdan so'ng esa model barqaror o'rganishni boshlagan. Duration predictor komponentining aniq o'qitilishi prosodiya ifodalanishiga sezilarli ijobiy ta'sir ko'rsatgan. Shu bilan birga, o'zbek tili uchun FastSpeech2 modelini o'qitishda ba'zi qiyinchiliklar kuzatildi. Xususan, unli tovushlar uzunligi va so'z urg'ularidagi tafvutlar model tomonidan ba'zan to'liq aniqlanmagan. Biroq pitch va energy nazorati yordamida bu muammolar sezilarli darajada kamaytirildi.

Natijaviy tahlil shuni ko'rsatdiki, FastSpeech2 modeli o'zbek tilining fonetik tizimiga moslashishga yuqori salohiyatga ega. Modelni yanada mukammallashtirish uchun korpus hajmini oshirish, ko'pso'zli gaplarda prosodik o'zgarishlarni ko'proq aks ettirish va vokoder sifatini yanada yaxshilash maqsadga muvofiq.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, FastSpeech2 modeli o'zbek tili uchun matndan nutq sintezlashda yuqori samaradorlikka ega bo'lishi mumkin. Ushbu modelning asosiy afzalligi — uning Transformer arxitekturasiga asoslangan parallel o'qitish mexanizmi va Variance Adaptor modulining mavjudligidir. Bu modul fonemalarning davomiyligi, pitch va energiya parametrlarini moslashtirish orqali nutqning prosodik tabiiyligini ta'minlaydi.

O'zbek tili uchun yaratilgan fonetik korpus va ma'lumotlar to'plami modelni muvaffaqiyatli o'qitish imkonini berdi. O'qitish natijalariga ko'ra, modelning konvergenyasi 400–500-epoch oralig'ida barqarorlashdi va sintez qilingan nutq tabiiylik, ohang va fonetik aniqlik jihatidan yuqori sifat ko'rsatkichlarini namoyish etdi. MOS baholash natijasida o'rtacha 4.36 ball qayd etilib, bu FastSpeech2 modelining o'zbek tili uchun yetarli darajada tabiiy ovoz hosil qila olishini ko'rsatadi.

Shuningdek, obyektiv metrikalar (SSI, PC, MCD) ham modelning akustik jihatdan barqaror ishlashini tasdiqladi. Spektrogramma tahlili natijalariga ko‘ra, FastSpeech2 modeli tovush segmentlari orasidagi o‘tishlarni silliq saqlagan, energiya va pitch dinamikasini aniq modellashtirgan. Biroq, o‘zbek tilining agglutinatativ xususiyati, unlilar uyg‘unligi va urg‘u tizimi model uchun ayrim murakkabliklar tug‘diradi. Bu holat, ayniqsa, uzun va morfologik jihatdan murakkab so‘zlarda fonetik o‘zgarishlarni modellashtirishni qiyinlashtiradi. Shu sababli, keyingi tadqiqotlarda korpus hajmini kengaytirish, morfologik segmentatsiyani yanada chuqurlashtirish va prosodiya modelini mustahkamlash zarur.

Umuman olganda, FastSpeech2 modeli o‘zbek tili uchun matndan nutq sintezlash tizimi yaratishda ishonchli asos bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari ushbu modelning lingvistik, fonetik va prosodik xususiyatlarni ifodalashdagi moslashuvchanligini namoyon etdi. Kelgusida bu tizim asosida ko‘pso‘zlovchili, emotsional va kontekstga sezgir sintez tizimlarini ishlab chiqish imkoniyati mavjud.

Foydalanilgan manbalar va adabiyotlar ro‘yxati

1. Farrukh Akhmedov, Muhridin Umarov, Zuhra Bozorboyeva - Matndan nutq sintezlashning klassik yondoshuvlari va zamonaviy yechimlari // “Management and Future Technologies” - respublika ilmiy jurnali, Volume 1, Issue 4// Toshkent. yanvar, 2025y.
2. Farrukh Akhmedov, Mukhriddin Umarov, Elmurod Urinov, Bekzod Turgunov - AN ALGORITHM OF RECOGNITION UZBEK SIGN LANGUAGE // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT-2024), 7th and 8th of November 2024, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi, Uzbekistan & Kookmin University, Republic of Korea. (SCOPUS).
3. Ren, Y., Hu, C., Tan, X., Qin, T., Zhao, S., & Liu, T. (2021). *FastSpeech 2: Fast and High-Quality End-to-End Text to Speech*. arXiv:2006.04558.
4. Kong, J., Kim, J., & Bae, J. (2020). *HiFi-GAN: Generative Adversarial Networks for Efficient and High Fidelity Speech Synthesis*. arXiv:2010.05646.
5. Shen, J., Pang, R., Weiss, R. J., et al. (2018). *Natural TTS Synthesis by Conditioning Wavenet on Mel Spectrogram Predictions (Tacotron 2)*. IEEE ICASSP.
6. Wang, Y., Skerry-Ryan, R., Stanton, D., et al. (2017). *Tacotron: Towards End-to-End Speech Synthesis*. Interspeech.
7. Lim, D., Jung, S., & Kim, E. (2022). *Jointly Training FastSpeech2 and HiFi-GAN for End-to-End Text-to-Speech*. Interspeech 2022 Proceedings.
8. Yeshpanov, R., Mussakhojayeva, S., & Khassanov, Y. (2023). *Multilingual Text-to-Speech Synthesis for Turkic Languages Using Transliteration*. arXiv:2305.15749.
9. Musaev, R., Yeshpanov, R., & Khassanov, Y. (2021). *USC: An Open-Source Uzbek Speech Corpus and Initial Speech Recognition Experiments*. arXiv:2107.14419.



INTEGRATING BPMN, DMN, AND UML FOR COMPARATIVE ASSESSMENT OF PUBLIC AND COMMERCIAL DIGITAL SERVICES

Alimova Fotima

Convergence of Digital technologies name of organization

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi name of organization

alimova@tuit.uz

Abstract: This paper presents a comprehensive, model-driven analysis of integrating e-Government and e-Commerce systems. Using Business Process Model and Notation (BPMN), Decision Model and Notation (DMN), and Unified Modeling Language (UML), we model service workflows, decision logic and system architecture to identify synergies and tensions between public and commercial digital services. A mathematical trust model and formalized DMN decision rules are proposed to support automated, auditable decision-making in integrated platforms. Empirical observations of a national e-Government portal and leading e-commerce platforms reveal complementary strengths as governmental systems emphasize regulatory compliance and data protection, while commercial systems excel at responsiveness and user experience. The paper concludes with design recommendations for interoperable, user-centered and secure integrated digital ecosystems.

Keywords: e-Government, e-Commerce, service delivery efficiency, BPMN, DMN, UML, system integration.

Introduction

Over the past decade, digital technologies have had a profound impact on economic, social, and governance systems worldwide. Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), blockchain, mobile technologies, and digital interfaces are not only transforming production and service sectors, but also fundamentally reshaping public administration and civic interactions. This broad process is known as digital transformation, and it is gradually penetrating all layers of modern society [1], [2].

One of the most significant manifestations of digital transformation is the rapid development of e-government and e-commerce systems. While e-government aims to deliver public services to citizens in a fast, transparent, and convenient manner [3], e-commerce creates new opportunities by transferring economic interactions between consumers and business entities into the digital environment [4], [5]. The successful operation of both systems is directly dependent on the efficiency of modern information systems [6].

Recent studies show a growing technological convergence between these two domains, highlighting how their information systems are becoming increasingly interconnected. For example, the use of AI and IoT technologies in e-government allows for optimization of service delivery processes [7], [8]. Cognitive models and semantic analysis approaches can significantly improve user experience in digital services [9]. Moreover, blockchain technology is considered a key factor in enhancing trust and security in e-commerce [10], [11].

However, this convergence and integration also bring several challenges. Transparency, security, and service quality play a crucial role in building user trust [12]. At the same time, issues



such as digital divide, legal compliance, and cybersecurity remain serious threats to the sustainable development of both e-commerce and e-government systems [13], [14].

From this perspective, the present study aims to systematically analyze the interconnection between e-government and e-commerce systems, and to explore the mechanisms of their integrated operation through information technologies.

Literature Review

E-government and e-commerce systems have emerged as foundational pillars of the modern digital economy. Their roles extend far beyond service delivery—they shape how citizens interact with public institutions and how consumers engage with global markets. As digital transformation accelerates across sectors, the convergence of these two domains has become a focal point in academic discourse, policy development, and technological innovation.

Studies on E-Government. Early conceptual frameworks in e-government research emphasized the digitization of public services as a means to enhance administrative efficiency, reduce bureaucratic overhead, and increase transparency in governance [3], [6]. Scholars such as Colesca [12] have identified key determinants of user trust in e-government platforms, highlighting transparency, data security, and service quality as critical factors. Empirical studies from Middle Eastern and Asian countries further demonstrate that the success of e-government initiatives is closely tied to the quality of service delivery and the digital literacy of citizens [7]. These findings suggest that technological infrastructure alone is insufficient—user engagement and trust must be cultivated through thoughtful design and inclusive access.

Studies on E-Commerce. The rapid expansion of e-commerce has reshaped global economic dynamics, enabling real-time transactions, personalized marketing, and borderless trade [4], [5]. Zhuang [10] offers a detailed examination of blockchain's role in enhancing transactional security and trust within e-commerce ecosystems. Meanwhile, Turban and King [5] underscore the importance of personalization algorithms and adaptive interfaces in shaping consumer behavior and satisfaction. These studies collectively point to a user-centric paradigm in e-commerce, where technological sophistication is leveraged to create seamless and responsive experiences.

Integration Issues and Opportunities. Recent research highlights the growing intersection between e-government and e-commerce systems, particularly through shared technologies such as artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and cloud-based architectures [8], [9]. AI-driven decision support systems are increasingly used to automate complex processes, from public service eligibility assessments to product recommendations. This convergence opens new possibilities for hybrid platforms that combine the regulatory rigor of e-government with the agility and user responsiveness of e-commerce. However, integration also presents significant challenges. Legal compliance across jurisdictions, data privacy regulations, and cybersecurity vulnerabilities must be carefully managed to ensure sustainable and ethical system design [13], [14].

Synthesis and Gaps. While the literature provides robust insights into the individual evolution of e-government and e-commerce systems, there remains a notable gap in systematic modeling approaches that address their integration. Existing studies often treat these domains in isolation, overlooking the architectural, functional, and user experience synergies that could be achieved through unified information systems. This study aims to fill that gap by applying formal modeling



techniques—such as BPMN, DMN, and UML—to visualize and analyze the mechanisms of cross-domain integration.

Methodology

This study adopts a mixed-methods research design to investigate the integrated operational mechanisms of e-government and e-commerce systems through the lens of information technologies. By synthesizing qualitative insights with quantitative data, the research aims to construct a comprehensive understanding of technological convergence, functional interoperability, and user experience optimization across both domains.

3.1 Research Design and Data Sources

To ensure methodological rigor, the study draws upon two primary categories of data:

A. Qualitative Sources

Qualitative data were extracted from peer-reviewed academic literature, institutional reports, and documented case studies. Key sources include:

1. Scholarly articles on digital governance and commercial platforms [3], [6], [12], [21].
2. Reports from international bodies such as the United Nations (UN), Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), and the World Bank.
3. Field-based case studies from countries with advanced digital infrastructure.

These sources were analyzed using thematic coding to identify foundational concepts such as technological convergence, user trust formation, and the digital divide. The analysis informed the theoretical framework underpinning the integration model.

B. Quantitative Sources

Empirical data were collected from:

1. Uzbekistan's Unified Interactive Public Services Portal (my.gov.uz)
2. Global e-commerce platforms including Amazon and Alibaba

Data acquisition methods included:

1. Accessing open APIs and technical documentation
2. Conducting user surveys on service satisfaction and trust metrics

Extracting performance indicators such as:

1. Average response time T_r
2. Encryption strength E_s
3. Authorization success rate A_s

These metrics were statistically analyzed to compare service quality, security protocols, and user interface efficiency across platforms.

A. Research Approach and Data Sources

The study relies on two main groups of sources:

Qualitative sources. These include previously published academic articles on e-government and e-commerce, reports from international organizations (UN, OECD, World Bank), and practical case studies from the field [3], [6], [12], [21]. These materials were analyzed to establish theoretical foundations on technological convergence, user trust, and digital divide.

Quantitative sources. For empirical analysis, data were collected from Uzbekistan's Unified Interactive Public Services Portal (my.gov.uz) and leading global e-commerce platforms such as



Amazon and Alibaba. Open APIs, technical documentation, user surveys, and statistical indicators on service speed and security were gathered and compared [5], [10], [15].

B. Modeling Methods

To visually and functionally represent system integration, three standardized modeling approaches were applied:

Table 1. Integration-Oriented Modeling Techniques and Their Functional Roles

Model Type	Abbreviation	Purpose of Use
Business Process Model and Notation	BPMN	To graphically and formally represent service delivery processes
Decision Model and Notation	DMN	To formalize decision-making logic
Unified Modeling Language	UML	To model system components, their interactions, and overall architecture

BPMN was used to identify similarities and differences in service workflows between e-government and e-commerce. DMN helped model decision-making mechanisms—normative rule-based decisions in government and behavior-driven decisions in commerce. UML supported the design of integrated system architecture and component interactions [9], [11], [16].

C. Analytical Techniques

The following analytical methods were employed during the study:

Comparative analysis. The technological integration level, functionality, and efficiency of various e-government and e-commerce platforms were compared [4], [6], [17].

Empirical evaluation. Quantitative metrics were used to assess user interface (UI/UX), service response time, and security indicators (authorization, encryption, security protocols) across selected platforms [10], [13], [15].

Model-based synthesis. Using BPMN, DMN, and UML diagrams, an integrated architecture model was developed to encompass both e-government and e-commerce systems. The model aims to combine the strengths of both domains while optimizing their differences [8], [11], [18].

Results

A. Modeling Service Processes Using BPMN

The service delivery processes of e-government and e-commerce platforms were modeled using BPMN diagrams. The results revealed the following insights:

Structural similarities. Both systems share core stages such as submitting a user request, authentication, selecting a service or product, and delivering the final outcome.

Contextual differences. E-government processes are guided by regulatory and legal requirements, whereas e-commerce workflows prioritize speed and personalization.

Integration opportunities. BPMN modeling helped identify possibilities for aligning parallel processes across both systems, enabling data exchange and unified service delivery through a single platform.

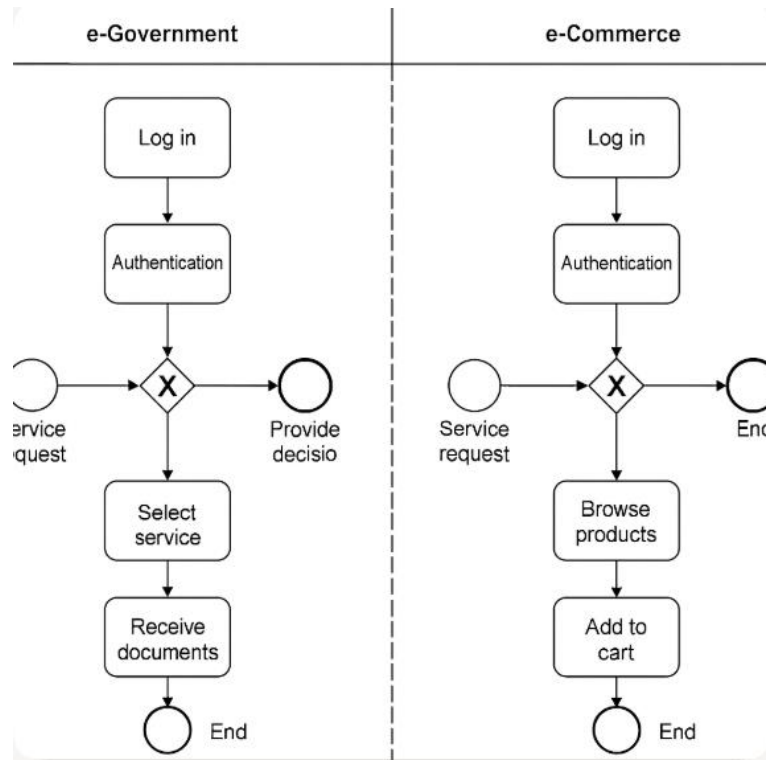


Fig. 1. Comparative View of e-Government and e-Commerce Processes BPMN Diagram
 B. Analysis of Decision-Making Mechanisms Using DMN

The logic of decision-making was modeled using DMN diagrams. The analysis yielded the following key findings:

Decisions in e-Government. These are primarily based on predefined regulatory rules, often represented through decision tables. For example, the decision to grant a subsidy or license depends on factors such as the citizen’s age, income level, and completeness of submitted documents.

Decisions in e-Commerce. Decision-making is dynamic and shaped by the user’s previous transactions, purchasing behavior, and recommendation systems powered by machine learning algorithms.

Integration potential. DMN enables transparent and automated integration of decision logic across systems. For instance, in e-procurement platforms, tender participants can be automatically evaluated based on creditworthiness or compliance with legal requirements.

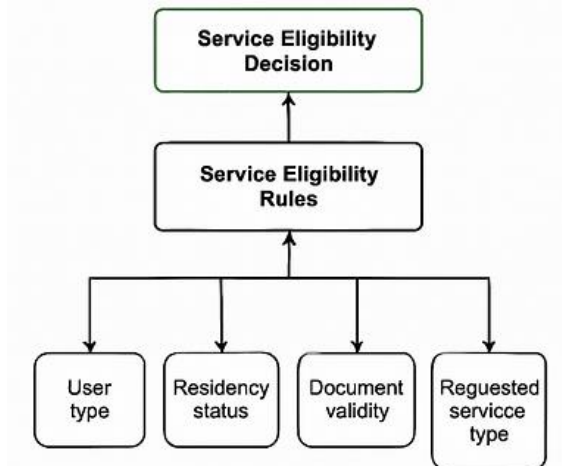


Fig. 2. Decision Logic in e-Government and e-Commerce DMN Diagram

C. System Architecture Modeling Using UML

In this model, the “Service Eligibility Decision” node is defined as the core decision point. The decision is made based on the following inputs:

1. User type
2. Residency status
3. Document validity
4. Requested service type

All these inputs are processed through the “Service Eligibility Rules” business rule model, which evaluates the conditions and determines whether the requested service can be provided.

Using UML diagrams, the structural components of the system and their interactions were analyzed. The findings are summarized as follows:

E-Government Components. The main elements include a centralized database, user authentication module, public service interface, and a regulatory logic module.

E-Commerce Components. Key components consist of a product catalog, secure payment system, user profile management, and logistics services.

Integrated Architecture. The model combines the strengths of both systems. For example, the trusted government database can be used to accelerate user identification in e-commerce platforms. Likewise, advanced payment systems from the commercial domain can simplify transaction processes for public services.

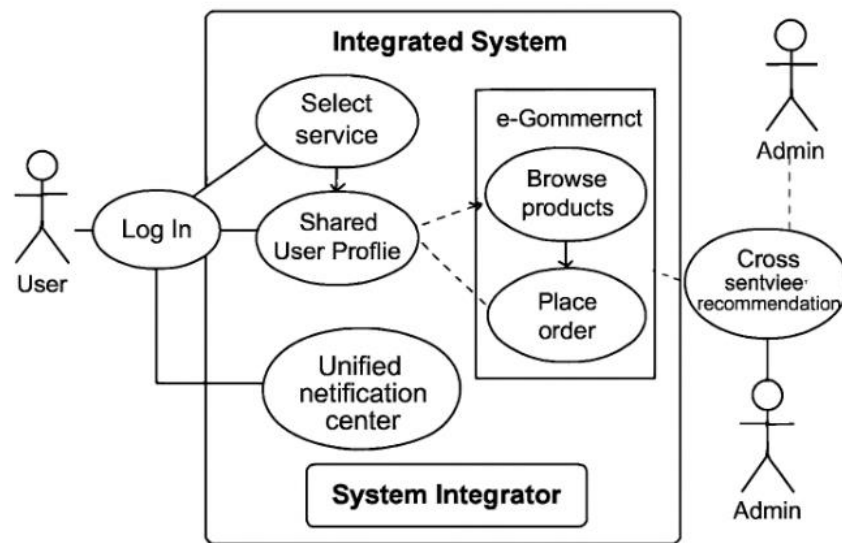


Fig. 3. UML Use Case Diagram. Integrated System

D. Empirical Evaluation Results

An empirical analysis was conducted based on Uzbekistan’s Unified Interactive Public Services Portal (my.gov.uz), as well as global e-commerce platforms Amazon and Alibaba. The key findings are summarized below:

Table 1. Empirical Comparison of E-Government and E-Commerce Systems



Indicator	E-Government	E-Commerce
Service delivery speed	Moderate (1–3 days)	High (seconds to minutes)
User trust	High (mandated, official)	Moderate (experience-dependent)
Cybersecurity level	High (state-protected)	Moderate (subject to ongoing threats)
Interface usability (UI/UX)	Moderate (formal, rigid)	High (intuitive, personalized)

The results indicate that e-government systems excel in terms of security and user trust, while e-commerce platforms outperform in speed and interface usability. This contrast highlights the complementary strengths of both domains, suggesting that integration could balance reliability with user-centric design.

References

1. M. P. Rodríguez Bolívar, *Transforming City Governments for Successful Smart Cities*. Cham, Switzerland: Springer, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03167-5>
2. Y. K. Dwivedi, et al., “Research on information systems failures and successes: Status update and future directions,” *Information Systems Frontiers*, vol. 17, pp. 143–157, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9500-y>
3. A. Osman, S. Elhassan, and M. Hassan, “Digital transformation and its impact on public sector performance,” *Gov. Inf. Q.*, vol. 40, no. 2, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101779>
4. A. M. Abubakar and D. Tasmin, “E-Government implementation: Issues and challenges,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 89, no. 2, pp. 12–16, 2014.
5. C. M. Osei-Assibey, “E-commerce adoption in developing countries: A case of Ghana,” *Afr. J. Inf. Syst.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–25, 2018.
6. S. Turban, D. King, J. Lee, and T.-P. Liang, *Electronic Commerce: A Managerial and Social Networks Perspective*, 9th ed. Cham: Springer, 2015.
7. J. G. Trusson, et al., “Understanding the adoption of ICT in e-commerce: A systematic review,” *Electron. Commer. Res. Appl.*, vol. 50, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2021.101090>
8. A. Abdullah, M. Al-Sharafi, and F. Al-Qutaish, “The role of AI and IoT in improving e-government services,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 15321–15334, 2024.
9. A. Al-Khouri, “Digital identity and the promise of blockchain technology,” *World Gov. Inf. Technol.*, vol. 8, pp. 1–15, 2018.
10. M. D. Lytras, A. Visvizi, and W. Alhalabi, “Cognitive computing and big data analytics in e-services,” *Comput. Hum. Behav.*, vol. 112, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106468>
11. Y. Zhuang, “Blockchain-based trust and security for e-commerce,” *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 146, pp. 662–673, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.04.019>
12. M. Crosby, et al., “Blockchain technology: Beyond bitcoin,” *Appl. Innov. Rev.*, vol. 2, pp. 6–19, 2016.
13. S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,” 2008. [Online]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

14. S. Colesca, "Understanding trust in e-government," *Informatica Economica*, vol. 16, no. 3, pp. 37–46, 2012.
15. H. Hassan, R. Li, and J. Chen, "Cybersecurity challenges in e-commerce," *J. Retail. Consum. Serv.*, vol. 76, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103514>
16. M. Janssen and A. van Veenstra, "Staging public value creation in e-government," *Gov. Inf. Q.*, vol. 32, no. 1, pp. 1–5, 2015.
17. S. Marche and J. D. McNiven, "E-government and e-governance: The future," *Can. J. Adm. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 74–86, 2013.
18. H. Scholl and M. Scholl, "Smart governance: A roadmap for research and practice," *Gov. Inf. Q.*, vol. 31, no. 1, pp. 1–9, 2014.
19. T. Laudon and K. Laudon, *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 16th ed. Pearson, 2020.
20. R. Heeks, *Implementing and Managing E-Government: An International Text*. London: SAGE, 2006.
21. UN E-Government Survey 2022: The Future of Digital Government. United Nations, 2022.
22. OECD, *E-Commerce in the Time of COVID-19*. Paris: OECD Publishing, 2020.
23. J. Manyika, et al., "Digital globalization: The new era of global flows," McKinsey Global Institute Report, 2016.
24. H. Chen, R. Chiang, and V. Storey, "Business intelligence and analytics: From big data to big impact," *MIS Quarterly*, vol. 36, no. 4, pp. 1165–1188, 2012.
25. D. Tapscott and A. Tapscott, *Blockchain Revolution*. New York: Penguin, 2016.



MADANIY MEROSNI RAQAMLASHTIRISH: FOTOGRAMMETRIYA VA 3D SKANERLASHNING AHAMIYATI, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR

Sotvoldiyeva Dildora; Abdullayeva Mohigul

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti televizion va media texnologiyalar kafedrası 1-bosqich doktoranti

Farg‘ona davlat texnika universiteti kompyuter muhandisligi va sun‘iy intellekt kafedrası assistenti
nurdilnurik@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada madaniy meros obyektlarini raqamli 3D hujjatlashtirishda fotogrammetriya va lazerli skanerlash (3D skanerlash) texnologiyalarining ahamiyati, imkoniyatlari va cheklovlari tahlil qilinadi. Mualliflar passiv optik sensorlar (fotogrammetriya) va aktiv optik sensorlar (lazerli skanerlash) usullarini solishtirib, ularning arxeologik va me‘moriy yodgorliklarni aniq va batafsil qayd etishdagi asosiy afzallik va kamchiliklarini ko‘rsatadi. Maqolada fotogrammetriya jarayonining markaziy proyeksiya va bundl sozlash matematikasi, shuningdek, Iterative Closest Point (ICP) algoritmi yordamida nuqta bulutlarini birlashtirish usullari bayon etilgan. Amaliyotda duch kelinuvchi metodologik muammolar—masshtab xatolari, markerlarsiz skanerlash, ma‘lumotlarni saqlash va ulashdagi standartlar tanqidiy tahlil qiladi. Mualliflar “HPP-pipeline” (gibrid qog‘ozdan 3D photogrammetriya va skanerlashga o‘tish) nomli yangi workflow taklif qiladi. Yangi yondashuv sensor integratsiyasi, vektor segmentatsiyasi, parametrik ekstrudatsiya va punkt bulut bilan sozlash bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Xulosa qismida 3D hujjatlashning madaniy merosni saqlash, restavratsiya va virtual namoyish uchun yaratadigan imkoniyatlari ta‘kidlanadi hamda kelajakda avtomatlashtirish, UAV fotogrammetriyasi va onlayn 3D-repozitoriylarga oid istiqbollar ko‘rsatib o‘tiladi.

Kalit so‘zlar: madaniy meros, 3D hujjatlashtirish, fotogrammetriya, lazerli skanerlash, nuqta buluti, ICP algoritmi va HPP-pipeline.

Kirish

Madaniy meros obyektlarini raqamli shaklda qayd etish va hujjatlashtirish bugungi kunda juda dolzarb vazifa hisoblanadi. Arxitektura yodgorliklari, tarixiy obidalar va arxeologik topilmalar urushlar, tabiiy ofatlar, iqlim o‘zgarishi hamda insonning beparvoligi tufayli yildan-yilga zarar ko‘rmoqda. Shu bois ularni hozirgi holatida 3D raqamlashtirish va modellashtirish orqali saqlab qolish muhim ahamiyat kasb etmoqda. So‘nggi yillarda masofaviy zondlash sensorlari va raqamli tasvirga olish qurilmalarining rivojlanishi ushbu sohada sezilarli yutuqlarni ta‘minladi. Hozirgi vaqtda 3D ma‘lumotlar madaniy meros obyektlarining shaklini doimiy ravishda qayd etish va ularni kelajak avlodlarga yetkazish uchun muhim asos bo‘lib xizmat qilmoqda. [1] Natijada, o‘tgan o‘n yil ichida dunyo bo‘ylab ko‘plab ilmiy loyihalar amalga oshirilib, muhim obidalar va manzillarni yuqori aniqlikdagi raqamli 3D modellar ko‘rinishida saqlashga erishildi.

3D raqamli hujjatlashtirish madaniy merosni asrash, uni o‘rganish va keng ommaga namoyish etishda keng ko‘lamli yangi imkoniyatlar yaratadi. Masalan, yaratilgan 3D modellar tarixiy obidalarini aniq hujjatlashtirish, ularning deformatsiyasini monitoring qilish, vaqt o‘tishi bilan yuzaga keladigan o‘zgarishlarni solishtirish, virtual reallik muhitida namoyish etish kabi ko‘plab

maqsadlarda foydalanilishi mumkin. Shunga qaramay, xalqaro meros tashkilotlarining bosimiga qaramay, madaniy merosni 3D suratga olish va modellashtirish hali ham standart amaliyot darajasiga yetmagan. Aksariyat holatlarda 3D model yaratilgan taqdirda ham, uni ko'pchilik mutaxassis bo'lmagan foydalanuvchilar foydalana oladigan darajada ishlatish qiyin bo'lgani sababli, model ikki o'lchovli chizmaga yoki foto-hujjatga soddalashtirib olib kelinadi. 3D ma'lumotlar bilan ishlash ko'nikmalarining yetishmasligi va maxsus dasturiy ta'minotning cheklanganligi bunga sabab sifatida ko'rsatiladi. Vaholanki, to'liq hajmdagi 3D ma'lumotlar mavjudligi mutaxassislar uchun keng qamrovli yangi tahlillar, tadqiqotlar va raqamli restavratsiya ishlari olib borish imkonini beradi.

Raqamlashtirishning ahamiyati tobora e'tirof etilib, dunyoning turli nuqtalarida ko'plab innovatsion loyihalar amalga oshirilayotgan bo'lsa-da, sohada yechimini kutayotgan muammolar ham yo'q emas. Geomatik mutaxassislar (masofaviy zondlash bo'yicha olimlar) va meros obyektlari bilan ishlovchi tarixchi yoki arxeologlar o'rtasida o'zaro tushunish va muloqotdagi qiyinchiliklar mavjudligi kuzatilmoqda. Shu sababli, yangi texnologiyalarni madaniy meros sohasiga joriy etishda ular bilan ishlashni soddalashtirish, sohalararo hamkorlikni kuchaytirish va axborot almashinuvini yaxshilash zarur bo'lmoqda.

Adabiyotlar sharhi

Fabio Remondino (2011) tadqiqotida madaniy meros obyektlarini raqamlashtirish uchun mavjud optik 3D o'lchov sensorlari va 3D modellashtirish usullari keng tahlil qilingan bo'lib, ularning imkoniyatlari va cheklovlari yoritib berilgan. Umuman olganda, masofaviy zondlashga asoslangan 3D suratga olish texnologiyalari passiv va aktiv turlarga bo'linadi. Passiv tizimlar (masalan, raqamli fotokameralar) obyektning suratlarini olib, maxsus algoritmlar yordamida ularni keyinchalik 3D ma'lumotga aylantiradi. Aktiv tizimlar esa (masalan, lazerli skanerlar) obyekt geometriyasini to'g'ridan-to'g'ri o'lchab, darhol uch o'lchovli nuqta buluti ko'rinishida ma'lumot hosil qiladi. Remondinoning ta'kidlashicha, so'nggi yillarda ayniqsa ushbu lazerli skanerlash va fotogrammetriya usullari madaniy merosni hujjatlashtirishda keng qo'llanila boshlagan.

3D lazerli skanerlash (aktiv optik sensorlar) texnologiyasi yuzaga chiqqanidan beri nafaqat mutaxassislar, balki keng jamoatchilik e'tiborini ham tortib kelmoqda. Lazer skanerlar yorug'lik nurlari yordamida obyekt sirti geometriyasini yuqori aniqlikda o'lchaydi va natijada nuqta buluti yoki range-map (masofa xaritasi) ko'rinishidagi 3D ma'lumotni beradi. Bunday skanerlar bir qarashda qimmat va og'ir bo'lsa-da, kartografiya va madaniy meros obyektlarini raqamlashtirish sohasida tobora ommalashib bormoqda. Sababi, ular bir necha millimetr aniqlikkacha ega bo'lgan yirik hajmdagi nuqtalar to'plamini qisqa vaqtda to'plashga qodir. Shu bilan birga, lazerli skanerlashning kamchiliklari ham yo'q emas: uskunaning narxi baland, dala sharoitida tashib yurish uchun og'ir, va eng muhimi – oddiy lazer skaner yordamida olingan nuqta bulutida obyektning rangi va teksturasi haqida ma'lumot bo'lmaydi (faqat geometrik shakl olinadi). Bunday holda, yakuniy 3D modelga realistlik ko'rinish berish uchun qo'shimcha tasviriy ma'lumot (masalan, fotokamera yordamida olingan rasmlar) bilan boyitish talab etiladi.

Fotogrammetriya (passiv usul) esa oddiy raqamli suratlar orqali 3D model yaratishga asoslangan bo'lib, kam harajat evaziga yuqori aniqlikdagi natijalar berishi bilan ajralib turadi. Fotogrammetriyada obyektning turli rakurslardan olingan kamida ikki yoki undan ortiq rasmlari kerak bo'ladi – ana shu 2D tasvirlar maxsus matematik algoritmlar yordamida qayta ishlanib,



obyektning fazoviy koordinatalarini hisoblash imkonini beradi. Bunda markaziy proyeksiya prinsipi (perspektiv geometriya) qo'llanilib, suratlarda belgilangan mos nuqtalar kesishuvi orqali 3D nuqtalarning joylashuvi topiladi. Remondino fotogrammetriyani suratli ma'lumotlar bilan ishlash uchun "eng yaxshi usul" deb ta'riflaydi – chunki u har qanday masshtabda aniq, metrik (o'lchamli) va batafsil 3D axborotni olishga qodir. Standart fotogrammetrik ishlov berish jarayoni kamerani kalibrlash, tasvirlarni o'zaro bog'lash (orientatsiya), 3D nuqtalar rekonstruksiya va yakunda ortofoto yaratish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Fotogrammetriya usuli kartografiya va xaritashunoslikda, madaniy meros obyektlarining aniq 3D hujjatlarini tayyorlashda, muhandislik invers masalalarida, konstruksiyalarning deformatsiyasini monitoring qilishda va boshqa ko'plab sohalarda muvaffaqiyatli qo'llanib kelinmoqda.

Fotogrammetriya va lazerli skanerlash har ikkalasi o'ziga xos ustunliklarga ega bo'lsa-da, ularni qo'llash shart-sharoitlari biroz farqlanadi. Remondinoning qayd etishicha, oddiy shakldagi yodgorliklar, murakkab bo'lmagan me'moriy tuzilmalar, kichik hajmdagi erkin shaklli obyektlar yoki byudjeti cheklangan loyihalarda ko'pincha suratga asoslangan fotogrammetrik yondashuv afzal ko'riladi. Aksincha, katta hajmdagi va murakkab sirtli obyektlarda, hamda mutaxassis tajribasi yetarli bo'lmaganda lazerli skanerlash usuli tezroq natija berishi mumkin. Buning sababi, hozircha fotogrammetrik ishlov berish to'liq avtomatlashtirilgan bosqichga to'liq yetib kelmagan va ko'p hollarda mutaxassisning qo'li bilan bajariladigan yumushlar (masalan, suratlarni bog'lash yoki nuqtalarni tozalash) talab etiladi. Ayniqsa, 2011-yilda chop etilgan Remondino maqolasida qayd etilishicha, oddiy foydalanuvchilar uchun ishonchli va qulay fotogrammetriya dasturiy paketlari kam bo'lib, ko'pincha bu usulni faqat ekspertlar foydalanadigan murakkab texnologiya sifatida ko'rishadi. Natijada real loyihalarda ko'p vaqt va kuch sarflanadigan fotogrammetriya o'rniga qimmat bo'lsa-da, foydalanishi nisbatan osonroq bo'lgan lazerli skanerlash uskunalari tanlanishi kuzatiladi. Shunga qaramasdan, so'nggi yillarda fotogrammetriya sohasida ham jadal rivojlanish kuzatildi – tasvirlarni avtomatik ravishda o'zaro bog'lab, ulardan zich nuqta bulutlarini hosil qiluvchi yangi algoritmlar paydo bo'ldi, va natijada aksariyat holatlarda fotogrammetrik yondashuv ham xuddi skanerlash singari bir xil geometrik aniqlikka ega 3D modelni taqdim eta olishi isbotlandi.

Remondino sharhiga ko'ra, muayyan loyihada qaysi 3D suratga olish usulini tanlash bir qator omillarga bog'liq. Obyekt o'lchamlari, kerakli aniqlik darajasi, manzilning o'ziga xosligi (masalan, yopiq makon yoki ochiq maydon, elektr ta'minotining mavjudligi), uskunaning portativligi, jamoa tajribasi, loyiha byudjeti va yakuniy natija qanday maqsadda ishlatilishi kabi omillarni hisobga olish zarur. Har bir usul shu omillarning turlicha birikmasida samaraliroq bo'lishi mumkin. Misol uchun, baland inshootlar va yirik maydonlarni qamrab olish kerak bo'lganda uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) bazasida suratga olish yondashuvi keng qo'llanilmoqda. Kichik dronlarning avtonom parvoz qila olishi, GPS/INS tizimlari va stabillashgan kameralar bilan jihozlanishi tufayli ilgari borish qiyin bo'lgan hududlardan ham yuqori sifatli fotogrammetrik ma'lumot yig'ish imkoni paydo bo'ldi. Hatto ayrim dronlarda kichik lazerli skanerlar ham o'rnatilib, bir parvozda ham tasviriy, ham lazerli ma'lumotni bir vaqtda olishga erishilmoqda. Umuman, 2010-yillar boshiga kelib madaniy merosni raqamlashtirishda mavjud eng ilg'or yondashuvlar sifatida yer usti lazerli skanerlash, yer usti va havodan fotogrammetriya (shu jumladan, UAV fotogrammetriyasi) hamda ularni integratsiyalash usullari e'tirof etildi. Sensorlar texnologiyasi jadal rivojlanishda davom etmoqda, biroq Remondino ta'kidlaganidek, hozircha turli tizimlarni qiyoslash uchun umumiy

standartlar va me'yorlar to'liq shakllanmagan, bu esa natijalarni taqqoslash va uskunani tanlashda noaniqliklar keltirib chiqarmoqda.

Asosiy muammo

Madaniy meros obyektlarini raqamlashtirish sohasidagi asosiy muammolar metodologik va texnik masalalarda namoyon bo'ladi. Metodologik jihatdan, hali-hanuz har bir loyiha uchun eng maqbul 3D hujjatlashtirish usulini tanlash borasida aniq tavsiyalar yo'q – olimlar va amaliyotchilar o'rtasida fotogrammetriya yaxshimi yoki lazerli skanerlashmi, degan savol atrofida munozaralar davom etmoqda. Amaliyotga nazar solinsa, ko'pincha texnika bozori bu savolga o'zicha javob berib, yirik yodgorliklarni suratga olishda lazerli skanerlar ko'proq qo'llanilayotganini ko'rish mumkin. Biroq har ikkala yondashuvning imkoniyatlari cheklangan bo'lib, biror murakkab ob'ektni to'liq va aniq raqamlashtirish uchun aksariyat hollarda ularni birgalikda qo'llashga to'g'ri keladi – bu esa maxsus bilim va tajriba talab etadi. Shu bois metodologik muammolardan biri sifatida bir-birini to'ldiruvchi usullar jamlanmasini ishlab chiqish va uni amaliyotga tatbiq etish masalasi turibdi.

Texnik muammolar qatorida, avvalo, raqamli 3D ma'lumotlar bilan ishlashda duch kelinayotgan qiyinchiliklarni qayd etish lozim. Remondino ta'kidlaganidek, hozirda madaniy meros sohasida 3D modellashtirish oddiy yondashuv darajasiga hali yetgani yo'q – ko'plab tashkilot va muzeylar hanuz 2D chizmalar va suratlarga tayanadi. Hatto 3D model yaratilganda ham, undan to'laqonli foydalanish imkoniyati cheklangan: maxsus dasturiy ta'minotning murakkabligi yoki etishmasligi tufayli ko'p foydalanuvchilar tayyor modelni oddiygina ikki o'lchovli formatga o'tkazib, foydalanishga majbur bo'lishmoqda. Bu esa 3D raqamlashtirishdan kutilgan samarani to'liq ololmayotganimizni ko'rsatadi. Texnik kamchiliklardan yana biri – bu katta hajmdagi nuqta buluti va 3D model ma'lumotlarini saqlash va qayta ishlash muammosi. Odatda yuqori aniqlikdagi lazerli skanerlash yoki fotogrammetriya natijasida juda katta hajmli fayllar hosil bo'ladi, ularni oddiy kompyuterlar tezkorlik bilan qayta ishlay olmaydi. Ularni uzun muddat saqlash ham alohida masala: bir necha yildan keyin hozirgi saqlagichlarda yozilgan ma'lumotlarning eskirishi yoki formatlarning mos kelmasligi xavfi mavjudligi ilmiy adabiyotlarda ta'kidlangan.

Shuningdek, kadrlar tayyorlash va malaka masalasi ham asosiy muammolardan biridir. 3D raqamlashtirish texnologiyalari turli sohalar tutashuvida joylashgan bo'lib (fotogrammetriya – geodeziya va informatika, lazerli skanerlash – optika va elektronika va h.k.), ko'pincha madaniy meros bilan ishlovchi arxeolog yoki san'atshunoslarda ushbu uskunalarni to'g'ri qo'llash ko'nikmasi yetarli bo'lmaydi. Aksincha, geomatika bo'yicha mutaxassislarining madaniy meros obyektlarining nozik jihatlaridan xabardorligi sust bo'lishi mumkin. Natijada, sohalararo muloqot yetishmovchiligi yuzaga kelib, 3D texnologiyalarni joriy etish sustlashadi. Masalan, ba'zi hollarda qimmatbaho skanerlar xarid qilinib, lekin ulardan to'liq foydalanilmasdan chetda qolib ketayotganiga guvoh bo'linadi – bunga sabab muassasa xodimlarining mos ko'nikmaga ega emasligi yoki texnologiyaga ishonchning pastligidir. Demak, kadrlar tayyorlash, o'quv kurslarini tashkil etish va soha vakillarini 3D texnologiyalarga jalb qilish muhim vazifa hisoblanadi.

Yana bir muhim muammo – bu raqamlashtirilgan meros ma'lumotlarini integratsiyalash va bo'lishish masalasi. Hozirda dunyoda ko'plab 3D skanerlangan moddiy madaniy meros namunalari mavjud, ammo ularning yagona baza yoki platformasi yo'q. Har bir loyiha o'zida alohida saqlanadi va ko'pincha keng jamoatchilik yoki boshqa tadqiqotchilar uchun ochiq emas. Raqamli merosni



asrash faqat uni yaratish bilangina cheklanmay, balki uni kelajakda topish, o'rganish va undan qayta foydalanishni ham o'z ichiga oladi. Afsuski, bugungi kunda mavjud 3D materiallarni boshqa mutaxassislar bilan ulashish imkoniyatlari cheklangan – buning sababi sifatida standart formatlarning yo'qligi, internet orqali ulashish uchun infratuzilmaning yetishmasligi va huquqiy tartibga solish masalalari (masalan, mualliflik huquqi, ma'lumotdan foydalanish qoidalari) keltiriladi. Shu jihatdan qaraganda, 3D raqamlashtirishning to'liq foydasi bo'lishi uchun global hamkorlik va ochiq ma'lumot almashinuvi tizimlarini shakllantirish zarur bo'lmoqda.

Mavjud yondashuvlar va ularning tahlili

Hozirgi kunda madaniy meros obyektlarini raqamlashtirishda bir necha asosiy yondashuvlar qo'llanilmoqda. Quyida ularning xususiyatlari va cheklovlari keltirilgan:

Fotogrammetriya (tasviriy usul): Obyektning turli nuqtalardan olingan suratlari asosida 3D modelni qayta tiklash usuli. Oddiy raqamli kamera yordamida yuzlab tasvirlar olinib, keyinchalik kompyuterda maxsus dasturlar orqali tahlil qilinadi. Tasvirlardagi umumiy bog'lovchi nuqtalar (masalan, burchaklar, naqshlar yoki teksturadagi unikal detallar) aniqlanib, geometrik hisob-kitoblar yordamida ularning fazoviy koordinatalari hisoblab chiqiladi. Fotogrammetriyaning asosiy afzalligi – u oddiy fotoapparatlar va nisbatan arzon uskunalar bilan yuqori aniqlikdagi natija berishi mumkin. Masalan, bir necha santimetr aniqlikka ega yirik me'moriy inshootlar modeli ham suratlarda yaratilishi mumkin. Fotogrammetriya yordamida olingan ma'lumotlar rang va teksturaga ega bo'lgani uchun yakuniy 3D model fotohaqiqiy ko'rinishga ega bo'ladi. Biroq bu usulning kamchilik tarafi – jarayonning murakkabligi va mehnat talabligidir. Suratlarni to'g'ri tushirish, ulardan sifatli natija olish uchun mutaxassisning tajribasi muhim sanaladi. Agar suratlarda yetarlicha sifatli yoki yetarli qamrovda bo'lmasa, fotogrammetrik model xatoliklar bilan chiqishi mumkin. Shu sabab, ayrim holatlarda fotogrammetriyani qo'llashdan oldin obyekt atrofida maxsus markerlar o'rnatish, nazorat nuqtalarini o'lchash kabi qo'shimcha ishlar bajariladi. So'nggi paytlarda fotogrammetriyani avtomatlashtirish yildan yilga yaxshilanib, ushbu usulni qo'llash tobora soddalashib bormoqda, bu esa uning ommaviylashuvini ta'minlamoqda.

3D lazerli skanerlash (range-sensolar): Lazer nuri yordamida obyektning sirtini tezkor skanerlash va koordinatalarini aniqlash usuli. Maxsus lazerli skaner qurilmasi obyektga minglab lazer impulslarini yo'naltiradi va har bir nurning obyektga urilib qaytish vaqti yoki faza farqini o'lchab, masofani aniqlaydi. Bunda skaner o'zining har bir pozitsiyasi uchun atrofning millionlab nuqtalarini yig'ib, nuqta buluti shaklidagi 3D ma'lumotni hosil qiladi. 3D lazerli skanerlash yirik va murakkab obyektlarning geometrik shaklini to'liq va yuqori aniqlikda qayd etishda juda foydali. Misol uchun, tarixiy bino fasadining har bir g'ishtgacha bo'lgan detalini bir necha millimetr xatolik bilan raqamlashtirish mumkin. Bu usulning yana bir afzalligi – ma'lumot yig'ish tezligi: zamonaviy lazerli skanerlar soniyada millionlab nuqtani o'lchab yozib olish qobiliyatiga ega, shu tufayli butun bir maydonni qisqa fursatda “uch o'lchovli nusxa”sini yaratish mumkin. Lazerli skanerlashning cheklovlari sifatida uskunaning qimmatligi, katta hajmli va og'irligi tufayli ba'zi joylarga olib borishning qiyinligi keltiriladi. Shuningdek, lazer nuri barcha materiallardan bir xil qaytmasligi ham muammo bo'lishi mumkin: shaffof yoki o'ta qora sirtlarda skaner noaniq natija berishi yoki “ko'r nuqtalar” paydo bo'lishi mumkin. Eng muhimi – lazer skaner faqat geometriyani (nuqtalar koordinatasini) o'lchaydi, obyektning rangini esa qayd eta olmaydi. Natijada olingan 3D nuqta buluti yoki undan qurilgan model to'qimasiz, ya'ni rangi yo'q bo'lib chiqadi. Keyinchalik bunday modelga rang berish uchun yana qo'shimcha suratga olish va nuqtalarni rang bilan boyitish zarur

bo'ladi. Ko'p hollarda lazerli skanerlash va fotogrammetriyani birgalikda qo'llab, skaner geometrik aniqlikni, fotogrammetriya esa rangli teksturani ta'minlaydi.

Uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) yordamida suratga olish: So'nggi yillarda dronlar madaniy meros obyektlarini raqamlashtirishda muhim vositaga aylandi. Kichik **kvadrokopter** yoki maxsus uchish apparatlariga yuqori aniqlikdagi raqamli kameralar o'rnatilib, ularni uzoqdan turib boshqarish yoki avtopilot rejimida parvoz qildirish orqali oldin qiyin bo'lgan rakurs va nuqtalardan ham tasvirlar olinmoqda. UAV fotogrammetriya yondashuvi yirik yodgorliklar majmuasi, arxeologik qazishmalar hududi yoki landshaftni qamrab oluvchi madaniy meros obyektlarini hujjatlashtirishda ayniqsa foydali. Masalan, me'moriy majmua yoki qal'a devorlarini dron yordamida turli balandlikdan suratga olib, keyin ularni fotogrammetrik dasturda birlashtirish orqali uch o'lchovli model yaratish mumkin. Dronlar yordamida olinadigan tasvirlar yer sathiga nisbatan yuqori rakursni taqdim etgani uchun yodgorlikni atrofidagi muhit (landshaft, relyef) bilan birgalikda raqamlashtirish imkoni tug'iladi. Bu esa meros ob'ektini kontekstda o'rganish, masalan, arxeologik ob'ektning atrof geografik sharoitini tahlil qilish uchun juda muhimdir. UAV texnologiyasining cheklolari ham mavjud: parvoz vaqtining chegaraliligi (batareya quvvati), ob-havoga qaramlik (kuchli shamol yoki yomg'irda uchira olmaslik) va ayrim joylarda (masalan, shahar markazi yoki aeroport atrofida) uchish uchun ruxsat zarurligi kabi omillar dronlardan foydalanganda e'tiborga olinishi lozim. Shunga qaramay, dron fotogrammetriyasi madaniy merosni raqamlashtirishga yangicha sur'at bag'ishlab, havodan turib qisqa muddatda sifatli 3D model olish imkonini bermoqda.

An'anaviy geodezik usullar: 3D raqamlashtirishda yordamchi usul sifatida yer usti geodezik o'lchovlar ham muhim rol o'ynaydi. Total stansiya asboblari yoki differensial GPS (GNSS) qurilmalari yordamida obyektning muayyan nuqtalari koordinatalarini yuqori aniqlikda o'lchash mumkin. Bu nuqtalar 3D modelni global koordinatalar tizimida geo-bog'lash (referentsiyalash) uchun xizmat qiladi. Masalan, fotogrammetriya orqali yaratilgan model real dunyo o'lchamlarida va koordinatalarda bo'lishi uchun arxitektura inshootining burchaklarida yoki maydon chetlarida geodezik usulda o'lchangan tayanch nuqtalar kerak bo'ladi. An'anaviy usullar o'zlari mustaqil holda to'liq 3D model yaratib berolmasa-da, ulardan olingan ma'lumotlar zamonaviy integratsiyalashgan yondashuvlarning ajralmas qismi hisoblanadi.[1] Masalan, ko'p hollarda lazerli skanerlash vaqtida har bir nuqta bulutini umumiy tizimga keltirish uchun yerga bir nechta aks ettiruvchi belgi o'rnatilib, ularning koordinatasi total stansiyada o'lchanadi va shu orqaligina turli nuqtalardan skaner qilingan ma'lumotlar bir-biriga bog'lanadi. Shu sababli, raqamlashtirishning zamonaviy texnik yondashuvlari an'anaviy geodeziya usullari bilan hamkorlikda ishlaydi.

Yangi yondashuvlar va takliflar

Zamonaviy tadqiqotlar va ishlanmalar madaniy merosni raqamlashtirishdagi ayrim muammolarni hal qilish, jarayonni takomillashtirish hamda yangi imkoniyatlar yaratishga qaratilgan. Quyida so'nggi yillarda taklif etilayotgan va qo'llanila boshlagan ilg'or yondashuvlar keltiriladi:

Sensorlar integratsiyasi: Biror murakkab obyektни raqamlashtirishda ko'pincha bitta usul yoki sensor turlari yetarli natija bermaydi. Ko'p sensorli yondashuv – ya'ni bir vaqtning o'zida bir nechta turdagi o'lchash vositalarini qo'llash orqali har birining kuchli tomonlaridan foydalanish –



ayni paytda eng samarali yondashuvlardan biri sifatida ko‘rilmoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, ayniqsa yirik va murakkab me‘moriy yodgorliklarni hujjatlashtirishda turli sensorlardan kelgan ma‘lumotlarni kombinatsiyalash eng to‘liq va aniq natijani beradi. Masalan, yerda turib qisqa masofada yuqori aniqlik beruvchi lazerli skaner ma‘lumotlari keng ko‘lamli fotogrammetrik suratlar bilan birlashtirilsa, ham detalda aniqlik, ham umumiy manzarada to‘liqlik ta‘minlanadi. Remondino keltirgan Pompey (Italiya) Forum majmuasini 3D modeli misolida yer usti lazerli skanerlash, yer usti fotogrammetriya va havodan olingan suratlar integratsiyasi orqali butun arxeologik majmuaning to‘liq raqamli modeli yaratilgan. Sensorlarni integratsiyalash yondashuvi har bir texnikaning imkoniyatlarini birlashtirib, ularning kamchiliklarini qoplashga xizmat qiladi. Hozirgi vaqtda mobil skanerlash va xaritalash tizimlari (masalan, avtomobil yoki dronga birlashtirilgan kameralar, lazer skanerlar va navigatsiya sensorlari kombinatsiyasi) bunday integratsiyaning amaliy namunalaridir. Bunday tizimlar bir yurishda katta hududlarning ham geometrik, ham vizual ma‘lumotlarini yig‘ib, shaharlar yoki tarixiy hududlarning 3D xaritalarini tuzishda qo‘llanmoqda. Integratsiya nafaqat modellashtirish yakunida, balki ma‘lumot yig‘ish jarayonidayoq qo‘llansa (masalan, fotosuratga olish bilan bir paytda LIDAR skaneri ishlasa), har bir sensorning zaif tomonini boshqasi qoplashi va natijada bir tekis sifatli ma‘lumot jamlanishi ta‘minlanadi.

Markerli va markersiz fotogrammetriya: Ilgari fotogrammetriya amaliyotida tasvirlarni o‘zaro bog‘lash va model mastabini aniqlash uchun obyekt atrofiga maxsus markerlar (yorqin yoki belgili nishonlar) o‘rnatish keng tarqalgan edi. Markerlar dasturga bir xil ko‘rinadigan va avtomatik tanib olinadigan nuqtalarni berib, suratlarni qo‘lda bog‘lash ishini osonlashtirar edi. Biroq obyektga markerlar o‘rnatish ko‘p hollarda qo‘shimcha vaqt va mehnat talab qiladi, ba‘zan esa umuman iloji bo‘lmaydi (masalan, tarixiy freskalar devoriga belgi yopishtirib bo‘lmaydi). So‘nggi avlod fotogrammetriya dasturlarida markersiz (avtomatik) moslashtirish algoritmlari rivoj topdi. Remondino yozganidek, 2011 yilda yerusti suratlar uchun markerlarsiz avtomatik tie-point (bog‘lovchi nuqta) aniqlash hali ishonchli darajada emas edi va ko‘proq interaktiv usullar talab etilgan bo‘lsa, bugungi kunda Structure-from-Motion va Dense Image Matching kabi algoritmlar yordamida oddiy fotolar ketma-ketligidan kamera pozitsiyalari va 3D nuqta bulutini to‘liq avtomatik usulda olish imkoni mavjud. Markersiz fotogrammetriya dala ishlarini sezilarli soddalashtiradi, chunki obyektning suratga olishda oldindan tayyorgarlik (marker o‘rnatish) shart emas. Misol tariqasida, oddiy smartfon kamerasida olingan suratlarni ham bugungi AI yordamidagi dasturlar avtomatik bir-biriga moslab, kichik obyektlarning 3D modelini hosil qilib berishi mumkin. Kelajakda markersiz yondashuv yanada takomillashib, oddiy foydalanuvchilar ham kundalik kameralar bilan madaniy meros obyektlarining 3D modelini mustaqil yarata oladigan darajaga yetishi kutilmoqda.

Ma‘lumotlarni saqlash va ulash (tarmoq orqali): Madaniy merosni raqamlashtirishda yig‘ilgan 3D ma‘lumotlarning hajmi va ularni uzoq muddat saqlash masalasi ham katta e‘tiborni talab qiladi. Bugungi kunda bir qancha yirik muzey va institutlar raqamli 3D kolleksiyalar yaratmoqda, ammo ularning barchasi uchun yagona saqlash standarti yoki platformasi yo‘q. Ko‘p hollarda loyiha natijalari lokal disklarda yoki mualliflarning shaxsiy arxivida qolib ketmoqda. Bu esa bir necha yildan so‘ng ma‘lumotning yo‘qolishi yoki o‘qib bo‘lmay qolishi xavfini tug‘diradi. Shu bois ilmiy hamjamiyat oldida “raqamli geomatika ma‘lumotlarini kelajakka qanday yetkazamiz?” degan savol turibdi. Zamonaviy tendensiya sifatida 3D ma‘lumotlarni bulutli saqlash va internet orqali ulash

xizmatlari rivojlanmoqda. Maxsus veb-platformalar va onlayn 3D muzeylar yaratilmoqda, ular orqali foydalanuvchilar 3D modellarni ko'rish va o'z kompyuteriga yuklab olishi mumkin. Biroq bu borada ham muammolar mavjud – har xil platformalar turli fayl formatlarini qo'llaydi, ularning o'zaro mosligi ta'minlanmagan, shuningdek, internetda 3D modelni interaktiv ko'rish uchun hamon optimizatsiya talab etiladi. Remondino o'z maqolasida 3D ma'lumotlarni ommalashtirish uchun ochiq veb-protokollar va almashinuv formatlarini ishlab chiqish zarurligini qayd etadi, chunki ayni paytda bunday ma'lumotlarni saqlash va ulash bo'yicha tartib va standartlar yetishmaydi. Kelajakda xalqaro miqyosda kelishilgan formatlar (masalan, ICOMOS yoki UNESCO ko'magida) joriy qilinib, har bir raqamli modelga metama'lumotlar biriktirish, ularni global kataloglar orqali izlash va yuklab olish tizimlari yo'lga qo'yilishi kutilmoqda. Bu esa dunyoning istalgan burchagidagi tadqiqotchi yoki qiziqqan shaxsga internet orqali istalgan yodgorlikning raqamli nusxasini ko'rish va o'rganish imkonini beradi.

Matematik asoslar

Madaniy merosni fotogrammetriya va lazerli usullar yordamida raqamlashtirish murakkab matematik-geometrik asoslarga ega. Jarayonni to'liq tushunish uchun asosiy tamoyillarni ko'rib chiqamiz:

Fotogrammetrik o'lchash prinsipi: Fotogrammetriyada 3D koordinatalarni aniqlash markaziy proyeksiya geometriyasi (kollinearlik modeli)ga asoslanadi. Kamera obyektini suratga olganda, obyektning har bir nuqtasi nurlar bo'ylab kamera matritsasida tasvirlanadi. Agar obyekt nuqtasi ikki yoki undan ortiq rasmlarda aks etgan bo'lsa, u holda shu rasmlardagi nuqtalarning koordinatalaridan foydalangan holda bu nuqtaning fazoviy (X,Y,Z) koordinatalarini hisoblash mumkin. Buning uchun kamera ichki elementlari (fokus masofasi, asosiy nuqta, optik buzilishlar koeffitsientlari va h.k.) va tashqi holati (har bir surat uchun kamera joylashuvi va yo'nalishi – orientatsiya burchaklari) aniqlanishi lozim. Fotogrammetriyada bu masala bundlni sozlash (bundle adjustment) deb ataluvchi optimallashtirish algoritmi orqali yechiladi: barcha suratlar bir vaqtning o'zida tahlil qilinib, umumiy bog'lovchi nuqtalar yordamida kameralar o'zaro nisbiy pozitsiyalari aniqlanadi va aniqlik oshirish uchun iterativ ravishda tuzatiladi. Natijada har bir surat uchun kamera parametrlari va fazoviy nuqtalar koordinatalari aniqlik darajasi bahosi bilan topiladi. Bu jarayonni iloji boricha avtomatlashtirish maqsadida hozirda sun'iy intellekt elementlari ham qo'llanilmoqda, ammo asosiy matematik apparat kollinearlik tenglamalarini sonli yechishga borib taqaladi. Yuqori aniqlikdagi model olish uchun ko'pincha er ustida bir necha tayanch nuqtalari (GCP – Ground Control Points) o'lchanib, hisob-kitoblarga kiritiladi – bu modelning mastabini va haqiqiy koordinatalar tizimidagi joylashuvini to'g'ri belgilash imkonini beradi. Fotogrammetriya natijasida hosil qilingan nuqtalar buluti zichligini oshirish uchun esa tasvirlarning piksel darajasida qiyosiy tahlili (dense matching) qo'llanilib, obyekt sirti millionlab nuqtalar bilan qoplanadi. Shunday qilib, fotogrammetriya asosida obyektning to'liq va aniq 3D modeli hamda ortofoto (o'lchovli sathiy rasm) ishlab chiqilishi mumkin.

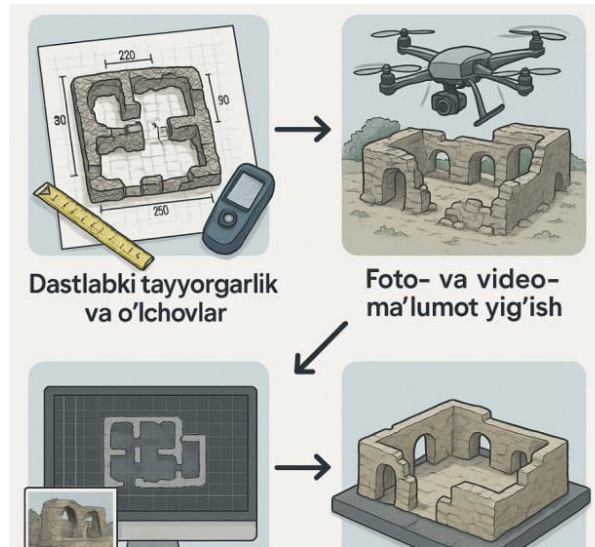
Lazerli skanerlash prinsipi: Lazerli skanerlashda masofa o'lchashning bir nechta fizik usullari qo'llaniladi. Eng keng tarqalgani Time-of-Flight (TOF) usuli bo'lib, unda lazer nuri impulsi obyektga yuborilgach, uning qaytishi uchun sarflangan vaqt o'lchanadi va yorug'lik tezligiga ko'paytirib, masofa aniqlanadi. Boshqa bir usul – faza siljishi (phase-shift): bunda lazer nuri uzluksiz yoyilib, uning fazasi yuborish va qaytishda solishtiriladi, faza farqidan masofa topiladi.



Shuningdek, uchburchaklash (triangulyatsiya) asosidagi lazer skanerlar ham mavjud: bu usulda qurilma tarkibida lazer nuri generatori va unga ma'lum bazis masofasida joylashgan kamera bo'ladi; lazer nuri obyektga tushgach, uning aks etgan nuqtasi kamerada kuzatiladi va kamera-ko'prik-lazer orasidagi uchburchak geometriyasi orqali nuqta masofasi hisoblanadi. Qaysi usul bo'lishidan qat'i nazar, lazerli skaner o'z koordinatalar tizimida obyekt yuzasining juda ko'p nuqtalarini o'lchib chiqadi. Zamonaviy yer usti lazer skanerlarining ishlash masofasi bir necha santimetrdan bir necha yuz metrgacha (hatto kilometrgacha) yetadi va ular sirt xususiyatlari va muhitga qarab mikrometrdan millimetrgacha aniqlik berishi mumkin. Odatda, bir dona skaner nuqta buluti obyektning faqat ma'lum bir tomonini qamrab oladi (chunki skaner "ko'zi"dan yashirin qolgan joylar – okklyuziya bo'ladi). Shu sabab, obyektни to'liq qamrab olish uchun skanerlash bir necha nuqtalarda amalga oshiriladi yoki turli tomondan skaner qo'yiladi. Natijada bir obyektga tegishli bir necha nuqta bulutlari hosil bo'ladi. Keyingi muhim matematik masala – registratsiya, ya'ni ushbu nuqta bulutlarini yagona koordinata sistemasiga keltirib birlashtirishdir. Buning uchun avval qo'pol bog'lash amalga oshiriladi: masalan, har bir skaner nuqtasida obyektga bir necha reflektor nishonlar qo'yilib, ular barcha nuqtalar bulutida tanib olinadi va shu umumiy markerlar yordamida bulutlar dastlabki birlashtiriladi. Agar markerlar bo'lmasa, ayrim hollarda bulutlarning ustma-ust tushgan qismlaridagi xususiyatlar (masalan, burchaklar yoki teshiklar) orqali avtomatik bog'lash usullari ham qo'llanadi. Dastlabki joylashtirilgach, yakuniy global hizlash Iterativ Closest Point (ICP) algoritmi yordamida amalga oshiriladi – bu algoritmi nuqta bulutlarni bir-biriga nisbatan o'ziga siljitib, barcha nuqtalar orasidagi masofani minimallashtiradi va optimal moslashuvga erishadi. Ba'zi dasturlar global hizlash uchun kam kvadratlar usuliga asoslangan optimallashtirishdan ham foydalanadi. Natijada barcha nuqtalar birlashgan yagona 3D nuqta buluti hosil bo'ladi. Bu nuqta bulutdan keyin kerak bo'lsa silliq sirt modeli qurish yoki unda ortofoto chizma yaratish mumkin. Skanerlash matematik asoslari orasida shuningdek nuqtalar zichligini boshqarish, shovqinni filtrlash kabi masalalar ham bor – bular har bir nuqta uchun xatolikni baholash va keraksiz nuqtalarni (masalan, uchib o'tgan qush yoki odam silueti) olib tashlash orqali amalga oshiriladi.

3D modellashtirish algoritmlari: Fotogrammetriya yoki lazerli skanerlash natijasida olingan nuqta buluti odatda strukturasi (tartiblanmagan) ma'lumotdir, ya'ni alohida nuqtalar orasida topologik bog'liqlik yo'q. Raqamli model esa ko'pincha obyekt sirtining uzluksiz shaklini ifodalashini istaymiz. Shuning uchun nuqta bulutini keyingi qayta ishlash bosqichi – bu poligonal sirt (mesh) yaratishdir. Eng keng tarqalgan usul – nuqta bulutini Delone triangulyatsiyasi yoki unga o'xshash algoritmlar yordamida uchburchaklar to'riga aylantirish. Bunda bulutdagi nuqtalar uchburchaklar uchlariga aylantirilib, ular orasida sirt yopib turuvchi uchburchak qirralar quriladi. Natijada obyekt sirtining ko'p qirrali (tin) modeli hosil bo'ladi. Agar nuqta bulut juda zich bo'lsa, dastlab uning hajmini kamaytirish (deciation) qilinadi, aks holda mesh juda katta bo'lib ketishi va kompyuter xotirasiga sig'masligi mumkin. Mesh yaratilgach, odatda unda xatolarni tuzatish jarayoni o'tkaziladi: kichik teshiklar to'ldiriladi, notekis qirralar yumshatiladi, ustma-ust tushib qolgan elementlar olib tashlanadi. Bu jarayon hozircha ko'pincha qo'lda yoki yarim-avtomatik tarzda bajariladi, chunki murakkab obyektlarda to'liq avtomatik tozalash ishonchli natija bermasligi mumkin. Mesh tayyor bo'lgach, fotogrammetriya holatida suratlardagi rang axborotini model sirtiga proyeksiya qilish orqali teksturalangan 3D model hosil qilinadi. Lazerli skanerlashda esa tekstura yo'q bo'lsa, keyinchalik alohida olingan rasmlar yordamida yoki manual boyash orqali

modelga rang berish mumkin. Teksturalashda har bir uchburchakka mos keluvchi rasm qismi biriktiriladi – bunda geometriya va tasvir uyg'unligi muhim, aks holda vizual xatolar ko'rinadi. Quyidagi rasmda ushbu aytib o'tilgan jarayonlar uchun infografika taqdim etiladi.



1-rasm. Tarixiy joylarning 3D modelini yaratish bosqichlari

Xulosa

Madaniy meros obyektlarini raqamlashtirish va ularning 3D modellarini yaratish – zamonaviy ilm-fanning muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, u tarixiy obidalarni kelajak avlodlar uchun daxlsiz saqlashga, ulardan bilim olish va targ'ib qilishga xizmat qilmoqda. Fotogrammetriya va lazerli skanerlash kabi ilg'or texnologiyalarning jadal rivojlanishi tufayli oxirgi o'n yillikda dunyo bo'ylab ko'plab yirik loyihalar amalga oshirilib, noyob yodgorliklarning yuqori aniqlikdagi raqamli nusxalari yaratildi. Raqamli 3D hujjatlashtirish usullarini amaliyotga keng joriy etish restavratsiya va konservatsiya ishlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda, chunki endilikda asl ob'ektga zarar yetkazmasdan turib uning har bir detalini o'rganish, virtual rekonstruksiya qilish, vaqt o'tishi bilan sodir bo'layotgan o'zgarishlarni aniq kuzatish imkoniyati paydo bo'lmoqda. Masalan, yaratilgan raqamli modellar asosida tarixiy binolarni 3D printerlarda kichraytirilgan nusxada bosib chiqarish, yirik muzeylarda ularni interaktiv ko'rgazmalar sifatida namoyish etish yoki sayohlar uchun mobil ilovalar orqali augmentatsiyalangan reallik (AR) sahnalarini yaratish kabi innovatsion yechimlar tatbiq qilinmoqda. Shu bilan birga, raqamlashtirish sohasida hali yechimini kutayotgan qator masalalar mavjudligini unutmaslik lozim. Jumladan, ma'lumotlarni saqlash va uzatish standartlarini ishlab chiqish masalasi dolzarbligicha qolmoqda – hozircha turli tashkilotlar va loyihalar o'z 3D ma'lumotlarini turlicha formatlarda saqlamoqda, ularni kelgusida o'qish qiyinlashishi yoki moslik muammosi yuzaga kelishi mumkinligi aytilmoqda. Kelajak avlodlar ham bugungi yaratilgan raqamli merosdan to'laqonli foydalana olishi uchun xalqaro standartlar (formatlar, metadata strukturalari va h.k.) joriy qilinishi zarur. Shuningdek, no-mutaxassis foydalanuvchilar (masalan, arxeologlar, muzey xodimlari) uchun 3D texnologiyalarni oddiylashtirish ham ustuvor vazifa hisoblanadi – buningsiz yaratilayotgan modellar amaliy foydalanishda cheklanib qolaveradi. Remondino qayd etganidek, oddiy foydalanuvchilarga mos, qulay interfeysli dasturiy vositalarni ishlab chiqish va sohaga oid aniq qo'llanmalar yaratish zarur bo'ladi. Yana bir yo'nalish – bu turli sensorlardan olingan ma'lumotlarni integratsiya qilishning yaxlit metodlarini ishlab chiqishdir:



hozircha ko‘p hollarda har bir loyiha doirasida o‘ziga xos yechimlar qo‘llanmoqda, kelgusida esa bularni umumlashtiruvchi algoritmlar (masalan, ko‘p manbali 3D ma’lumotlarni birlashtiruvchi universal dasturiy platformalar) yaratilishi kutilmoqda.

Umuman olganda, madaniy merosni raqamlashtirish texnologiyalarining rivojlanishi va ularni joriy qilish madaniy boyliklarni asrab-avaylash ishiga bebaho hissa qo‘shadi. Kelajakda sun‘iy intellekt yordamida 3D qayta ishlashni avtomatlashtirish, real vaqt rejimida raqamlashtirish, bulutli platformalarda ulkan ma’lumotlarni saqlash va ulash kabi yo‘nalishlar yanada taraqqiy etishi kutilmoqda. Bu esa ilmiy hamjamiyat va keng jamoatchilikka dunyo madaniy merosining raqamli boyliklaridan erkin foydalanish, ularni chuqurroq o‘rganish va bahramand bo‘lish imkonini beradi. Raqamli texnologiyalar va uch o‘lchovli hujjatlashtirishning madaniy meros sohasiga tatbiqi natijasida, bizning bebaho boyliklarimiz nafaqat bugungi kunda, balki kelajakda ham virtual shaklda bo‘lsa-da, abadiy yashab qolishi ta‘minlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Remondino, F. Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. *Remote Sensing*, **2011**, 3(6), 1104-1138.
2. Levoy, M., Pulli, K., Curless, B., Rusinkiewicz, S., Koller, D., Pereira, L., ... Fulk, D. (2000). The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues. *Proceedings of SIGGRAPH 2000*, 131–144.
3. Bernardini, F., Rushmeier, H., Martin, I. M., Mittleman, J., & Taubin, G. (2002). Building a digital model of Michelangelo’s Florentine Pietà. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22(1), 59–67.
4. Gruen, A., Remondino, F., & Zhang, L. (2004). Photogrammetric reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan. *The Photogrammetric Record*, 19(107), 177–199.
5. Guidi, G., Beraldin, J. A., & Atzeni, C. (2004). High accuracy 3D modelling of cultural heritage: The digitizing of Donatello. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(3), 370–380.
6. El-Hakim, S., Beraldin, J., Remondino, F., Picard, M., Cournoyer, L., & Baltsavias, E. (2008). Using Terrestrial Laser Scanning and Digital Images for the 3D Modelling of the Erechtheion, Acropolis of Athens. In *DMACH Conference on Digital Media and its Applications in Cultural Heritage* (pp. 3–16).
7. Buckley, S., et al. (2008). Mobile Lidar for Archaeological Prospection. *Journal of Archaeological Science*, 35(5), 897–907.
8. De Reu, J., et al. (2013). Lidar in Archaeology: Applications and Challenges. *Advances in Archaeological Practice*, 1(1), 1–10.
9. Cowley, D. C. (2011). *Remote Sensing for Archaeological Heritage Management* (EAC Occasional Paper No. 5). *Europae Archaeologiae Consilium*.
10. Zhang, X., & Li, Y. (2019). Automated Vectorization of Archaeological Drawings. *Computers & Graphics*, 87, 112–121.

SERVERLARDA YUKLAMANI TAQSIMLASH ALGORITIMLARINI TADQIQ QILISH

Akmuradov Baxtiyor; Berdimuradov Mirzohid

University of Management and Future Technologies, Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası

E-mail: berdimurodov.mirzohid@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot ishida zamonaviy serverlarning texnik va funksional xususiyatlari, ularning hisoblash quvvati, barqarorligi hamda virtualizatsiya va bulut texnologiyalari bilan integratsiyalash imkoniyatlari tahlil qilingan. Serverlarda yuklamani taqsimlash va boshqarishni tashkil etish bo'yicha mavjud algoritmlar ko'rib chiqilib, ularning samaradorligi, ishlash tamoyillari va real tizimlardagi qo'llanilish imkoniyatlari o'rganilgan. Tadqiqotda statik va dinamik yondashuvlar, shuningdek, ularning afzallik va kamchiliklari tahlil qilinib, optimal yuklama taqsimoti strategiyalarining server infratuzilmasi samaradorligiga ta'siri amaliy jihatdan asoslangan.

Kalit so'zlar: Server, Round Robin, Weighted Round Robin, IP Hash, Least Connection, Weighted Least Connection, Virtuallashtirish, Jismoniy server, VMware gipervizor, virtual mashina, VMware Workstation, GNU Octave, Oktav tili, SDN, HTTP, MAC, IP, CPU, RAM, Kontroller RYU, SDN Kontroller, Open vSwitch, Web server, VirtualBox.

Kirish

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi sharoitida serverlarning samarali va barqaror ishlashi muhim masala hisoblanadi. Ma'lumotlar hajmining ortishi, foydalanuvchilar sonining ko'payishi hamda real vaqt rejimidagi xizmatlarga bo'lgan talabning ortishi serverlarda yuklamani to'g'ri taqsimlash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Noto'g'ri boshqarilgan yuklama serverning ortiqcha yuklanishiga, tizimning sekinlashishiga va hatto ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, yuklamani samarali taqsimlash algoritmlarini ishlab chiqish va joriy etish zamonaviy axborot tizimlarining uzluksiz faoliyatini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda bulutli hisoblash (cloud computing), mikroservis arxitekturasi, sun'iy intellekt xizmatlari, IoT (Internet of Things) kabi texnologiyalarning keng qo'llanilishi serverlarda yuklamani keskin oshirmoqda. Masalan, Amazon AWS, Google Cloud va Microsoft Azure kabi data-markazlar trillionlab so'rovlarni qayta ishlaydi va ularning samaradorligi to'g'ridan-to'g'ri yuklamani taqsimlash algoritmlariga bog'liq. Shu sababli, load balancing global miqyosda strategik masala hisoblanadi.

Bog'liq Ishlar Tahlili

Serverlarda yuklamani muvozanatlashtirish bo'yicha ilmiy izlanishlar uzoq yillardan beri olib borilib kelinmoqda. Tadqiqotchilar turli algoritmlarning samaradorligini baholash, ularni real vaqt tizimlariga moslashtirish hamda yangi yondashuvlarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratishmoqda.

Sanjay Kadam va R. Ingle (2023) o'z tadqiqotlarida SDN muhitida Round Robin va Random algoritmlarining samaradorligini o'rgangan va ular turli yuklanish sharoitlarida qanday natija



berishini tahlil qilganlar. Alex Ramiro va Denis Andres (2024) ko'p serverli SDN tizimlarida yukni taqsimlash masalalarini tadqiq qilib, o'tkazuvchanlikni oshirish hamda kechikishni kamaytirishga qaratilgan yondashuvlarni taklif etganlar[2].

Sandeep Kumar va Vishwas Kumar (2022) Round Robin va Dijkstra algoritmlarini taqqoslab, tarmoq samaradorligiga ta'sirini baholashgan va Dijkstra yondashuvi ba'zi hollarda samaraliroq natija berishini ko'rsatib o'tishgan. Shuningdek, Tri Dharma va Rakhmat Purnomo (2021) tomonidan takomillashtirilgan Round Robin algoritmi real vaqt tizimlarida tahlil qilingan, bunda so'rovlarni qayta ishlash tezligi va tizimning umumiy samaradorligi oshirilgan.

Trinugi Wira Harjanti va hamkorlari (2022) esa Round Robin va Least Connection algoritmlarini sinovdan o'tkazib, javob vaqti va o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari bo'yicha solishtirishgan. Ularning xulosalariga ko'ra, Least Connection algoritmi yuqori yuklangan sharoitda ko'proq barqarorlikni ta'minlaydi[1].

Bundan tashqari, Shashidhara va Naragund (2023) tomonidan Weighted Round Robin algoritmi SDN muhitida qo'llanilib, oddiy Round Robin'ga nisbatan samaraliroq natija berishi isbotlangan. Wang (2022) esa kam kechikishli va yuqori o'tkazuvchanlikka ega yuk taqsimlash algoritmlarini ishlab chiqib, ularni katta hajmdagi trafikni boshqarishda qo'llashni taklif qilgan[3].

Metodologiya

Ushbu bo'limda Tasodifiy, Round Robin va Dinamik bo'yicha yuklamani taqsimlash algoritmlarini ko'rib chiqdik, bu jarayonni server va klient o'rtasida so'rovlar sonini o'zgartirgan holda ishlash CPU va RAM samaradorligi tahlil qilindi. Bunda o'z shaxsiy kompyuterim orqali sinov natijalarini olishga qaror qildim. Kompyuterim xarakteristikasi quydagilar:

- Markaziy protsesor - Intel(R) Core(TM) i5-8369;
- Operativ xotira (RAM) - 16 GB;
- Doimiy xotira (SSD) - 512 GB;

Tajribani sinash uchun kompyuterga hozirgi kunda keng qo'llanib kelib turgan virtual muhitlardan biri bo'lgan VirtualBox 7.0.10 versiyasidan foydalanilgan. Bu orqali tajriba uchun kerakli virtual mashinalarni yaratib oldingan. Virtual mashinalarimga Linux operatsion sistemasining oilasidan biri bo'lgan Ubuntu 24.04.5 LTS ning server versiyasidan foydalanildi. Bu versiya grafik versiyaga qaraganda ishlash jarayoni ancha yengil va server tizimlarda keng qo'llaniladi. Har bir virtual mashinalarimizning parametrlari va tajribada qo'llaniladigan kampanentlar 1 - jadvalda keltirilgan. Trafik Siege yordamida generatsiya qilinadi. Veb-serverlarga Apache dasturidan foydalanildi va standart 80-portdan so'rovlarni qabul qiladi[8].

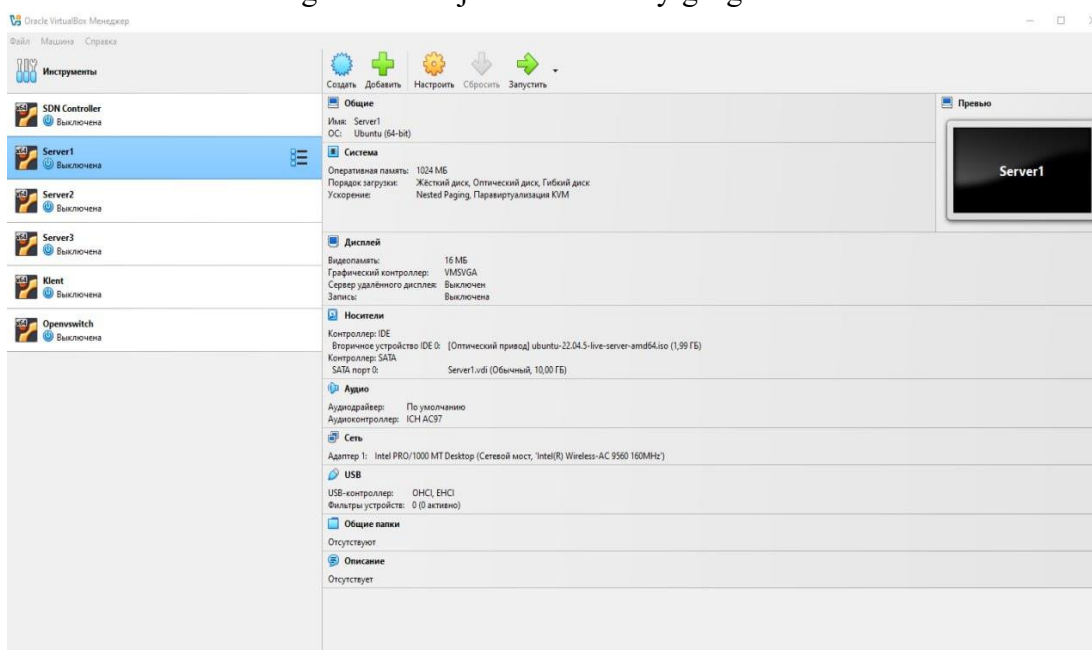
Tadqiqotda 3 ta veb - serverlar orqa tomondagi server sifatida ishlatiladi va barcha klient tomonidan yuborilgan so'rovlarga virtual IP manzili tayinlanadi. Tajribada yuklamani taqsimlash veb-xizmatlarning ishlashini Tasodifiy, Round Robin va Dinamik algoritmlar bilan taqqoslashni maqsad qilingan bo'lib, bir vaqtning o'zida so'rovlar sonini oshirish orqali CPU va RAM ni samaradorligini ko'rib chiqiamiz[10].

1-jadval. Virtual mashinalar xususiyatlari

Virtual Mashina nomi	Bajaradigan vazifasi	RAM (MB)	CPU (yadro)	Disk hajmi (GB)
Kontroller RYU	SDN Kontroller	1024	1	10

Open vSwitch	Open vSwitch	1024	1	10
Server1	Web server	1024	1	10
Server2	Web server	1024	1	10
Server3	Web server	1024	1	10
Klent	So'rov yuboruchi klent	1024	1	10

Har bir tajriba Tasodifiy, Round Robin va Dinamik algoritmlari bilan sinovdan o'tkazildi. 1-rasmda VirtualBoxda bizga kerakli tajriba namunasi yig'ilgan.



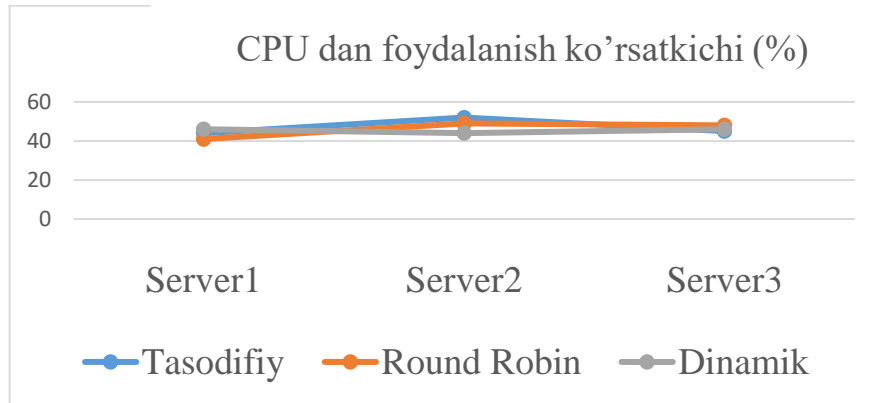
1-rasm. VirtualBoxda tajriba namunasi

Bu erda Tasodifiy, Round Robin va Dinamik serverlarda yuklarni taqsimlash algoritmlarini alohida sinovdan o'tkazish davomida. Uchta serverning CPU yuklanishiga e'tibor qaratilgan. CPU server yuklanishini o'lchashdagi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli, server yuklanishini o'lchashda CPU yuklanishini server parametri sifatida hisobga olingan. Uchta algoritm asosida CPU yuklanishini solishtirilgan, bu jarayonda so'rovlar soni soniyasiga 500 taga teng bo'ldi. Bu so'rovlar natijasida har bir algoritm uchun 3 ta serverning CPU dan foydalanish foizini 2-jadvalga shakllantirilgan[11].

2-jadval. CPU dan foydalanish foizi

	Tasodifiy	Round Robin	Dinamik
Server1	44 %	41 %	46 %
Server2	52 %	49 %	44 %
Server3	45 %	48 %	46 %

2-jadvalda ko'rsatilgan natijalar asosida 2-rasmni shakllantirilgan.



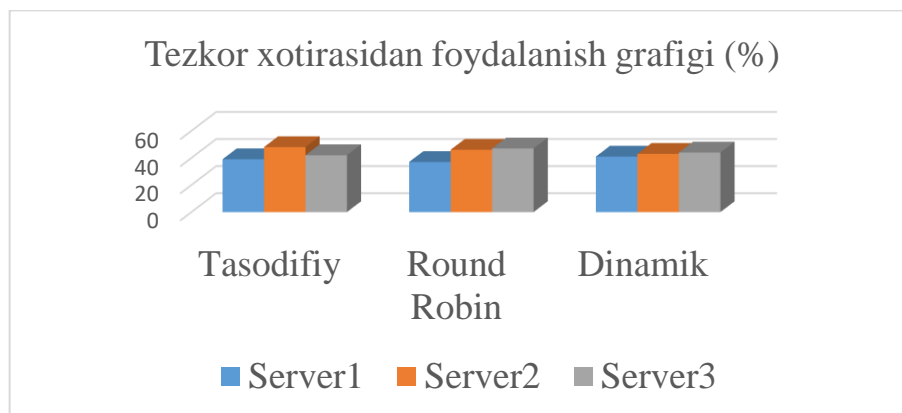
2-rasm. CPU dan foydalanish ko'rsatkichi.

Shu bilan birgalik Serverning yana bir muhim omillaridan biri bu xotiradan foydalanishdir. Shu sababdan so'rovlar soni soniyasiga 500 taga teng bo'lgandagi xotirani ishlatish ko'rsatkichi uchta algoritm uchun olindi va 3-jadvalga olingan natijalar kiritildi[13].

3-jadval. Tezkor xotiradan foydalanish foizi

	Tasodifiy	Round Robin	Dinamik
Server1	39 %	37 %	41 %
Server2	48 %	46 %	43 %
Server3	42 %	47 %	44 %

3-jadvalda ko'rsatilgan natijalar asosida 3-rasmni shakilantirildi. RAMda ham CPU kabi Serverlarda Tasodifiy va Round Robin algoritmi uchun foydalanish darajasi muvozanatsiz. Dinamik serverlarni taqsimlash algoritmi esa Serverlar o'rtasida yukni teng taqsimlash imkonini berdi. Shu sababdan tarmoqda umumiy resurslardan foydalanish samaradorligi oshdi. Buning natijasida tarmoq resurslaridan foydalanish samaradorligi oshdi[15].



3 - rasm. Serverlarning tezkor xotirasidan foydalanish ko'rsatkichi

1-ilovada serverlarning o'tkazish qobiliyatini parallel ravishda ishlab turgan foydalanuvchilarga nisbatan jadval tuzildi. Ushbu jadval natijalari asosida algoritmning o'tkazish qobiliyati yoritib berildi. Olingan natijalar asosida rasm shakilantirildi[13]. Shakilantirilgan rasmda

shuni ko‘rishimiz mumkin: Dinamik algoritmnini o‘tkazish qobiliyati qolgan ikki algoritm Tasodifiy va Round Robin algoritmnikiga qaraganda yuqori buning asosiy sabablaridan biri serverlarning xotirasidan teng va samaraliy foydalanganidan deb aytish mumkin[17].

Round Robin va Tasodifiy kabi oddiy algoritmlar bilan bir qatorda, dinamik algoritmlarning ishlashini ham simulyatsion tajriba orqali solishtirildi.

Real ko‘tarilgan serverlardagi ma‘lumotlar va ularni tajribaga uchun foydalanish narx qimmatligi va undagi ma‘lumotlar xavfsizligi sababli keyingi tajribalar uchun GNU Octave simulyatsiya muhitida tadqiqot olib borildi[12]. Ilmiy tadqiqotimning tajribasi uchun uchta server va ularga turli o‘lchamdagi CPU va RAM berish orqali Round Robin, Vazn va Dinamik algoritmlarni serverlarga yuklamani qanday taqsimlashi va qancha so‘rovni qabul qilish bo‘yicha ilmiy tadqiq qilingan[18].

Bu ilmiy tadqiqotda Round Robin, Vazn va Dinamik yuklamani taqsimlash algoritmlarini GNU Octave dasturida tadqiqot qilingan. Algoritmlarni server CPU va RAM larning o‘lchamidan kelib chiqib 4 xil holatdga bo‘lindi: Birinchi holatda uchta serverimizning CPU yadrolar soni bir xil bo‘lib, RAM hajmi har xil olindi. Bunda Server1, Server2 va Server3 CPU yadrolar soni 32 ta deb olindi, RAM lari mos ravishda 32 GB, 64 GB va 128 GB deb olindi. Round Robin algoritm yordamida serverlarda yuklamani taqsimlashdan olingan natijalar 4-jadvalda keltirilgan[20].

4-jadval. Round Robin algoritmi bo‘yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi

	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	24	26	24	15	24	10
40000	31	33	31	19	31	12
50000	38	40	38	22	38	14
60000	46	47	46	26	46	15
70000	53	54	53	29	53	17
80000	60	61	60	33	60	19
90000	67	68	67	36	67	21
100000	74	75	74	40	74	22
110000	81	81	81	43	81	24
120000	88	88	88	47	88	26
130000	95	95	95	50	95	28
137000	100	100	100	53	100	29

Dinamik algoritm yordamida serverlarda yuklamani taqsimlashdan olingan natijalar 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval. Dinamik algoritmi bo‘yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi

	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	19	21	25	16	29	11
40000	25	26	32	19	37	13



50000	30	32	39	23	46	16
60000	36	37	46	26	55	18
70000	41	42	53	30	63	20
80000	46	48	61	33	72	22
90000	52	53	68	37	81	24
100000	57	58	75	40	89	26
110000	63	64	82	44	98	28

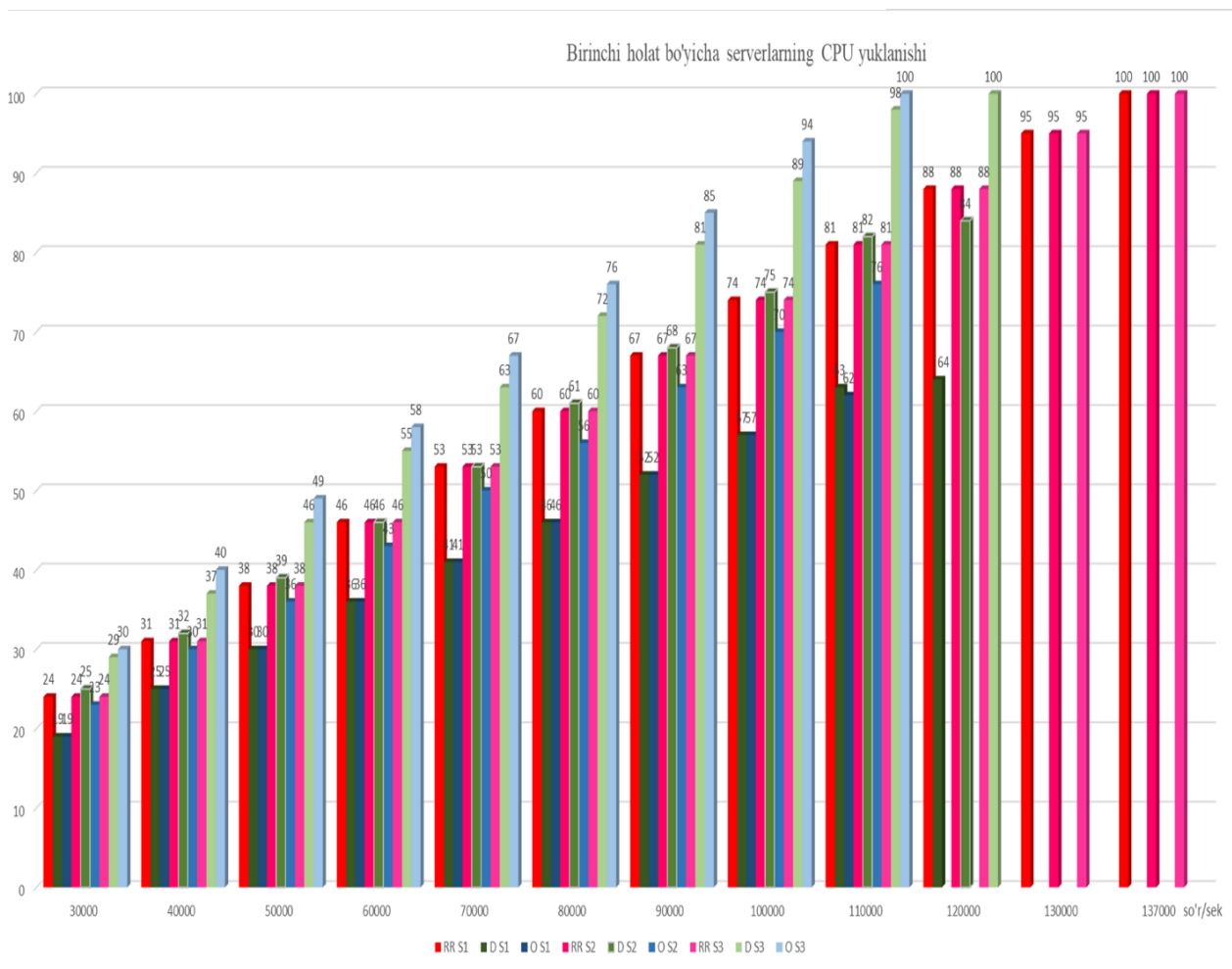
Vazn bo'yicha serverlarda yuklamani taqsimlash algoritmlar 6-jadvalda keltirilgan.
6- jadval. Vazn algoritmi bo'yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi

	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	19	21	23	15	30	12
40000	25	26	30	18	40	14
50000	30	32	36	21	49	16
60000	36	37	43	25	58	18
70000	41	42	50	28	67	21
80000	46	48	56	31	76	23
90000	52	53	63	34	85	25
100000	57	58	70	38	94	27
110000	62	63	76	41	100	29

Olingan natijalar yordamida 4-rasmni serverlarning CPU yuklanishni hamda 2-ilovada RAM yuklanishni tasvirlangan.

Ikkinchi holatimizda CPU va RAM yadrolari soni va o'lchami bir xil olindi. Bunda Server1, Server2 va Server3 CPU yadrolar soni 32 ta deb olindi, RAM hajmi 64 GB deb olindi. Round Robin, Dinamik va Vazn bo'yicha algoritmlarni tadqiq qilish jarayonida olingan natijalar bir xil CPU va RAM da yuklanish berdi. Agar tashkilotda shu ko'rsatkichlarga ega serverlar bo'lsa algoritmlar bo'yicha eng sodda algoritm bo'lgan Round Robin algoritmi qo'llanilsa bo'ladi deb aytish mumkin olingan natijalar asosida. Bu to'g'risida jadval va rasmlarni 3-ilovada keltirib o'tilgan[5].

Uchinchi holatda serverlar CPU yadrolari soni har xil, RAM o'lchami bir xil deb olindi. Bunda Server1, Server2 va Server3 CPU yadrolar soni 16, 32 va 64 ta deb olindi, har bir serverning RAM lari 64 GB deb olindi. Round Robin, Dinamik va Vazn algoritmi yordamida serverlarda yuklamani taqsimlashdan olingan natijalar 4-ilovada keltirilgan[6].



4-rasm. Birinchi holat bo'yicha serverlarning CPU yuklanishi

To'rtinchi holatda serverlar CPU yadrolari soni har xil mos, RAM o'lchami ikkinchi va uchinchi serverda bir xil deb olindi. Bunda Server1, Server2 va Server3 CPU yadrolar soni 16, 32 va 64 ta deb olindi, birinchi serverning RAM 32 GB, ikkinchi va uchinchi serverlar RAM 64 GB deb olindi. Round Robin algoritmi yordamida serverlarda yuklamani taqsimlashdan olingan natijalar 7-jadvalda keltirilgan.

7-jadval. Round Robin algoritmi bo'yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi

	Round Robin					
	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	46	26	24	15	14	15
40000	60	33	31	19	17	19
50000	74	40	38	22	21	22
60000	88	47	46	26	24	26
69000	100	53	52	29	27	29

Dinamik algoritmi yordamida serverlarda yuklamani taqsimlashdan olingan natijalar 8-jadvalda keltirilgan.

8-jadval. Dinamik algoritmi bo'yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi



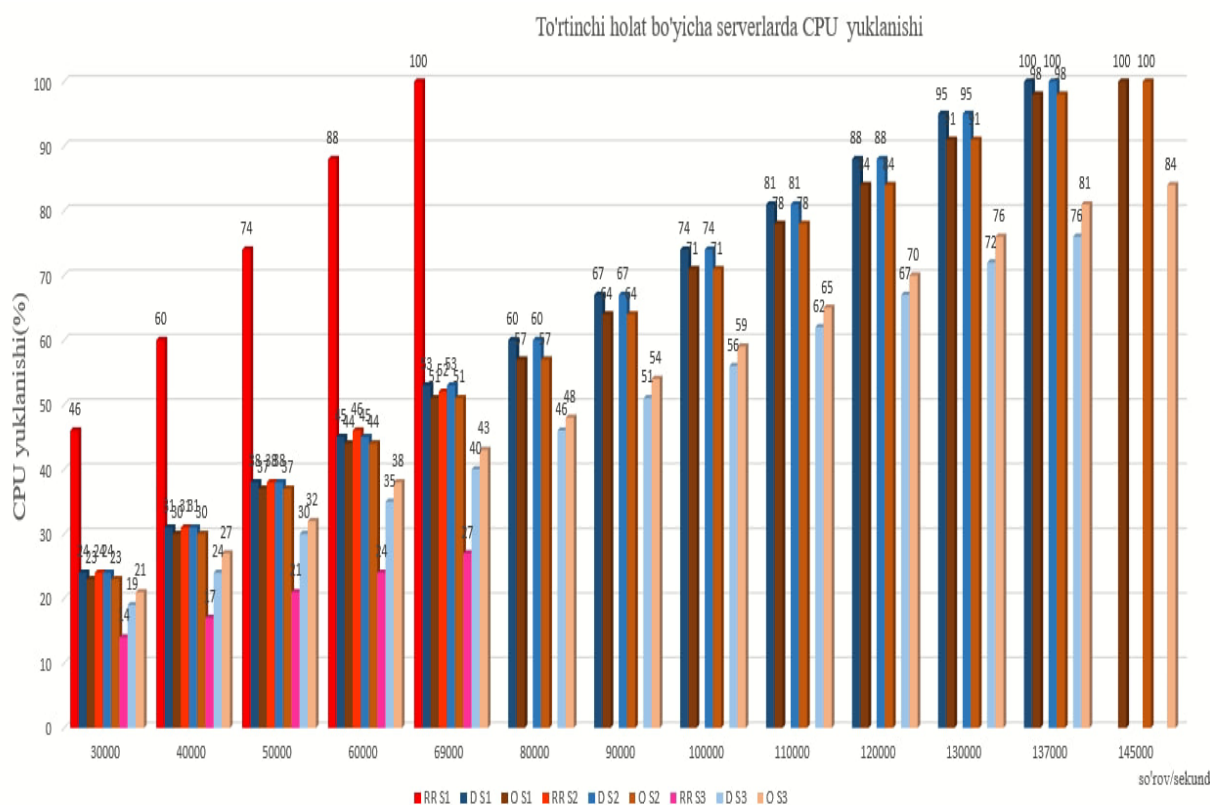
	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	24	15	24	15	19	21
40000	31	19	31	19	24	26
50000	38	22	38	22	30	31
60000	45	26	45	26	35	36
69000	53	29	53	29	40	42
80000	60	33	60	33	46	47
90000	67	36	67	36	51	52
100000	74	40	74	40	56	57
110000	81	43	81	43	62	62
120000	88	47	88	47	67	68
130000	95	50	95	50	72	73
137000	100	53	100	53	76	77

Vazn bo'yicha serverlarda yuklamani taqsimlash algoritmlar 9-jadvalda keltirilgan.

9-jadval. Vazn algoritmi bo'yicha serverlarning CPU va RAM yuklanishi

	Server1		Server2		Server3	
	CPU	RAM	CPU	RAM	CPU	RAM
30000	23	15	23	15	20	21
40000	30	18	30	18	25	27
50000	37	22	37	22	31	32
60000	44	25	44	25	36	38
69000	51	28	51	28	42	43
80000	57	32	57	32	47	48
90000	64	35	64	35	53	54
100000	71	38	71	38	58	59

Olingan natijalar yordamida 5-rasmni serverlarning CPU yuklanishni hamda 5-ilovada RAM yuklanishni tasvirlangan.



5-rasm. To'rtinchi holat bo'yicha serverlarning CPU yuklanishi

Xulosa

Ushbu tadqiqotda serverlarda yuklamani samarali taqsimlash masalasi ko'rib chiqildi va turli algoritmlarning ishlash xususiyatlari tahlil qilindi. Nazariy tahlil va eksperimental modellashtirish natijalari shuni ko'rsatdiki:

Round Robin algoritmi kichik va o'rta yuklanishlarda samarali natija beradi, ammo yuqori yuklangan tizimlarda kechikish ortib boradi.

Random algoritmi oddiyligi bilan ajralib turadi, biroq yuklamani notekis taqsimlagani uchun serverlarning ayrimlari ortiqcha yuklanadi.

Least Connection algoritmi ko'p sonli foydalanuvchi ulanishlari mavjud sharoitda samaraliroq natija ko'rsatdi, tizimning barqaror ishlashini ta'minladi.

Weighted Least Connection algoritmi esa server resurslari imkoniyatlarini hisobga olib, o'tkazuvchanlik va javob vaqtini optimallashtirdi. Shu sababli u katta hajmdagi korporativ tarmoqlar va bulutli hisoblash muhitlari uchun eng maqbul yechim sifatida tavsiya qilinadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, statik algoritmlar oddiy va tezkor bo'lsa-da, ular yuqori yuklangan tizimlarda cheklangan samaradorlikka ega. Dinamik va moslashuvchan algoritmlar esa resurslardan foydalanish samaradorligini oshirib, xizmatlarning barqarorligini ta'minlaydi. Shu bois, real amaliyotda hibrid yondashuvlardan foydalanish — ya'ni statik va dinamik algoritmlarni kombinatsiya qilish eng samarali natija berishi mumkin.



Adabiyotlar

1. Cloud Computing: Principles and Paradigms, Rajkumar Buyya, James Broberg, and Andrzej M. Goscinski, Wiley, 2011.
2. Mastering Cloud Computing, Rajkumar Buyya, Christian Vecchiola, and Thamarai Selvi, Tata McGraw Hill, 2013.
3. Essentials of Cloud Computing, K. Chandrasekhran, CRC Press, 2014.
4. Cloud Computing, Sandeep Bhowmik, Cambridge University Press, 2017.
5. Kazakov Firdavs Farxod ugli, "Load Balancer – What Is It, How Does Load Balancer Work," *Int. J. Comput. Netw. Syst. Archit.*, Vol. 6, No. 2, pp. 25–32, 2025.
6. Sanjay Kadam va R. Ingle, "An Investigation into Round Robin and Random Algorithms for the Purpose of Load Balancing on Web Servers in SDN Environments," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE)*, Vol. 12, No. 3, pp. 45–51, 2023, doi: 10.17148/IJARCCE.2023.12308
7. Alex Ramiro Masaquiza Caiza, Denis Andres Mangualema Quimbata, va Mauro Tropea, "Load Balancing Algorithms in SDN Networks with Multiple Servers," *Proceedings of SPIE*, Vol. 13058, *Disruptive Technologies in Information Sciences VIII*, Paper 1305818, 6 June 2024, doi: 10.1117/12.3016784.
8. Vishwas Kumar va Sandeep Kumar Jangir, "Traffic Load Balancing in SDN Using Round-Robin and Dijkstra Based Methodology," *2022 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1109/CONIT55038.2022.9725862.
9. Qodirboyev Sh. "Kompyuter tarmoqlari va server boshqaruvi" Toshkent: O'zbekiston Fanlar Akademiyasi Nashriyoti, 2021.
10. Irengbam Tilokchan Singh, Thounaojam Rupachandra Singh, va Tejmani Sinam, "Server Load Balancing with Round Robin Technique in SDN," *2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1109/DASA54658.2022.9765287.
11. Putra, T. D., & Purnomo, R. Case Study: Improved Round Robin Algorithm. *Jurnal Sinkron*, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, 2022.
12. Zhang, Z., Li, H., Dong, S., & Hu, L. (2018). Software Defined Networking (SDN) Research Review. *Proceedings of the International Conference on Mechanical, Electronic, Control and Automation Engineering (MECAE 2018)*. Atlantis Press.
13. Rasulov A. "Yuk taqsimlash va tarmoq algoritmlari" Toshkent: Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Nashriyoti, 2022
14. Harjanti, T. W., Setiyani, H., & Trianto, J. (2021). Load Balancing Analysis Using Round-Robin and Least-Connection Algorithms for Server Service Response Time. *International Journal of Computer Networks and Communications Security*.
15. Islomov D. "Yuk taqsimlash algoritmlari va ularning tahlili" Toshkent: O'zbekiston Milliy Universiteti Nashriyoti, 2024.
16. John, L. B. Load Balancing Based Software Defined Network (SDN). *International Journal of Computer Applications*, 2022.
17. Abdullayev, A. I., & Sayidov, F. A. (yil). "Oliy ta'lim jarayonlarini boshqarish HIMES axborot tizimida so'rovlarni taqsimlash texnologiyalari." *Eurasian journal of technology and innovation*, 2022.



18. Sakthivel, M., Balakrishna, N., Kannan, K. S., & Devabala, P. An Analysis of Load Balancing Algorithm Using Software-Defined Network. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 9(1), 3653–3657, 2020.
19. Siva Theja Maguluri, R. Srikant, Lei Ying “Heavy Traffic Optimal Resource Allocation Algorithms for Cloud Computing Clusters” 2021.
20. Putra, T. D., & Purnomo, R. Case Study: Improved Round Robin Algorithm. *Jurnal Sinkron, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya*. Vyakaranal, S. B., & Naragund, J. G. Weighted Round-Robin Load Balancing Algorithm for Software-Defined Network. *International Journal of Computer Applications*, 2022.
21. You, T., Li, W., Fang, Z., Wang, H., & Qu, G. Performance Evaluation of Dynamic Load Balancing Algorithms. *IEEE Access*, 8, 2020.
22. Karimov F. "Kompyuter tarmoqlarida algoritmik yechimlar" Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Axborot Texnologiyalari Vazirligi Nashriyoti, 2023.



BIOMETRIK AUTENTIFIKATSIYA JORIY ETISH ASOSIDA XAVFSIZLIK DARAJASINI OSHIRISH MODEL VA ALGORTIMLARI TAHLILI

Xudayberganov Temur; Davlatmurotov Valijon

*Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Urganch filiali, Axborot xavfsizligi kafedrasini mudiri
Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Urganch filiali, Axborot xavfsizligi magistratura talabasi
doctordrebek@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu maqola biometrik autentifikatsiya tizimlarining xavfsizlikni oshirishdagi ahamiyatini ko'rsatadi. Tadqiqotda Dr. John Daugman, Dr. Anil K. Jain, Dr. Tieniu Tan va Dr. Arun Ross kabi olimlarning ishlanmalari tahlil qilinib, ularning algoritmik yondashuvlari va texnikalarining samaradorligi ko'rib chiqilgan. Ko'z qorachig'i, barmoq izi, yuz tasviri va boshqa biometrik xususiyatlarni qayta ishlash usullari, jumladan Gabor filtrlash, Fourier transformatsiyasi, Haar kaskad algoritmlari va Bayes statistikasi, autentifikatsiya tizimlarida yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta'minladi. Natijalar biometrik autentifikatsiya tizimlarining samaradorligini oshirishda ushbu metodlarning muhim rolini tasdiqladi. Kelajakda bu tizimlarning sun'iy intellekt va ko'p modalitetli yondashuvlar bilan integratsiyasi yangi imkoniyatlarni ochishi kutilmoqda.

Kalit so'zlar: biometrik autentifikatsiya, Gabor filtrlash, Fourier transformatsiyasi, Haar kaskad algoritmi, Bayes statistikasi, modalitetli tizimlar.

Kirish

Axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi, ayniqsa, axborot tizimlarining xavfsizligi bilan bog'liq masalalarni dolzarb qilib qo'yadi. Har kuni yangi kiberxavf-xatarlar va hujumlar xavfini keltirib chiqaradigan usullar ishlab chiqilmoqda, bu esa tashkilotlar va foydalanuvchilar uchun jiddiy muammolarni yuzaga keltiradi. Ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashda samarali autentifikatsiya mexanizmlarini joriy etish nihoyatda muhim ahamiyatga ega. An'anaviy parollar va PIN-kodlarga asoslangan autentifikatsiya tizimlari ko'pincha yetarlicha xavfsizlikni ta'minlay olmaydi, shuning uchun biometrik autentifikatsiya usullari zamonaviy xavfsizlik talablariga javob beradigan samarali yechim sifatida ko'rilmogda. Biometrik autentifikatsiya foydalanuvchining biologik yoki xulqiy xususiyatlarini o'rganib, yuqori darajada xavfsizlikni ta'minlaydi. Bunday tizimlar barmoq izlari, yuz tasviri, ovoz yoki ko'z qovog'i naqshlari kabi xususiyatlardan foydalanadi. Mazkur tadqiqotda, axborot tizimlarida biometrik autentifikatsiya usullarini joriy etish orqali xavfsizlikni oshirishga xizmat qiluvchi matematik model va algoritmi ishlab chiqilishi ko'zda tutilgan. Ushbu model axborot tizimlarining maxfiylik, yaxlitlik va mavjudlik tamoyillariga rioya qilishni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi.

Metodologiya

Biometrik autentifikatsiya sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda. Quyida ushbu yo'nalishda faoliyat yuritayotgan ba'zi olimlar va ularning tadqiqot natijalari keltirilgan. Ushbu olimlarning tadqiqotlari biometrik autentifikatsiya sohasida muhim yutuqlarga erishishga yordam bermoqda. Ularning ishlanmalari axborot tizimlarida xavfsizlikni oshirishda keng qo'llanilmoqda. Dr. John Daugman biometrik autentifikatsiya sohasida ko'z qorachig'ini tanib

olish texnologiyasini ishlab chiqishda ilg'or algoritmlar qo'llagan[1][2][3]. Uning metodologiyasi asosan ikkita asosiy qismga bo'linadi: Gabor filtrlash texnikasi va Hamming masofasini hisoblash[2][4].

Gabor filtrlash texnikasi: Bu texnika ko'z qorachig'ining noyob naqshlarini raqamli shaklda aniqlash uchun qo'llaniladi. Tasvirdagi lokal chastota va yo'nalish o'zgarishlarini tahlil qilish uchun quyidagi formula asosida Gabor filtrlaridan foydalaniladi[2].

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \cos(2\pi u_0 x + \phi),$$

Hamming masofasini hisoblash:

Ko'z qorachig'ining kodlangan shabloni va yangi tasvir o'rtasidagi o'ziga xoslikni o'lchash uchun Hamming masofasidan foydalaniladi:

$$H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i \oplus T_i),$$

bu yerda C_i va T_i mos ravishda shablon va yangi tasvir bitlari, \oplus – XOR operatsiyasi, N bitlar soni[4].

Dr. Anil K. Jain biometrik ma'lumotlarni, jumladan, barmoq izi, yuz tasviri va ko'z qorachig'ini tanib olish uchun murakkab algoritmlar ishlab chiqdi[5]. Tasvirlarni spektral tahlil qilishda ishlatiladigan bu metod biometrik naqshlarni yuqori aniqlikda qayta ishlash imkonini beradi[5]. Tasvirning chastota sohasidagi xususiyatlarini olish uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-2\pi i(ux+vy)} dx dy.$$

Wavelet dekompozitsiyasi: Tasvirlarni bir nechta miqyosda tahlil qilish va muhim xususiyatlarni ajratib olish uchun to'lqinchalar (wavelet) texnikasidan foydalanilgan. Bu usul biometrik ma'lumotlarni samarali kodlashga yordam beradi. Bundan tashqari Dr. Tieniu Tan yuzni aniqlash va yurish naqshlarini identifikatsiya qilish bo'yicha innovatsion algoritmlar ishlab chiqdi. Bu metod tasvirda yuzning asosiy qismlarini (ko'z, burun, lab) aniqlashda ishlatiladi. Algoritm yuzni aniqlash uchun quyidagi chiziqli funksiyaga asoslanadi:

$$R(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i h_i(x, y),$$

bu yerda h_i – Haar xususiyatlari, w_i – ularning vazni[6].

Optik oqim analizi: Yurish uslubini tahlil qilish uchun tasvirdagi harakatning yo'nalishi va tezligi o'lchanadi. Optik oqim texnikasi har bir pikselning harakat traektoriyasini hisoblashga asoslanadi[6].



Natijalar

Olib borilgan tadqiqotlar biometrik autentifikatsiya tizimlarini rivojlantirish bo'yicha sezilarli yutuqlarni namoyish etdi. Dr. John Daugman tomonidan ishlab chiqilgan ko'z qorachig'ini tanib olish algoritmlari o'zining yuqori aniqligi va ishonchligi bilan ajralib turadi[1][2]. Gabor filtrlash texnikasi yordamida ko'z qorachig'ining noyob naqshlari aniqlandi, Hamming masofasi esa ushbu naqshlarni solishtirish uchun samarali usul bo'ldi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, bu yondashuv autentifikatsiya tizimlarida foydalanuvchilarni aniqlashda 99% dan yuqori aniqlikni ta'minlaydi[3]. Dr. Anil K. Jain biometrik ma'lumotlarni qayta ishlashda Fourier transformatsiyasi va Wavelet dekompozitsiyasidan foydalanib, yuz va barmoq izi tasvirlarini qayta ishlash aniqligini sezilarli darajada oshirdi. Ushbu metodlar barmoq izidagi mikrodetallarni aniqlash va yuz tasvirlaridan aniq xususiyatlarni ajratib olishda muvaffaqiyatli qo'llanildi[5]. Natijalar autentifikatsiya tizimlari samaradorligini oshirishda ushbu texnikaning yuqori salohiyatini ko'rsatdi[5]. Dr. Tieniu Tan yuzni aniqlash va yurish uslubini tahlil qilishda Haar kaskad algoritmi va optik oqim texnikasidan foydalandi. Ushbu yondashuv yuzni real vaqtda tanib olish va noyob yurish xususiyatlarini aniqlashga imkon berdi. Ushbu texnologiyalar ayniqsa, katta ko'lamli xavfsizlik tizimlarida, masalan, aeroport va stansiyalarda muvaffaqiyatli qo'llanildi. Dr. Arun Ross ko'p modalitetli biometrik tizimlar ustida tadqiqot olib borib, bir nechta biometrik xususiyatlarni birlashtirish orqali autentifikatsiya aniqligini oshirdi. Modalitetlarni birlashtirish algoritmlari va Bayes statistikasi yordamida turli biometrik xususiyatlar o'rtasidagi uyg'unlik ta'minlandi[7]. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ushbu yondashuv biometrik autentifikatsiya tizimlarining ishonchligini 98% dan yuqori darajada ta'minlashga yordam berdi[8]. Umuman olganda, bu tadqiqotlar biometrik autentifikatsiya tizimlarining samaradorligini oshirish va ularni yanada ishonchli qilish bo'yicha muhim yutuqlarni ta'minladi. Tizimlarning global xavfsizlik sohasidagi qo'llanilishi kengayib, zamonaviy xavfsizlik talablariga javob beruvchi yangi imkoniyatlarni ochmoqda[1][5][8].

Muhokama

Biometrik autentifikatsiya tizimlari zamonaviy xavfsizlik sohasida ishonchli va samarali vositalardan biriga aylandi. Ushbu tizimlar yordamida foydalanuvchilarning shaxsini aniqlash aniqligi oshib, xavfsizlik xavflari kamaymoqda. Ushbu tadqiqotda to'rtta yetakchi olimning biometrik autentifikatsiya sohasidagi ishlanmalari tahlil qilindi va ularning ilmiy yondashuvlari orqali erishilgan natijalar muhokama qilindi. Dr. John Daugman tomonidan taklif etilgan ko'z qorachig'ini tanib olish algoritmlari autentifikatsiya tizimlari uchun asosiy yutuqlardan biri bo'ldi. Ushbu algoritmlar biometrik autentifikatsiyaning samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynadi. Gabor filtrlash texnikasi va Hamming masofasi kabi yondashuvlar nafaqat yuqori aniqlikni ta'minladi, balki ko'z qorachig'i naqshlarini qayta ishlashda sezilarli darajada tezlikni oshirdi. Ushbu texnikaning amaliy qo'llanilishi xavfsizlik tizimlarining ishonchligini oshirishda yangi imkoniyatlar ochdi. Dr. Anil K. Jain biometrik ma'lumotlarni qayta ishlash va tanib olish bo'yicha yetakchi olim sifatida, Fourier transformatsiyasi va Wavelet dekompozitsiyasini qo'llab, barmoq izi va yuz tasvirlarining nozik xususiyatlarini aniq ajratib olishga muvaffaq bo'ldi. Ushbu texnikalar biometrik tizimlarning samaradorligini oshirish va autentifikatsiya jarayonini yanada tezlashtirishga yordam berdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu yondashuvlar nafaqat xavfsizlikni ta'minlashda, balki ma'lumotlarni qayta ishlash texnologiyalarining rivojlanishiga ham sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Dr. Tieniu Tan tomonidan yuzni aniqlash va yurish uslubini tahlil qilish bo'yicha



olib borilgan tadqiqotlar, ayniqsa, katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlaydigan xavfsizlik tizimlari uchun katta ahamiyat kasb etadi. Haar kaskad algoritmi va optik oqim texnikasi yordamida yuz tasvirlari va yurish xususiyatlarini real vaqtda aniqlash imkoniyati yaratildi. Bu texnologiya insonlarning noyob biometrik xususiyatlarini aniqlashda yangi yo'nalishlarni ochib berdi va ularning amaliy qo'llanilishi xavfsizlik sohasida samarali natijalar berdi. Dr. Arun Ross esa ko'p modalitetli biometrik tizimlarni rivojlantirish orqali autentifikatsiya tizimlarida aniqlik va ishonchlilikni oshirdi. Modalitetlarni birlashtirish algoritmlari va Bayes statistikasi yordamida bir nechta biometrik xususiyatlarni qo'shib, tizimlarning aniqligini sezilarli darajada oshirishga erishildi. Ushbu yondashuv nafaqat bir modalitetdagi kamchiliklarni bartaraf etadi, balki kompleks xavfsizlik tizimlari uchun yanada ishonchli yechimlar yaratishga imkon beradi. Muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, biometrik autentifikatsiya tizimlari zamonaviy xavfsizlik muammolarini hal qilishda katta salohiyatga ega. Ko'z qorachig'i, yuz va barmoq izi kabi biometrik xususiyatlar bilan ishlash algoritmlarining rivojlanishi nafaqat xavfsizlikni oshiradi, balki autentifikatsiya tizimlarini inson ehtiyojlariga moslashtirish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotlarning kelajakda sun'iy intellekt texnologiyalari bilan birlashtirilishi yangi imkoniyatlarni ochib berishi kutilmoqda.

Xulosa

Biometrik autentifikatsiya texnologiyalari axborot tizimlarining xavfsizligini ta'minlashda zamonaviy va ishonchli yondashuv sifatida ajralib turadi. Ushbu tadqiqot davomida to'rtta yetakchi olim – Dr. John Daugman, Dr. Anil K. Jain, Dr. Tieniu Tan va Dr. Arun Ross – tomonidan ishlab chiqilgan biometrik autentifikatsiya algoritmlari tahlil qilindi. Ularning ishlanmalari biometrik ma'lumotlarni yuqori aniqlik bilan qayta ishlash, foydalanuvchilarni identifikatsiya qilish va autentifikatsiya jarayonini ishonchli amalga oshirishda muhim o'rin tutdi.

Ko'z qorachig'i, yuz, barmoq izi va yurish uslubini aniqlashga asoslangan biometrik usullar orqali xavfsizlik tizimlarining samaradorligi sezilarli darajada oshdi. Ayniqsa, ko'p modalitetli autentifikatsiya yondashuvlari bir nechta biometrik xususiyatlarni birlashtirish orqali aniqlik va ishonchlilikni yanada mustahkamladi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, biometrik autentifikatsiya nafaqat foydalanuvchi identifikatsiyasini soddalashtiradi, balki an'anaviy autentifikatsiya usullaridagi zaifliklarni ham bartaraf etadi. Kelajakda ushbu tizimlarning sun'iy intellekt va mashinali o'rganish texnologiyalari bilan integratsiyasi orqali yanada aqlli, moslashuvchan va xavfsiz autentifikatsiya tizimlari yaratilishi kutilmoqda.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Daugman, J. (2004). *How iris recognition works*. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology.
2. Daugman, J. (1993). *High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
3. Bowyer, K.W., Hollingsworth, K., & Flynn, P.J. (2008). *Image understanding for iris biometrics: A survey*. Computer Vision and Image Understanding.
4. Wildes, R.P. (1997). *Iris recognition: An emerging biometric technology*. Proceedings of the IEEE.
5. Jain, A.K., Ross, A., & Nandakumar, K. (2011). *Introduction to biometrics*. Springer Science & Business Media.
6. Tan, T., Huang, Y., & Zhang, Z. (2005). *Face recognition and gait recognition*. Handbook of Face Recognition.
7. Daugman, J. (2002). *Biometric personal identification system based on iris analysis*. U.S. Patent No. 6,307,943.
8. Ross, A., Nandakumar, K., & Jain, A.K. (2006). *Handbook of Multibiometrics*. Springer.

DEVELOPING A CONDITIONAL RANDOM FIELD (CRF) MODEL FOR DETECTING INTERROGATIVE SENTENCES IN UZBEK TEXTS

Sharipov Maksud; Adinayev Xushnodbek

Urganch Davlat Universiteti “Kompyuter ilmlari” kafedrası dotsenti
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Urganch filiali o‘quv-uslubiy boshqarma boshlig‘i
m.sharipov@urdu.uz

Annotation. This study explores the development of a Conditional Random Field (CRF)-based model for identifying interrogative sentences in Uzbek texts. Because Uzbek is a low-resource language, no such models have been created to date. The article introduces a CRF model designed to determine whether question marks in Uzbek sentences are placed correctly or incorrectly.

Keywords: punctuation, NLP, question mark, interrogative sentences, CRF model.

Introduction

The task of determining whether question marks in Uzbek texts are placed correctly or incorrectly—i.e., punctuation analysis—is a core problem in natural language processing (NLP). Punctuation analysis supports downstream NLP applications such as machine translation, text analytics, semantic parsing, and syntactic parsing. In speech-to-text pipelines, supplying the appropriate punctuation is a critical step, yet punctuation is typically absent from raw transcriptions. Although this topic has been extensively investigated for English, there is still no large-scale dataset or comprehensive research devoted to punctuation prediction for Uzbek.

In this article we assemble 30 large-scale Uzbek corpora and carry out experiments using traditional approaches. Our goal is to release both the datasets and all implementation code, thereby facilitating further research not only on Uzbek punctuation prediction but also on related tasks.

Mastery of punctuation rules and norms is vital for producing written expression that is precise, logical, coherent, fluent, and purposeful. The primary function of punctuation is to show how the flow of thought is segmented in writing, how a sentence is divided into components, and how those components interrelate. Punctuation marks are applied according to sentence meaning, structure, and intonation.

In the era of globalization, information technologies have become deeply embedded in everyday life, and most written communication is now produced electronically. Whenever a text or message is typed, punctuation inevitably comes into play. Interrogative sentences, for instance, must terminate with a question mark [1].

Although scholars worldwide have long examined punctuation, until recently most theoretical and computational linguists paid little attention to it. This neglect stemmed from the absence of a compact, formal foundation for addressing what seemed to be a nebulous problem. Yet punctuation is an integral orthographic component of written language, and its study is therefore both logical and necessary. Over the last decade interest in the topic has grown, as it has become clear that written language cannot be fully understood or processed without accounting for punctuation. Initially invented to convey intonation in writing, punctuation has evolved into a distinct linguistic “system of signs” [5].

Once interrogative sentences are detected in a text, they can be classified. Question classification assigns a question to one of several predefined categories that reflect the expected answer type. For example, the question “Where was Alisher Navoi born?” would receive the label “Location,” because that is the anticipated answer category. A question-answering system aims to



find the most appropriate answer to a natural-language question within a large collection of documents. Given the vast number of candidate documents, locating the best answer is difficult; however, knowing the expected answer type greatly narrows the search space. Accordingly, a reliable question-classification algorithm paves the way for an efficient question-answering system.

Materials and Methods

Speech-recognition (ASR) systems normally output text without punctuation, yet punctuation is essential for understanding written language. To address this, a variety of punctuation-prediction models have been developed. This paper describes the solution submitted to PolEval 2022 Task 1: Punctuation Prediction for Polish Text, which attained an F1 score of 71.44. The approach employs a single HerBERT model fine-tuned on the competition data and on an additional external corpus [2].

Because ASR systems usually omit both punctuation and capitalisation, their transcripts can confuse readers as well as downstream NLP algorithms. To mitigate this, we evaluate two deep neural sequence-labeling architectures for punctuation restoration—Bidirectional Long Short-Term Memory (BLSTM) networks and Convolutional Neural Networks (CNN). Both models are trained on the punctuation-annotated Fisher corpus. During training, we merge the time-aligned and punctuated Fisher transcripts using a sequence-correction algorithm. Word embeddings are initialised with Common Crawl GloVe vectors and further adapted on Fisher transcripts that include speaker-turn information and word-timing metadata [3].

Our experiments show that CNNs deliver higher precision, whereas BLSTMs tend to retain long-range context better; although BLSTMs make fewer overall errors, the punctuation predicted by CNNs is more accurate—especially for question marks. We demonstrate that adapting embeddings to domain-specific data reduces ASR-induced word errors, which otherwise make punctuation restoration difficult. The main contribution is an improved method for handling homonymous affixes and an extensive evaluation on the punctuation-prediction task, achieving absolute F1 improvements of 6.2 percentage points for question marks and up to 9 points for full stops over the previous state of the art [4].

To date, most punctuation-analysis models and techniques have been designed for Indo-European languages [8]. Semantic relatedness among words is a central concept in NLP, making semantic evaluation an important challenge [7]. As in many other fields, linguistics is rapidly adapting to digital technologies; processing traditional linguistic norms within computer programs and information systems is therefore critical [9].

Paraphrasing tools (“synonymators”) are now popular worldwide: they raise textual originality, automate rewriting, and help avoid repetition. Alongside traditional rule-based methods, machine-learning approaches have recently become widespread for building such applications [10].

When designing a morphological analyser, researchers can choose from a range of tools whose functions and characteristics have been discussed in detail [11]. Work on the low-resource Karakalpak language, spoken by about two million people in Uzbekistan, tackles the automatic extraction of out-of-vocabulary words for NLP systems [12].

Finally, lemmatization is another fundamental concept in NLP. Reference [13] presents an algorithm for Uzbek that uses a finite-state machine to strip affixes and identify each word’s lemma (the dictionary form).

II.1 Structure of Interrogative Sentences

A **question mark** (?) is one of the end-of-sentence punctuation marks. It is placed after sentences whose meaning is explicitly interrogative and signals that the sentence is a **question**.

In Uzbek, interrogative sentences contain lexical or grammatical devices that express the question: interrogative pronouns, interrogative particles, or interrogative intonation. The main patterns are illustrated below.

1. **Interrogative pronouns** (kim “who”, nima “what”, qayerda “where”, qachon “when”, nima uchun “why”, qanday “how”, etc.)

- *Bu kim?* — “Who is this?”
- *Isming nima?* — “What is your name?”

2. **Interrogative particles** (-mi, -chi, -a, -ya)

- *Ertaga universitetga boramizmi?* — “Shall we go to the university tomorrow?”
- *Men universitetdaman, o‘zingiz-chi?* — “I’m at the university—what about you?”
- *Shu universitetda o‘qiyasiz-a?* — “You study at this university, right?”

3. **Intonation-only questions** – sentences that contain neither interrogative pronouns nor particles; the questioning meaning is conveyed purely by rising intonation.

- *Vazifani bajarib bo‘ldim.* — “I’ve finished the task.”
- *Vazifani bajarib bo‘ldim?* — “Have I really finished the task?” (intonation creates the question)

Note. Even when interrogative pronouns or particles appear in a sentence, it is **not always** an interrogative sentence.

Avval kitobni o‘qib ko‘ray-chi, oh, naqadar so‘lim joylar-a!

“Let me read the book first—oh, what beautiful places!” Here, *-chi* and *-a* are present, but the sentence is exclamatory, not interrogative.

Developing the Interrogative-Sentence Detection Model

Mathematical formulation

In a linear-chain CRF, $x_{t,x}$ denote the token at position x_t and $y_t \in \{Q, O\}$ its label, where **Q** marks a token inside a question and **O** marks a token outside a question.

The **question-pronoun feature** is defined as

$$F_{\text{pron}}(y_t, x_t) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_t \in P \text{ (question - pronoun) and } y_t = Q, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

where

$x_{t,x}$ collection read from $P = \{\text{kim, nima, qachon, ...}\}$

Results

We tested our question-sentence detection algorithm on Uzbek texts written in the Latin script. The evaluation set contained 30 distinct text categories comprising 137,848 sentences and 1,642,860 words. Within this corpus there were 7,480 interrogative sentences.

- The system correctly identified 7,180 of these questions and mistakenly treated 294 of them as non-interrogative.

- Among the 130,368 declarative sentences, it wrongly labeled 554 as questions.

These figures yield an overall accuracy of 89 %.

To our knowledge, no earlier system has tackled Uzbek question detection, but the results can still be improved. One promising avenue is to integrate a statistical n-gram model. In future work we intend to combine such an n-gram component with our current rule-based algorithm to achieve even better performance.

Table X (not shown here) presents the detailed breakdown:

- Column 1 – index;
- Column 2 – text type;
- Column 3 – number of sentences in the text;



- Column 4 – questions correctly detected;
- Column 5 – questions missed (classified as non-questions);
- Column 6 – declaratives misclassified as questions;

Tabel 1. The results of the CRF model are provided as well.

Text types	Number of sentences	Interrogative sentence		It's not a question		F1 Score
		Interrogative sentence	It's not a question	Interrogative sentence	It's not a question	
Literature	11659	958	11	32	10658	97,8
Anatomy	10565	0	0	24	10541	0,0
Biology	4757	211	11	25	4510	92,1
Botany	2717	217	12	27	2461	91,7
Religion	6079	195	14	24	5846	91,1
Physics	12078	1474	13	22	10569	98,8
Geography	6237	236	14	19	5968	93,5
Law	1964	102	18	20	1824	84,4
Social Sciences	421	9	2	4	406	86,1
Informatics	2512	70	12	12	2418	85,2
Economics	520	0	0	5	515	0,0
Chemistry	3566	313	21	20	3212	93,9
Cinema	668	1	0	1	666	100
Mathematics	7921	569	11	23	7318	97,1
Textbook Reader	3382	408	12	34	2928	94,7
Language Textbook	11020	275	22	26	10697	92,0
Agriculture	1209	0	0	12	1197	0,0
Short Story	10529	697	14	26	9792	97,2
Laws and Resolutions	4360	0	0	24	4336	0,0

Fine Arts	3673	25	4	12	3632	85,1
Novel	1896	120	21	19	1736	85,7
Art	9570	189	12	23	9346	91,5
Politics	1222	6	1	2	1213	79,6
Sport	2565	71	5	26	2463	82,2
Traditional Medicine	421	5	1	2	413	87,9
History	4619	318	15	24	4262	94,2
Technology	796	66	12	8	710	87,1
Medical Science	5490	201	14	23	5252	91,6
War	1084	34	6	11	1033	80,2
Zoology	4348	416	16	24	3892	95,4
total	137848	7186	294	554	129814	89

Conclusion

To date, virtually no models have been built for detecting question marks in Uzbek texts, making the model proposed here especially relevant. We developed a CRF-based approach to the NLP problem of identifying interrogative sentences in Uzbek. Applying the model to a corpus of 1,642,860 words and 137,848 sentences across 30 text categories yielded an F1-score of 89%. As future work, we plan to tackle Uzbek question detection with more advanced AI models in pursuit of even higher accuracy.

References

- [1] M. A. , M. N. , A. D. Mahmudov N., *O'ZBEK TILI ME"YORLARI (Punktuatsiya)*, vol. 1. Tashkent: Zamin nashr, 2021.
- [2] J. Pokrywka, "Punctuation Prediction for Polish Texts using Transformers," Feb. 2024. doi: 10.48550/arXiv.2410.04621.
- [3] P. Żelasko, P. Szymański, J. Mizgajski, A. Szymczak, Y. Carmiel, and N. Dehak, "Punctuation Prediction Model for Conversational Speech," Feb. 2018, pp. 2633–2637. doi: 10.21437/Interspeech.2018-1096.
- [4] M. S. Sharipov, H. S. Adinaev, and E. R. Kuriyozov, "Rule-Based Punctuation Algorithm for the Uzbek Language," in *International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, 2024*, pp. 2410 – 2414. doi: 10.1109/EDM61683.2024.10615061.
- [5] M. Bayraktar, B. Say, and V. Akman, "An analysis of English punctuation: the special case of comma," *International Journal of Corpus Linguistics*, vol. 3, Jul. 1998, doi: 10.1075/ijcl.3.1.03bay.
- [6] D. Hardt, "Comma checking in Danish," 2001.



- [7] U. Salaev, E. Kuriyozov, and C. Gomez-Rodríguez, “SimRelUz: Similarity and Relatedness scores as a Semantic Evaluation Dataset for Uzbek Language,” in 1st Annual Meeting of the ELRA/ISCA Special Interest Group on Under-Resourced Languages, SIGUL 2022 - held in conjunction with the International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2022 - Proceedings, 2022, pp. 199 – 206. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85138700420&partnerID=40&md5=bf476cd74317f06577dd0548c5c600d6>
- [8] A. M. Abdurashetona and I. O. Ismailovich, “Methods of Tagging Part of Speech of Uzbek Language,” in Proceedings - 6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2021, 2021, pp. 82 – 85. doi: 10.1109/UBMK52708.2021.9558900.
- [9] A. M. Abdurashetona and U. Mokhiyakon, “Software Features and Linguistic Features of Uzbek Synonymizer,” in Proceedings - 7th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2022, 2022, pp. 171 – 175. doi: 10.1109/UBMK55850.2022.9919447.
- [10] B. Mengliyev, S. Shahabitdinova, S. Khamroeva, S. Gulyamova, and A. Botirova, “The morphological analysis and synthesis of word forms in the linguistic analyzer,” *Journal of Language and Linguistic Studies*, vol. 17, no. 1, pp. 558 – 564, 2021, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103797274&partnerID=40&md5=8a4052419f721c3c734f8fe1c48984ec>
- [11] K. Madatov, S. Bekchanov, and J. Vivic, “Dataset of Karakalpak language stop words,” *Data Brief*, vol. 48, 2023, doi: 10.1016/j.dib.2023.109111.
- [12] M. Sharipov, J. Mattiev, J. Sobirov, and R. Baltayev, ‘Creating a Morphological and Syntactic Tagged Corpus for the Uzbek Language’, *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3315, pp. 93–98, 2022.
- [13] D. Mengliyev, E. Akhmedov, V. Barakhnin, Z. Hakimov, and O. Alloyorov, “Utilizing Lexicographic Resources for Sentiment Classification in Uzbek Language,” Jan. 2023, pp. 1720–1724. doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347765.
- [14] K. Madatov, S. Bekchanov, and J. Vivic, “Dataset of stopwords extracted from Uzbek texts”, *Data in Brief*, vol. 43, 2022.

WORKING WITH PARALLEL CORPORA: APPROACHES AND TOOLS IN COMPUTATIONAL LINGUISTICS

Amirkulov Marufjon

Tashkent State University of Uzbek language and literature

amirkulov.edu01@gmail.com

Abstract : This article is a conceptual study that explores the concept of parallel corpora, the methods for their creation and analysis, as well as the tools used in the field of computational linguistics. It examines processes such as segmentation, tokenization, tagging, and alignment in bitext corpora created in Arabic, English, Uzbek, and other languages. The paper reviews examples from previous research, such as machine translation, lexical-semantic analysis, and machine learning. Parallel corpora are presented as vital resources for automating language projects, building terminological databases, and conducting applied linguistic research.

Keywords: segmentation, text collection, tokenization, tagging, alignment, cleaning

Introduction

A parallel corpus is a specially prepared collection of texts in which each segment is linked, sentence by sentence or even phrase by phrase, with corresponding translations in one or more other languages, enabling direct comparison and computational processing [1]. Parallel corpora play a significant role in linguistic research and machine translation systems, as they allow the observation and modeling of units in one language through examples of their translation into another [6]. However, the lack of data and resources hinders the achievement of accurate results, and therefore, the effectiveness of a machine translation system largely depends on the quality of the corpus used [2]. The creation of parallel corpora, the extraction of knowledge from them, and their application to practical systems represent a major direction in computational linguistics. These processes involve a range of technological tools, models, and algorithms. This paper is conceptual in nature and does not present original experimental results but synthesizes and reviews approaches, tools, and methodologies from the existing literature.

The process of creating parallel corpora

Creating a parallel corpus from scratch is a multi-stage process. In general, the process proceeds as follows:

A. Data collection:

First, texts translated between the required languages and domains are collected. This is done either by importing from existing digital resources (e.g., official document databases) or by crawling the web. At this stage, the problem of identifying document pairs also arises—for instance, finding the original and translated versions of a book, or detecting multilingual versions of a web page.

B. Conversion to a common format and cleaning:

Files from various sources may come in different formats (PDF, DOC, HTML, txt). These need to be converted into a unified text format (e.g., UTF-8 encoded txt or XML). During this process, unnecessary elements (images, table borders, special characters) are removed, and general encoding issues are resolved (e.g., converting HTML entities into actual characters).

C. Document-level alignment:



If the corpus is document-based, the document in one language must be paired with its translated version. This is done by analyzing file names, metadata (title, date, author), or internal links. In some cases, automatic document alignment uses the bag-of-words method: words in documents are treated as vectors, and the cosine similarity is used to find the closest pairs. Once a document match is found, their identifiers (or file names) are added to the list of parallel pairs.

D. Segmentation (splitting into sentences):

Segmentation is performed within each matched document. This is done separately for each language based on its punctuation rules. Segmentation tools may be used at this stage. As a result of segmentation, a sequence of sentences is obtained for each document, and they are numbered.

E. Sentence alignment:

Now, sentences within the matched documents are linked to each other. The simplest method is the Gale-Church algorithm, which aligns sentences based on their length (in characters or words). For more accurate results, dictionary-based alignment is used (e.g., HunAlign), where frequently occurring common words (e.g., nouns) are identified across the parallel texts, and this information is combined with sentence length. Modern methods rely on embedding-based alignment (e.g., vecalign, BERTalign): each sentence is mapped to a feature space, and matching pairs are found based on vector distance. At the end of this stage, an alignment score may be assigned to each sentence pair, allowing low-quality alignments to be filtered out later.

F. Word alignment (optional):

If the goal is to extract lexical information from the corpus, word alignment can be performed for each sentence pair. This is usually done with lightweight tools such as the IBM Model 2 or FastAlign. As a result, a list of aligned word pairs is generated for each sentence pair. This data can be stored in a separate file or integrated into the corpus.

G. Tagging:

Additional linguistic annotations can be added to the parallel corpus. For example, the lemma (dictionary form) of each word, its syntactic role, semantic labels (e.g., NER – Named Entity Recognition), and so on. Pre-trained models such as Universal Dependencies treebanks, spaCy, or Stanza can be used for this. Adding annotation enables more complex queries and analyses later (e.g., searching only for translations of verbs, or studying how certain syntactic constructions are translated).

H. Storage as database or file format:

The final parallel corpus is prepared for distribution to users. At this stage, the corpus may be shared as a set of simple files (e.g., TMX or txt files in a zip archive) or imported into a multi-functional platform (e.g., SketchEngine, OPUS). Often, large corpora are loaded into a database (e.g., NoSQL databases, formats like Corpus Workbench) and made searchable via a web interface.

These stages may differ slightly depending on the type of corpus being created.

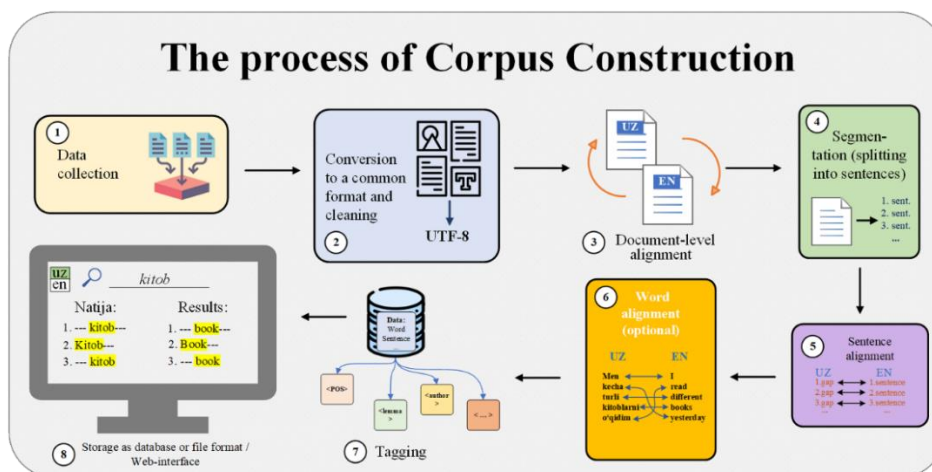


Fig. 1. Parallel Corpus Creation Process For example, in a document-based corpus, step 3 is critical, while in a sentence-based corpus, step 3 may already be resolved at the source (e.g., translation memory). In domain-specific corpora, the cleaning stage can be more complex. For instance, in a medical corpus, formulas and chemical expressions require special attention.

Nevertheless, the overall approach follows this sequence.

Alignment algorithms and models

The main scientific challenge in working with parallel corpora is alignment—the task of finding equivalent segments and units. Over the past 30 years, computational linguistics researchers have proposed many alignment algorithms:

1) *Gale and Church (1993)*: This was one of the first effective methods proposed for aligning sentences in parallel texts by length. The translated sentence length is assumed to be proportional to the original sentence length. The number of characters in each sentence is counted, and a normal distribution model is built to predict one language's sentence length from the other. Then, dynamic programming is used to find the most probable alignment path. The Gale and Church algorithm is fast and language-independent (it does not require a dictionary), which is why it was widely used in early corpus projects [3].

2) *Church and Gale (1991) – Token-based method*: This approach performs alignment based on the number of full stops ("."), assuming that the number of periods in

English and French texts align. However, this method is limited and not applicable to many languages.

3) *CAligner, Vanilla*: These are modified versions of Gale–Church, used in projects like JRC-Acquis. They are based on similar principles but differ in implementation details (e.g., how segment weights are calculated).

4) *HunAlign (Varga, 2005)*: This popular alignment tool uses a two-stage approach. First, it performs length-based alignment without a dictionary. Then, from the initial alignments, it automatically generates a bilingual dictionary (collecting matched word pairs). In the second stage, this dictionary is used to refine the alignment and resolve difficult cases.

5) *BleuAlign (2010)*: This method uses a machine translation model for alignment. First, a raw translation model is trained for a language pair. Then, for each chunk, it searches for the one whose translation produces the highest BLEU score [4]. This reframes the alignment task as: “Which chunk, when translated, yields the best translation?” As a result, semantically aligned segments are found. BleuAlign is effective on small datasets but less efficient for large corpora.



6) *BERT-based aligners (2019–...)*: In recent years, with the emergence of multilingual neural networks (e.g., BERT, XLM-R), a new alignment approach has gained popularity. A multilingual model (e.g., mBERT) generates contextual embeddings for each sentence, and cosine similarities between vectors are used to identify matching sentences [4]. BERT-based alignment is relatively slow, but with modern GPUs, it is now applied to large corpora.

7) *Doc2Vec alignment*: Some studies propose using Doc2Vec embeddings for entire documents to perform similarity-based document alignment [5]. This is useful for the task of identifying document pairs (as discussed in step 1). For example, if a novel and its translation exist, their Doc2Vec vectors will be very close, while other books will be distant. Thus, even matching book pairs from a large library becomes possible.

8) *Corti analytical alignment*: Some systems use linguistic rules and logical analysis (e.g., parse trees) to align texts. For example, comparing parallel dependency trees, and considering trees with similar structures to be aligned. These methods are complex and less commonly used but have academic value.

It should be noted that today, word alignment has become an internal component of machine translation models. In neural network-based translation, explicit word alignments are difficult to extract, but attention mechanisms provide approximate alignment matrices. Some studies have even achieved unsupervised alignment, generating cross-lingual embeddings from monolingual corpora, then aligning them using methods like MUSE, to identify word correspondences. This is already being applied in dictionary construction.

NLP tools and architecture

Working with parallel corpora involves software systems with multi-layered architectures.

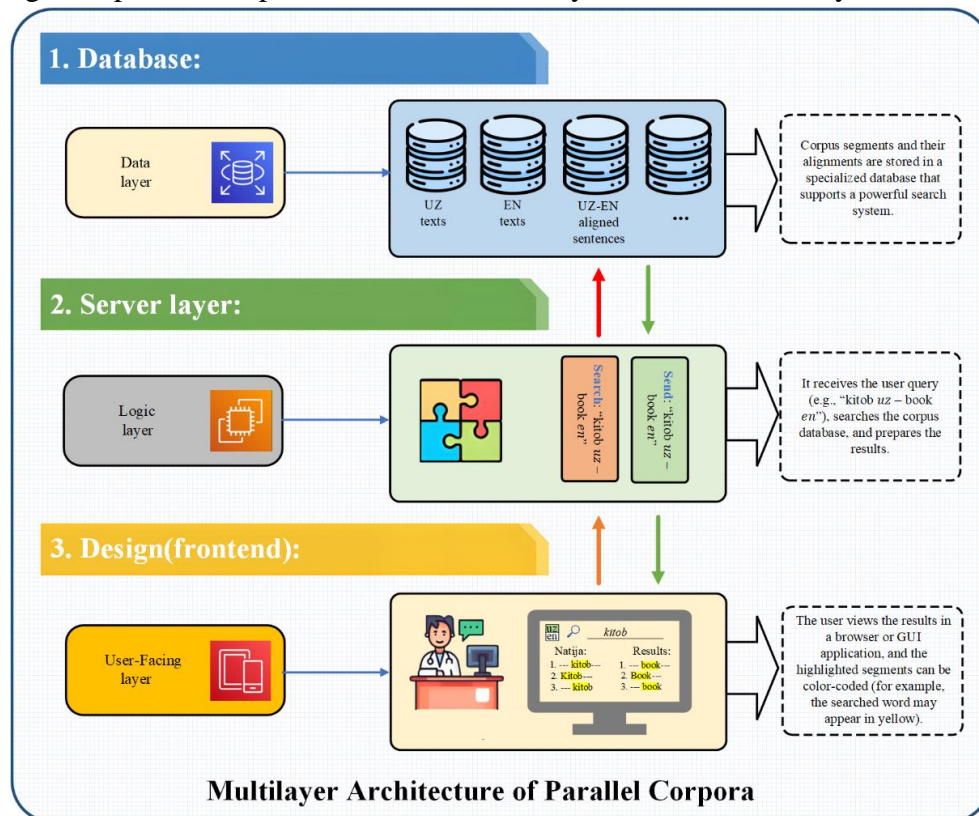


Fig. 2. Parallel Corpora with Multi-layered Architecture

Let's examine large corpus-based platforms such as Sketch Engine or Corpus Manager:

1) *Database*: Corpus segments and alignments are stored in a specialized database that supports a powerful search system (e.g., Corpus Query Language – CQL). These databases are not typical SQL databases but are built on inverted index structures, since they need to support fast word-based searching.

2) *Server layer*: This component receives the user's query (e.g., “kitob *uz* – book *en*”), searches the corpus database, and prepares the results. If sentence-level alignment is used, the result will return each found Uzbek sentence and its English translation on the same line.

3) *Frontend (user interface)*: In a browser or GUI application, the user views the results; the matched segments can be highlighted in different colors (e.g., the searched word in red).

In model training scenarios with parallel corpora, the architecture is different. For instance, a neural machine translation (neurMT) model reads the parallel corpus in formats such as CSV or TFRecord, splits it into mini-batches, and feeds it to a GPU. When the corpus is large, shuffled shards are prepared, the data is pre-cleaned (e.g., sentences longer than 50 words are removed), and so on.

Tagging processes (POS tagging, parsing) are often organized as a batch processing pipeline. A distinct aspect is the use of translation memories (TM) and CAT tools (Computer-Assisted Translation tools). In these systems, the parallel corpus (TM) architecture is optimized on the server side for fast segment-level search. On SDL Trados Server, segments are hashed, and as soon as a translator enters a segment, the system retrieves the most similar one from the database using its hash. This is another example of parallel corpus search architecture—except here, the user sees similar translations in real time as they enter text.

Working with parallel corpora brings together multiple subfields of computational linguistics: linguistic knowledge (e.g., dictionaries, grammar analyzers) improves alignment; statistical and probabilistic models (IBM models) uncover matches; and modern neural networks utilize contextual associations. At the foundation of all this lies the parallel corpus—a large-scale database that serves as a fundamental resource for both scientific research and practical applications.

Conclusion

Monolingual and parallel corpora form the foundation of modern linguistics and language technologies. In particular, parallel corpora serve as a bridge between different languages. They illuminate the regularities of the translation process, fuel machine translation and other multilingual systems, and provide invaluable material for language learning and comparative analysis. This paragraph reviewed the types of parallel corpora (document-based and sentence-based, domain-specific), their areas of application, structure (formats, alignment, segmentation, metadata), and their characteristics as illustrated by the most well-known corpora. The referenced scientific sources and examples serve to present the topic of parallel corpora in accordance with the demands of research in theoretical, applied, and computational linguistics. It should be especially noted that working with parallel corpora is a continuously evolving field: thanks to neural networks, deeper alignment and translation capabilities are emerging, and more and more languages are becoming digitally connected. Therefore, parallel corpora will continue to maintain their strategic importance at the intersection of linguistic theory and applied computational linguistics.



References

- [1] I. Simeon, "Parallel corpora and multilingual dictionaries," *Filologija*, no. 38–39, pp. 0–0, 2002. [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/173311>
- [2] D. Banik, A. Ekbal, and S. C. Satapathy, "Fuzzy influenced process to generate comparable to parallel corpora," *ACM Trans. Asian Low-Resour. Lang. Inf. Process.*, just accepted, June 2023. <https://doi.org/10.1145/3599235>
- [3] <https://quod.lib.umich.edu/cgi/t/tei/tei-dx?type=pointer&value=SACSAL>
- [4] F. Forgac, D. Munkova, M. Munk, and L. Kelebercova, "Evaluating automatic sentence alignment approaches on English-Slovak sentences," *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, p. 20123, 2023.
- [5] S. Paun, "Parallel text alignment and monolingual parallel corpus creation from philosophical texts for text simplification," in *Proc. 2021 Conf. of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Student Research Workshop*, June 2021, pp. 40–46.
- [6] F. Zanettin, "Parallel corpora in translation studies: Issues in corpus design and analysis," in *Intercultural Faultlines*, Routledge, 2017, pp. 105–118.
- [7] A. Eisele and Y. Chen, "MultiUN: A multilingual corpus from United Nation documents," in *LREC*, May 2010.

ADVANCING EDUCATIONAL METHODS THROUGH ICT INTEGRATION

Shohida Yusupova; Ogabek Matyoqubov

Department of Information Technology

Urgench Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

gratifikus@gmail.com

Abstract: The article discusses the problems and prospects of organizing distance learning in higher educational institutions of Uzbekistan in the context of the COVID-19 pandemic. Particular attention is paid to the integration of information and communication technologies and mobile technologies into the educational process, which has significantly transformed teaching methods. The study is based on the experience of introducing electronic test materials into the educational process of the Urgench branch of the Tashkent University of Information Technologies. The use of interactive educational tests made it possible to activate independent cognitive activity of students, as well as to increase the efficiency of knowledge control and organization of independent work. The methods of developing tests using the LaTeX package and its acrotex library are described, which ensures the creation of various types of tests that can take into account the individual characteristics of each student. The authors emphasize the importance of using electronic test materials for monitoring and training, and also analyze the impact of modern technologies on the development of students' professional skills. The presented results demonstrate successful experience in integrating distance technologies and emphasize their potential for further use in education.

Keywords: *education systems, distance education, mobile technologies, cloud technologies, knowledge control, test, LaTeX, moodle.* Introduction

At the beginning of 2020, Uzbekistan, along with the rest of the world, faced an unexpected external factor that brought about a qualitatively new stage in the development of the state, society, economy and education. World medicine turned out to be unprepared to fight the new virus, and therefore the only more or less effective means of preventing the rapid development of the epidemic was the maximum restriction of contacts between people, their self-isolation. In this situation, the adequate response of the country's education system was the transfer of educational organizations to a remote form of organizing the educational process. As a result, for the first time in its history, the country's higher education system found itself in a fundamentally new situation when all educational activities, including education management at all levels, were transferred to a remote format, involving the organization of training using distance learning technologies. Unlike all previous modernizations and reforms, this situation is characterized, firstly, by the coverage of the entire education system of the country at all levels of its functioning; secondly, by the unexpectedness, the absence of any special preliminary preparation for such a transition; thirdly, the simultaneous transfer to a qualitatively different format of training.

In this context, it should be noted that in developed countries, the organization of distance learning using information and computer communications has a long history. Accumulated experience indicates two main directions of these processes:



1) online education, which involves distance learning of formal higher education via the Internet;

2) open education, which means the creation of open educational resources for informal education and possible use in formal education.

The Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 26, 2017 No. PP-3289 "On measures to further improve the system of training, retraining and advanced training of public teachers" provides for the development of an educational and methodological base for advanced training courses, improving the organization of training courses in both online and offline formats. Particular attention is paid to the introduction of innovative scientific achievements, modern pedagogical and information and communication technologies, as well as distance learning and the expansion of independent learning in the education system. In connection with the above-mentioned resolution, numerous distance courses have been created in Uzbekistan. However, the procedures of external quality assurance common in the world, such as professional and public accreditation, examination of educational programs, institutional examination and public accreditation, are still rarely used in Uzbekistan. Nevertheless, there is a tendency to increase the number of audits and certifications of management systems of organizations in the field of education. Therefore, the strategic choice of the majority of Uzbek participants in the educational process is based on systematic internal work on quality management aimed at continuous improvement of education [1].

The rapid development of mobile and cloud technologies, especially popular among the generation of "digital natives", has actualized a large number of scientific studies that convincingly prove that the integration of mobile technologies into the educational process can significantly transform it. For example, it is noted that the introduction of mobile technologies contributes to the targeted consideration of the individual characteristics of each student and, accordingly, the organization of autonomous learning. In addition, they provide students with freedom, that is, the ability to work outside the classroom at any convenient time, make it possible to quickly diagnose problems in the learning process, create a mobile interactive learning environment and provide instant feedback, lead to the emergence of new forms of presentation of educational materials, help create new formats of interactive tasks based on the use of augmented reality and geolocation applications [2].

In the context of reduced hours for classroom work, teachers in higher education institutions must organize their teaching activities in such a way as to motivate students to study such disciplines as mathematics and develop professional skills. The problem of finding optimal didactic possibilities of modern information technologies is becoming relevant.

Analysis Of Sources

Many researchers, such as N.G. Maloshonok, J.S. Sahlin, A. Tsertsidis and M.S. Islam, who study issues related to online education, note a positive relationship between students' involvement in achieving educational goals and interacting with teachers and classmates and teachers' use of the Internet and multimedia technologies. Online education is a new type of activity at this stage of development, and therefore it is of interest to both teachers and students, thereby stimulating changes and expansion of the practice of its use. The attitude towards this educational project is quite contradictory. On the one hand, there is an optimistic point of view, considering this learning mechanism as productive and meeting the needs of the modern era. A number of studies are associated with forecasts about the prospects for the development of MOOC pedagogy, based on an



analytical study of existing learning outcomes [3]. On the other hand, experts also express pessimistic sentiments, expressing distrust of this method of teaching in general [4] and pointing to the lack of development of general pedagogical principles for the mass implementation of this technology [5].

Among the disadvantages of e-learning, the most important are the problem of self-organization of students and the rigidity of the material taught. Disadvantages also include ignoring the individual characteristics of the student, limitations in obtaining practical skills, dependence on technical means, low quality of the material taught and control over the level of knowledge acquired [6].

The emergence of additional cognitive load. Cognitive load is understood as the amount of mental memory required by the user to achieve the goal. According to I.G. Zakharova, working with interconnected web pages involves performing a parallel series of actions: first, the student has to assimilate the material read; second, keep in mind the logical chain of judgments when moving from one hyperlink to another. As a result, the context of the problem being solved is expanded [7].

To improve the efficiency of students' academic performance, it is necessary to shift the center of gravity of the educational process towards greater independence of students, to develop effective technologies for teaching students' rational methods of independent activity. In their studies, scientists argue about the impact of training using modern information and communication technologies on the development of students' independent work skills and higher learning outcomes, that didactic tools in combination with ICT-based tools contribute to achieving better results. It is believed that elements of interactivity, in particular educational tests, can be presented as an effective didactic method of remote work for university students. Knowledge control is also one of the important elements of organizing students' remote work. In the context of an electronic educational environment, the issues of the effectiveness of using testing as knowledge control are becoming extremely relevant, many researchers are engaged in the issues of constructing control tests and their reliability. The issues of organizing automatic assessment of students' work are also relevant.

Testing as a type of control of students' educational and cognitive activity is considered in many didactic works. In modern didactics, a test acts as a convenient and reliable tool for diagnosing and monitoring the educational process. Issues of testing technologies related to substantive and methodological filling.

There are different opinions among teachers about the use of testing in studying a discipline: from a complete refusal to elevating it to the rank of a pedagogical panacea. As a rule, underestimation of testing is based only on insufficient awareness of teachers [8].

Scientists believe that the development of interactive test materials solves several important problems:

- promotes the activation of independent cognitive activity of students, while ensuring their mobility,
- provides systematic control over independent work of students,
- expands the competencies of the teacher in the field of ICT technologies,
- increases the level of developed electronic educational and methodological complexes,
- at the same time frees up the teacher's time, which is important in the context of the intensification of the work of a higher education teacher [2].



The aim of the study is to improve the efficiency of organizing students' distance learning in the process of studying the disciplines Calculus 1, 2, included in the training programs implemented in a technical university, mainly by the Urgench branch of the Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi, and through the use of electronic test materials of an educational and control nature in the educational process, containing elements of interactivity.

Materials and methods of research

Main research methods:

- analysis of scientific literature on the problems of developing testing technology in education, the problem of managing students' distance learning and the possibilities of using modern information and communication technologies in education;
- analysis and generalization of regulatory documents related to the educational process at the university;
- analysis of practice and experience in the field of studying mathematics in technical universities;
- analysis of the choice of environment for the implementation of test materials.

Discussion And Results

The essence of the complete mastery system used in distance education is expressed in the following stages of work:

- Formulation of diagnostic learning objectives.
- Development of complete mastery standards.
- Development of standards and tests to check the degree of mastery of educational material.
- Differentiation and individualization of students based on existing (before the start of work on the complete mastery system) indicators.
- Varying the time of training and learning. A noticeable increase in the share of time for independent work.
- Development of new educational materials based on the modular principle.
- Development of assignments for self-monitoring for all modules studied.
- Development of tests for pedagogical control of readiness for each module and for the entire course.
- Organization of independent work of students, during which the teacher collaborates with students to resolve educational difficulties that arise from time to time in individual students. Correction of knowledge based on the results of self-monitoring.
- Testing [2].

To create tests, the authors chose the acrotex library, which is part of the LaTeX package. Let's list the reasons why we chose acrotex. With the acrotex package, it is possible to organize quite a few types of tests, the creation of which in MOODLE is quite labor-intensive, sometimes impossible. The authors described the technology for creating such materials in their works [9]. It should be noted that an important advantage of the acrotex package is the ability to check the correctness of the solution and display the number of points scored. After that, the student can save the file with the solutions and send it via LMS MOODLE to the teacher to familiarize themselves with the results of his work. Since the file has the .pdf format, there is no way to "fake" the answer.

- the LaTeX package is free;

- LaTeX is the de facto standard for entering mathematical expressions not only in printed works, but also in web publications, such as in LMS Moodle;
- LaTeX allows you to easily enter complex mathematical expressions (fractions, matrices, tensors, etc.);
 - when using acrotex, entering an answer (even a numeric one) provides more options for the user. For example, you can enter not only numbers with a decimal point, such as 0.333, but also ordinary fractions, such as $11/13$, and even special expressions, such as $\pi/2$, $\sqrt{2}$, etc. in the input field.
 - you can use mathematical functions in the answer, for example, $\sin(\pi/4)$, $\ln(3/2)$, 7^2+12^4 , etc. the answer can be symbolic, such as $5x^3-15x+12$, $\ln(\sin(2x)+\cos(3x))$ etc. the input of tasks is more convenient than constructing a test window in visual environments. It is much faster to type simple text, which is a LaTeX file, than to manually place individual graphic primitives on the screen, and LaTeX itself will neatly place everything on the page [9].

Educational test materials as didactic tools that promote better assimilation and memorization of educational material. The compiled tests have the property of variability due to the inclusion of tasks of different levels of complexity, which ensures differentiation of the learning process and allows you to build an individual learning trajectory for each student.

The general structure of the test materials contains:

- 3) Theoretical material presented in the form of an interactive electronic lecture.
- 4) Examples of key problems with a fully substantiated solution.
- 5) Questions for self-assessment.
- 6) Educational interactive tests
- 7) Educational and control tests for independent completion by the student (<http://moodle.ubtuit.uz/mod/quiz/attempt.php?attempt=115105&cmid=40173>).

Let us describe the technology of creating test materials using the example of the topic "Integral calculus of a function of one variable". The topic covers the following issues: antiderivative; indefinite integral; method of replacing a variable and the method of integration by parts; definite integral; applications of definite integrals to geometry and mechanics.

The experimental platform for the study was <http://moodle.ubtuit.uz/> "Urgench branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi", on the basis of which these materials were tested by the authors in the practice of teaching full-time and part-time students.

The review of the topic begins with the study of theoretical material - lectures. Reports contain definitions, basic theoretical provisions and evidence of the main facts. Then the student is offered detailed examples of typical problems and test questions for self-assessment. After studying the theory of the topic and test questions, the student must solve the test.

The tests compiled by the authors and used in their work are conventionally divided into training and control. Training tests are aimed at practicing the main concepts, basic skills of action, algorithms for the subject under consideration. The tasks included in the training test have different levels of difficulty. The test consists of theoretical tasks, tasks aimed at memorizing the main features of formulas or concepts, basic tasks on the topic, tasks requiring the restoration of missing movements or establishing the correct sequence of actions.



Solving the training test is aimed at identifying gaps in the assimilation of the educational material. Having solved the problem and entered the answer in the required form, the student immediately sees the result of his actions in points. If an incorrect answer was entered, the test provides the ability to view the errors and get acquainted with the detailed correct solution. Another goal of the training test is to familiarize the student with the process and the assessment system. The training test is presented in three versions of different levels of difficulty.

The solution of a training test is to identify gaps in the assimilation of the educational material. Having solved the problem and entered the answer in the required form, the student immediately sees the result of his actions in points. If the wrong answer is entered, the test allows you to view the errors and find the correct solution. Another goal of training tests is to familiarize the student with the process and the assessment system. The training test is presented in three versions at different levels.

The next step in studying the topic is solving a control test. Such a test also performs an educational function, so it can be called a training and control test. Testing does not include checking errors and finding the correct solution. When completing control tasks, the student immediately sees the test results in points, but does not see where exactly he made a mistake. The authors offer two options for using control tests in the learning process. The first is control tests as a tool and method for organizing independent homework; the second is as a test in a classroom [10].

Control tests are compiled in many versions for each topic, each of which is presented in three levels of difficulty. The student has the opportunity to choose the level of difficulty of the test, having previously independently assessed the level of his readiness.

We will indicate the types of tasks that we used when creating tests and give examples of these tasks.

1. Closed form of test tasks. Such test buildings do not imply entering your own answer. The test taker must choose the correct answer or several answers from the proposed ones. This type of tasks also includes tasks to establish a correspondence or the correct sequence of actions.

The authors used the following tasks when constructing the test:

- - with a choice of the only correct (or incorrect) answer from those offered,
- - with an alternative choice,
- - with a choice of several correct (or incorrect) answers,
- - to establish a match,
- - with a choice of the most correct answer,
- - tasks requiring the restoration of the correct sequence of actions (the answer in such problems is the correct set of numbers or letters indicating the next answer or action) or tasks in the process of solving which it is necessary to restore the missing elements.

2. Open form of test tasks. This type of task implies that the test taker enters his answer in a symbolic version.

The following were used:

- - tasks requiring a numerical answer;
- - tasks requiring an answer in the form of a symbolic expression;
- - tasks requiring the addition of an answer in free form with restrictions on the answer (numerical, symbolic).

The test materials and the tests themselves are designed as a file in .pdf format.

Here is an example: Calculate the indefinite integral:

$$\int \frac{\sin(\sqrt{x} + a) e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} dx$$

Writing this task in LaTeX:

`\(\int\mathrm{d}\frac{\sin\left(\sqrt{x}+a\right)\mathrm{e}^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}}\)`

Question "Drag into text" This test is a set of empty cells for missing text or sentences in the form or words of the test. The test participant determines the correct set and sequence of words in the sentence, selects the necessary words from the proposed options and drags them with the mouse into the empty cells. In this case, you can add unnecessary options that complicate the task. The authors use these types of questions in this article [11].

Brief instructions 1.

1) Go to the main page of the course you need (click on the course name in the list of available courses).

2) On the course page, in the upper right corner, click the gear icon "Action Menu" and on the page that opens, select the tab "Question Bank" -> "Questions".

3) From the drop-down list with the names of the Question Bank categories, select the category to which the question you are creating will belong. Click the "Create a new question..." button.

4) In the window that opens, select the question type "Drag and drop into text". Click the "Add" button.

5) In the "Question Title" field, type the initial part of the task wording to make it easier to find in the general Question Bank. In the "Question Text" field, write the question text like: "[[1]] [[2]] [[3]] [[4]] [[5]]" or "Text [[1]] text [[2]] text [[3]] etc.", then in the "Choice Options" section, enter the correct words for the labels marked with numbers 1, 2, 3, 4, 5, etc. Add extra options if necessary. Set a score for correct completion of the task or leave the default score. Be sure to enable answer shuffling (check the box).

6) If necessary, add comments in the "General Feedback on the Question" field or set penalty percentages and hints for each new attempt to complete the task.

7) After clicking the "Save Changes and Continue Editing" button, you will be able to preview the created question.

8) Save the created question – the "Save" button at the bottom of the page.

9) Use the magnifying glass icon to view the added task and make adjustments if necessary.

In order to use the embedded JavaScript, you need to run Adobe Acrobat locally. To do this, you must first save the .pdf file to disk, and then run Adobe Acrobat. Trying to run Adobe Acrobat on the server is useless, since third-party macros are prohibited in browsers for security reasons.

The acrotex package is connected with the command:

`\usepackage[xetex,unicode=true]{exerquiz}`

The next step is to connect the dljslib package to use JavaScript.

`\usepackage[setSupport,ImplMulti,limitArith,indefIntegral]{dljslib}`

To activate the task, you need to click the "start" button; to see the result, click the "stop" button. After this, the "Answer" field will display the result in the form "Correct: X of Y" (see Fig. 1 and 2).



Старт (Нажмите «Старт» ответьте на вопрос, затем нажмите «Стоп».)

3. (баллы: 9) Вычислите неопределенный интеграл $\int \frac{x dx}{\cos^2 x}$, используя метод интегрирования по частям. В пустые клетки помешайте пропущенные выражения. В окончательном ответе положите константу $C = 0$.

$$\int \frac{x dx}{\cos^2 x} = \left| \begin{array}{l} u = \boxed{}; \quad du = \boxed{}; \\ dv = \boxed{}; \quad v = \boxed{} \end{array} \right| =$$

$$= \boxed{} - \int \boxed{} \boxed{} = \boxed{} + \boxed{}$$

Стоп **Коррекция**

Ответ: [Посмотреть решение.](#)

Fig. 1. An example of a training task with symbolic input and the ability to view the solution before entering the answer.

Старт (Нажмите «Старт» ответьте на вопрос, затем нажмите «Стоп».)

3. (баллы: 9) Вычислите неопределенный интеграл $\int \frac{x dx}{\cos^2 x}$, используя метод интегрирования по частям. В пустые клетки помешайте пропущенные выражения. В окончательном ответе положите константу $C = 0$.

$$\int \frac{x dx}{\cos^2 x} = \left| \begin{array}{l} u = \boxed{x}; \quad du = \boxed{dx}; \\ dv = \boxed{dx/\cos^2(x)}; \quad v = \boxed{\tan(x)} \end{array} \right| =$$

$$= \boxed{\tan(x)} - \int \boxed{\tan(x)} \boxed{dx} = \boxed{\tan(x)} + \boxed{\ln(\cos(x))}$$

Стоп Верно: 7 из 9 **Коррекция**

Ответ: [Посмотреть решение.](#)

Fig. 2. An example of a training task with symbolic input and the ability to view the solution after entering the answer and pressing the “Stop” button.

Conclusion

The authors attempted to create materials that form a holistic system of knowledge, skills and abilities on a given topic. The materials were tested on the site <http://moodle.ubtuit.uz/> "Urgench branch of the Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarizmi". A lot of preparatory work was done to select theoretical and problem material. Test materials are designed to partially compensate for the lack of classroom communication between the teacher and the student, and therefore the authors place special emphasis on the problem material. The tasks in the tests are selected in such a way that without serious study of the material, the student cannot complete the task. The created electronic resource contains elements of interactivity. The electronic resource differs from existing online services primarily in that its purpose is not only control, but above all training, which involves deep and conscious study of the material in the smallest details. Its peculiarity is that with the help of the existing tests, various learning skills and algorithms are not only checked, but also practiced. The mathematics course at a technical university is quite extensive. Providing students with a variety of educational multivariate materials on each topic at least within one semester requires a lot of time and labor. At present, the authors have developments only on individual topics. Therefore, the authors believe that at present, the main methods of research and diagnostics of the effectiveness of the materials being introduced are questionnaires, surveys, and conversations with both students and mathematics teachers.

As shown by a survey conducted among students and teachers, about 86% claim that the use of such test materials helps the student to study the subject and achieve the required educational level.

More than 92% of respondents noted that the use of the proposed materials stimulates regular student study, since the completion of educational test assignments was organized in deadline mode.

Among the advantages of this resource, teachers noted the possibility of an individual approach to learning, the ability to track the progress of the educational process, as well as quickly and objectively control this process. Also, as a plus, it was noted that the resource does not depend on the availability and speed of the Internet connection. Based on the positive experience of testing the developments presented in the article, the authors intend to continue working on the creation of electronic learning resources, including thematic interactive test materials.

References

- [1] S. B. Yusupova and S. Z. U. Davletboyev, “Organization of Monitoring in the Example of LMS Moodle”, IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 1550-1556, doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347622.
- [2] V. S. Avanesov. “Application of tasks in test form in new educational technologies”, School technologies. – 2007. – No. 3. – pp. 146-163.
- [3] M. Ebben & J. S. Murphy. “Unpacking MOOC scholarly discourse: a review of nascent MOOC scholarship”, Learning, Media and Technology, 2014, 39(3), 328–345. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.878352>
- [4] J. Baggaley. “MOOC rampant”, Distance Education, 2013. Vol. 34. No. 3. P. 368–378 [Electronic resource]. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/01587919.2013.835768>.
- [5] M. Clarà & E. Barberà. “Learning online: massive open online courses (MOOCs), connectivism, and cultural psychology”, Distance Education, 2013, 34(1), 129–136. <https://doi.org/10.1080/01587919.2013.770428>
- [6] M.V. Klimenskikh, N.A. Korepina, A.S. Sheka, O.S. Windecker. “Peculiarities of perception of distance learning by university students and teachers”, Modern problems of science and education. - 2018. - No. 1. - P. 41. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27421>
- [7] E. A. Akolzina. “The use of electronic educational resources in the learning process: advantages, disadvantages”, Gaudeamus, 2013, No. 2 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-elektronnyh-obrazovatelnyh-resursov-v-protse-ssobucheniya-dostoinstva-nedostatki> (access date: 12/10/2023).
- [8] Sh. B. Yusupova, F. A. Masharipova. “Application of the type of test tasks “tasks with the choice of one most correct answer”, ILM SARCHASHMALARI. 3.2021. 181-185 b.
- [9] T. A. Bondarenko, G. A. Kameneva, A. L. Anisimov. “The use of information and communication technologies as a condition for organizing independent work of a student”, Problems of modern pedagogical education, 2019, No. 62-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionno-kommunikativnyh-tehnologiy-kak-uslovie-organizatsii-samostoyatelnoy-raboty-studenta> (date of access: 05/28/2023).
- [10] A. L. Anisimov, T. A. Bondarenko, G. A. Kameneva. “Development of modern test materials for organizing students’ independent work in studying higher mathematics using the LaTeX package”, Perspectives of Science and Education. – 2019. – No. 2 (38).
- [11] <https://edu.susu.ru/edususudocs/ru/help-for-teachers/testing/test-questions-types/create-question-drag-and-drop-into-text/sozдание-voprosa-na-peretaskivanie-v-text.pdf>.



JURNALISTIK FAOLIYATNI MONITORING QILISH VA JURNALISTLAR REYTINGINI BAHOLASH JARAYONLARINING MODELLARI VA AXBOROT TIZIMINI DOLZABRLIGI

Omonullayeva Farangiza

Alfraganus universiteti “Raqamli texnologiyalar” kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya: jurnalistika jamiyat hayotining eng muhim ijtimoiy institutlaridan biri sifatida tezkor axborot uzatish, jamoatchilik fikrini shakllantirish va demokratik qadriyatlarni mustahkamlash jarayonida beqiyos ahamiyat kasb etmoqda. Axborot oqimlarining globallashuvi, internet va raqamli platformalarning keng tarqalishi natijasida jurnalistik faoliyatning mazmuni, shakli va uslublari tubdan o‘zgarib bormoqda. Hozirgi kunda jurnalist faqat axborot yetkazuvchi emas, balki auditoriya bilan interaktiv aloqada bo‘ladigan, tahlilchi, ijtimoiy jarayonlarni baholovchi va ularni yoritish orqali ularning rivojlanishiga ta’sir ko‘rsatuvchi sub’ekt sifatida qaralmoqda.

Kalit so‘zlar: jurnalistika, interaktiv, axborot, monitoring, axborot tizimi.

Kirish

XXI asrda jurnalistika jamiyat hayotining eng muhim ijtimoiy institutlaridan biri sifatida tezkor axborot uzatish, jamoatchilik fikrini shakllantirish va demokratik qadriyatlarni mustahkamlash jarayonida beqiyos ahamiyat kasb etmoqda. Axborot oqimlarining globallashuvi, internet va raqamli platformalarning keng tarqalishi natijasida jurnalistik faoliyatning mazmuni, shakli va uslublari tubdan o‘zgarib bormoqda. Hozirgi kunda jurnalist faqat axborot yetkazuvchi emas, balki auditoriya bilan interaktiv aloqada bo‘ladigan, tahlilchi, ijtimoiy jarayonlarni baholovchi va ularni yoritish orqali ularning rivojlanishiga ta’sir ko‘rsatuvchi sub’ekt sifatida qaralmoqda.

Mazkur jarayonlarda jurnalistlarning professional faoliyatini samarali tashkil etish, ularning ish sifati, ishonchliligi, ta’sirchanligi va ijtimoiy mas’uliyatini ob’ektiv mezonlar asosida baholash masalasi dolzarb ilmiy muammolardan biri hisoblanadi. An’anaviy yondashuvlarda jurnalist faoliyatining samaradorligi odatda sub’ektiv baholarga asoslangan holda ko‘riladi, natijada reytinglar va monitoring natijalari ishonchlilik jihatidan yetarli darajada kafolatlanmaydi. Shu bois jurnalistik faoliyatni monitoring qilish, jurnalistlar reytingini aniqlash va bu jarayonni avtomatlashtirishga qaratilgan axborot tizimini ishlab chiqish ilmiy-amaliy nuqtayi nazardan katta ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda xalqaro tashkilotlar tomonidan axborot erkinligi va media bozorining rivojlanishini baholashga qaratilgan turli reyting va indekslar ishlab chiqildi. Masalan, Reporters Without Borders tashkiloti tomonidan e’lon qilinadigan Press Freedom Index, IREX tomonidan tayyorlanadigan Media Sustainability Index, shuningdek, Freedom House tashkilotining hisobotlari mamlakatlardagi jurnalistika erkinligi va sifatiga baho berishda keng qo‘llaniladi. Ammo mazkur indekslar asosan davlat miqyosida erkinlik va sharoitlarni o‘lchaydi, jurnalistlarning individual faoliyatini, ularning jamiyatdagi rolini aniqlashga qaratilmagan.

Shu bois, individual jurnalist reytingini shakllantirish, ularning faoliyatini monitoring qilish va xalqaro standartlarga mos ravishda baholash ilmiy va amaliy tadqiqotlar uchun yangi yondashuvdir. Bunda zamonaviy sun’iy intellekt, data mining, sentiment-analiz va media monitoring algoritmlarini qo‘llash dolzarb ahamiyat kasb etadi. Bu nafaqat jurnalist faoliyatini

ob'ektiv baholashga yordam beradi, balki global axborot makonida jurnalistlarning professional o'rnini aniqlash imkonini ham beradi.

O'zbekistonda so'nggi yillarda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlar jarayonida axborot siyosati va media erkinligi yangi bosqichga ko'tarildi. Prezidentimiz tomonidan ilgari surilgan "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi, shuningdek, davlat boshqaruvining ochiqligini ta'minlashga qaratilgan tashabbuslar jurnalistika faoliyatining ahamiyatini yanada oshirdi. OAV faoliyati ustidan jamoatchilik nazorati kuchaygani sayin, jurnalistlarning mas'uliyati ham ortib bormoqda.

Shu nuqtayi nazardan, jurnalistlarning professional faoliyatini monitoring qilish, reytingini aniqlash va ular o'rtasida sog'lom raqobatni shakllantirish zarurati mavjud. Bu, bir tomondan, jurnalistlarning faoliyatini ob'ektiv baholash imkonini bersa, ikkinchi tomondan, jamiyatda sifatli, haqqoniy va tezkor axborot maydonini yaratishga xizmat qiladi.

Bugungi kunda O'zbekistonda jurnalistlarning reytingini aniqlashga oid yagona tizim mavjud emas. Reytinglar ko'proq ijtimoiy tarmoqlardagi obunachilar soni, maqolalar soni yoki auditoriya qamrovi kabi soddalashtirilgan mezonlar asosida shakllanadi. Bu esa jurnalistning kasbiy malakasi, axborotning haqqoniyliги, tahliliy salohiyati va ijtimoiy ta'sirini to'liq aks ettirmaydi. Demak, ilmiy asoslangan baholash modelini ishlab chiqish zaruriyati mavjud.

Jurnalistik faoliyatni monitoring qilish bo'yicha ayrim tadqiqotlar mavjud bo'lsa-da, ular ko'pincha kontent tahliliga yoki auditoriya xatti-harakatlarini o'rganishga qaratilgan. Jurnalist shaxsiy faoliyatining samaradorligini aniqlash uchun esa kompleks yondashuv, ya'ni ko'p mezonli modellashtirish talab etiladi. Masalan, jurnalistning auditoriyaga ta'sirchanligi, ijtimoiy tarmoqlarda faolligi, professional etikaga rioya qilishi, axborot manbalarining haqqoniyliги kabi ko'rsatkichlarni umumlashtirish asosida reyting tizimini ishlab chiqish lozim.

Shuningdek, bunday tizimni axborot texnologiyalari yordamida avtomatlashtirish jurnalist faoliyatini tezkor, xolis va samarali monitoring qilish imkonini beradi. Natijada, jurnalistlarning reytingi nafaqat OAV tahririyatlari, balki davlat organlari va jamoatchilik uchun ham ochiq bo'lgan ko'rsatkichga aylanadi.

Jurnalistika insoniyat tarixida axborotni yetkazishning eng asosiy vositalaridan biri bo'lib kelgan. Ammo raqamli texnologiyalar va internetning jadal rivojlanishi natijasida jurnalistik faoliyatning ko'lami kengaydi, uning mazmun-mohiyati tubdan o'zgardi. Hozirgi kunda jurnalist faqatgina matn yoki maqola yozuvchi emas, balki multimediya kontent yaratuvchi, ijtimoiy tarmoqlarda faoliyat yurituvchi, axborotni tezkor uzatuvchi va jamoatchilik fikrini shakllantiruvchi sub'ekt sifatida namoyon bo'lmoqda.

Bunday sharoitda jurnalistlarning faoliyatini ob'ektiv baholash va monitoring qilish murakkab masalaga aylanmoqda. Chunki an'anaviy baholash mezonlari (maqolalar soni, bosma yoki elektron OAVda e'lon qilingan materiallar hajmi) jurnalistning professional malakasi, auditoriyaga ta'sirchanligi, axborotning haqqoniyliги kabi muhim jihatlarni to'liq qamrab olmaydi.

Bugungi kunda mavjud bo'lgan reyting tizimlari ko'pincha ijtimoiy tarmoqlardagi obunachilar soni, "layk" va "ko'rishlar" statistikasi kabi soddalashtirilgan ko'rsatkichlarga asoslanadi. Ammo bunday yondashuv jurnalistning professional darajasini, ijtimoiy mas'uliyatini va jurnalistik mehnatning jamiyat taraqqiyotiga qo'shayotgan real hissasini aks ettirmaydi. Natijada jurnalistlarning obro'-e'tiborini xolisona baholashda sub'ektivlik yuzaga kelmoqda.



Ilmiy nuqtayi nazardan qaraganda, jurnalistik faoliyatni baholash ko'p mezonli modellashtirishni talab etadi. Masalan:

Axborot sifati va haqqoniyligi – faktlarning ishonchliligi, axborot manbalarining ochiqqligi.

Auditoriya qamrovi – jurnalist materiallaridan foydalangan o'quvchilar, tomoshabinlar yoki kuzatuvchilar soni.

Ta'sirchanlik va ijtimoiy rezonans – maqolalarning jamiyatda muhokama qilinishi, ijtimoiy tarmoqlardagi sharhlar soni.

Etik me'yorlarga rioya – milliy va xalqaro jurnalistika standartlariga moslik.

Innovatsion yondashuv – multimedialilik, interaktivlik, zamonaviy raqamli formatlardan foydalanish.

Undan tashqari Jurnalistlarni reytingni baholash ko'rsatkichlarining mezonlar, asoslari va qo'llanish usullarini quyidagi jadvalda ko'rishimiz mumkin.

1-jadval. Mezonlar

Mezon	Asos	Qo'llash usuli
Fakt-cheking darajasi	Yolg'on axborot tarqalishining oldini olish, media etikasi talabi.	Materialdagi faktlarning mustaqil manbalar orqali tasdiqlanish foizini hisoblash.
Professional faoliyat davomiyliigi	Tajriba va barqarorlik jurnalistning malakasi va ijtimoiy mas'uliyatini ko'rsatadi.	Faoliyat yillari, ishlagan OAVlari va tajriba davomiyliigi bo'yicha ball berish.
Mavzular xilma-xilligi	Turli mavzularni yoritgan jurnalist kengroq auditoriyani qamrab oladi.	So'nggi yil ichida yoritilgan mavzular soni va xilma-xilligi asosida baholash.
Jamiyatdagi ishonch darajasi	Auditoriya ishonchi – jurnalistning obro'-e'tibori va ta'sirchanligining muhim ko'rsatkichi.	So'rovnoma (survey), ijtimoiy tarmoqlar sharhlari, "like" va "share" nisbatlari.
Innovatsion yondashuv	Multimedia va raqamli texnologiyalardan foydalanish – zamonaviy jurnalistikaning talabi.	Video, infografika, podkast va interaktiv kontentdan foydalanish darajasini baholash.

Mazkur mezonlar asosida yaratilgan matematik model va axborot tizimi jurnalistlarning reytingini ob'ektiv hisoblash va ularni doimiy monitoring qilish imkonini beradi.

Shuningdek, hozirgi davrda jurnalistika faoliyatini monitoring qilishda sun'iy intellekt, natural language processing (NLP), data mining va sentiment-analiz texnologiyalaridan foydalanish imkoniyati mavjud. Ushbu texnologiyalar yordamida jurnalistik materiallarni avtomatik tahlil qilish, undagi ijobiy yoki salbiy ohangni aniqlash, auditoriyaning fikr-mulohazalarini qayd etish

mumkin. Bu esa jurnalist faoliyatining ta'sirchanlik darajasini ilmiy asosda o'lchashga zamin yaratadi.

Shu nuqtayi nazardan, mavjud vaziyatda quyidagi ilmiy muammo yuzaga kelmoqda:

Jurnalist faoliyatini baholash mezonlari ilmiy asosda yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Jurnalistlar reytingini hisoblashda sub'ektiv yondashuvlar ustunlik qilmoqda.

Jurnalistik faoliyatni monitoring qilishni avtomatlashtiruvchi axborot tizimlari deyarli yaratilmagan.

Xalqaro tajribada mavjud reytinglar mamlakat yoki tashkilot miqyosida bo'lsa-da, individual jurnalist reytingini shakllantirishga e'tibor yetarli emas.

Yuqorida keltirilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, jurnalistlarning professional faoliyatini ob'ektiv baholashda mavjud yondashuvlar yetarli emas. Amaliyotda ko'proq auditoriya soni, ijtimoiy tarmoqdagi faollik yoki materiallar hajmi kabi yuzaki ko'rsatkichlardan foydalanilmoqda. Bu esa jurnalistning kasbiy salohiyatini, axborotning haqqoniyligi va ijtimoiy ta'sirini to'liq qamrab olmaydi hamda sub'ektiv baholashlarga olib keladi.

Shu bois, muammoning ilmiy yechimi sifatida quyidagilar taklif qilinadi:

Ko'p mezonli baholash modelini ishlab chiqish. Unda jurnalist faoliyati nafaqat auditoriya ko'lami, balki axborot sifati, ishonchlilik, tahliliy salohiyat, etik me'yorlarga rioya va innovatsion yondashuv kabi ko'rsatkichlar asosida baholanishi lozim.

Jurnalistik materiallarni tahlil qilishda sun'iy intellekt, data mining va sentiment-analiz texnologiyalarini qo'llash orqali xolis va tezkor natijalarga erishish.

Reyting baholash jarayonini avtomatlashtirilgan axborot tizimi orqali amalga oshirish, natijalarni jamoatchilikka ochiq va shaffof ko'rinishda taqdim etish.

Xalqaro tajribalarni hisobga olgan holda, O'zbekiston sharoitiga mos ilmiy-uslubiy asos yaratish va uni milliy media maydonga tatbiq etish.

Natijada, muammo sifatida qo'yilgan "jurnalistik faoliyatni ilmiy asosda monitoring qilish va jurnalistlar reytingini shakllantirishning samarali tizimini ishlab chiqish" masalasi yechimini topadi. Bu nafaqat jurnalistlar o'rtasida sog'lom raqobatni kuchaytiradi, balki jamiyat uchun haqqoniy, sifatli va ishonchli axborot maydonini shakllantirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Kovach, B., & Rosenstiel, T. (2014). *The Elements of Journalism: What Newspeople Should Know and the Public Should Expect*. New York: Three Rivers Press.
2. McQuail, D. (2010). *McQuail's Mass Communication Theory*. 6th Edition. London: Sage Publications.
3. Merrill, J. C., Gade, P. J., & Blevens, F. R. (2001). *Twilight of Press Freedom: The Rise of People's Journalism*. Lawrence Erlbaum Associates.
4. Schudson, M. (2011). *The Sociology of News*. 2nd Edition. New York: W.W. Norton & Company.
5. Abdurahmonov A.A., Omonullayeva F.O. "Jurnalistik surishtiruv ma'lumotlariga ishlov berishning funksional modelini ishlab chiqish" "Management and Future Technologies" Ilmiy jurnali. Volume 1, Issue 3. Toshkent – 2024. -B. 35-41.

6. Omonullayeva F.O. "Jurnalistik surishtiruv jarayonlarini monitoring qilishning ehtimoliy modeli" "USA" International Scientific And Practical Conference Topical Issues Of Science Vol. 17 No. 1 (2024).



VIRTUAL TA'LIM TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA O'QITISH METODIKASINI SHAKLLANTIRISH

Bozorov Jasurbek

A.Avloniy nomidagi pedagogik mahorat milliy instituti

Annotatsiya: Ushbu maqolada virtual ta'limning metodik imkoniyatlarini shakllantirishning mazmuni va vazifalari, Virtual ta'lim muhiti va virtual texnologiyalar visual tasvirlarni ob'ektiv haqiqat bilan bog'lash uchun yangi omillarni yaratib, bular makon ko'lami, vaqt ko'lami, vaqtning teskari aylanishi, real bo'lmagan vaziyatlarni modellashtirish singari omillar bilan tavsiflanadi.

Kalit so'zlar: Virtual ta'lim texnologiyasi, Virtual ta'lim muhiti, Virtual o'quv muhiti, Interaktivlik, Virtual ta'lim jarayonini boshqaruvchi tizimlar

Kirish

Talabalar an'anaviy usuldagi har qanday ta'limga qaraganda ancha boy va murakkabroq bo'lgan yangi aloqa vositalari tomonidan yaratilgan "o'ziga xos" bilim maydonida yashaydilar. Axborotlashuv ustuvorliklarining paydo bo'lishi bilan virtual ta'lim asta-sekin o'z-o'zini tarbiyalashga qaytishi mumkin. Multimedia ta'lim mahsulotlarini joriy etish nafaqat ta'lim muassasalari tomonidan amalga oshiriladi, shuning uchun o'quv jarayoni bevosita ijtimoiy muassasadan tashqarida, balki "kompyuter bilan" yakka tartibda amalga oshirilishi mumkin. Virtual ta'lim masofaviy ta'lim bilan chambarchas bog'liq, lekin u bilan cheklanib qolmaydi. U o'qituvchilar, talabalar va o'rganilayotgan ob'ektlarning odatiy yuzma-yuz muloqotida paydo bo'lishi mumkin (va sodir bo'ladi). Masofaviy ta'lim texnologiyalari talabalar, o'qituvchilar, mutaxassislar va bir-biridan uzoqda joylashgan axborot majmualarining o'zaro foydalanish imkoniyatini oshirish orqali kunduzgi ta'lim imkoniyatlarini kengaytirish imkonini beradi. Virtual ta'limning, shuningdek, umuman insonni tarbiyalashning asosiy maqsadi-insonning real dunyoda o'z taqdirini, shu jumladan virtual tarkibiy qismini aniqlash va unga erishishdir. Avvalo, ushbu kontseptsiyani tushunish va talqin qilishni chalkashtirib yuboradigan "virtual ta'lim" atamasining ikki tomonlama tushunilishini ta'kidlash kerak. Virtual ta'limdeganda nafaqat masofaviy telekommunikatsiya ta'limi, balki "ta'lim sub'ektlari va ob'ektlarining o'zaro ta'siri jarayoni va natijasi, ularni yaratish bilan birga, o'ziga xosligi ushbu ob'ektlar va sub'ektlar tomonidan aniq belgilanadi"[2].

Tasavvur qilish mumkinki, birinchi tushuncha virtual muhit tomonidan olib boriladigan "virtual ta'lim" ning tor ma'nosini o'z ichiga oladi. "Virtual ta'lim" ning ikkinchi tushunchasi keng ma'noda virtual maydon, o'zaro ta'sir sub'ektlarining o'zaro ta'sirini belgilovchi virtual ta'lim maydoni, tashuvchisi turli xil elektron va og'zaki, bosma aloqalar bo'lgan virtual ta'lim maydoni sifatida ta'riflanadi. Agar biz ta'limni ijtimoiy o'zaro ta'sir jarayoni deb hisoblasak, u virtual jarayon bo'ladi: "Agar bir yoki bir nechta o'zaro ta'sir qiluvchi ob'ektlar (talaba, o'qituvchi) faoliyatning o'zaro ta'siri sub'ektlari sifatida harakat qilsalar, u holda bu o'zaro ta'sir ularning virtual manbai bo'ladi. Bir xil sub'ektlarning ushbu o'zaro ta'sirdan oldingi holatidan farq qiladigan holat" [3]. Ya'ni, ta'lim jarayonini amalga oshirish virtual muhitni qayta qurishdir. Ammo, haqiqiy jamiyatdagi ta'lim haqiqiy institutning barqaror maqomiga ega bo'lganligi sababli, bizning vazifalarimiz faqat zamonaviy tadqiqotlarda ta'limni virtualizatsiya qilish deb ataladigan mavjud virtual jarayonni virtualizatsiya qilish tavsifini o'z ichiga oladi.

Virtual ta'lim muhiti

Virtual ta'lim sohasi - tashqi dunyoga keng tarqalib, hissiy, intellektual va intellektual qobiliyatini ishlatadigan o'quvchining faoliyati orqali o'zining tashqi sohaslarini kashf eta oladigan makondir.

Virtual o'quv muhiti - Bu o'quv jarayonining barcha ishtirokchilari tomonidan ta'lim maqsadlarida tashkil etilgan va foydalaniladigan mahalliy, korporativ va global kompyuter tarmoqlarining axborot mazmuni va kommunikativ imkoniyatlarini o'z ichiga oladi; O'quv jarayonining barcha ishtirokchilarini samarali muloqot qilish uchun yaratilgan va ishlab chiqilgan; Ta'lim olishning an'anaviy usullaridan farqli o'laroq, ta'lim kommunikatsiyaning tabiati, bilvosita, ham uzoq, ham an'anaviy tarzda "ko'zdan-ko'zga" olib boriladi. Virtual ta'lim muhiti tezkor o'sib borayotgan, ko'p bosqichli va ko'p funksional tizimni birlashtiradi:

Tadqiqot natijalari

Virtual ta'lim muhiti vazifalari Ma'lumot va trening (turli xil ta'lim ma'lumotlarining shakllarida taqdim etilgan); Aloqa (o'quv jarayoni ishtirokchilari bilan muloqotda bo'ladi); Nazorat va ma'muriy (bilim, ko'nikma va boshqaruv darajasini nazorat qilish bo'yicha kompleks chora-adbirlar ko'rilmogda). Virtual ta'lim muhitida informatika va axborot texnologiyalari fani o'qituvchisining o'rni quyidagilardan iborat: - informatika va axborot texnologiyalari fani o'quv jarayonining tashkilotchisi, bilim oluvchisi va o'quvchilarning ijodiy faoliyatini baholaydi, innovatsion texnologiyalardan foydalangan holda virtual o'qitish muhitida o'qitish ishlarini olib boradi. [4] Maslahatchi, trening va postdan keyin o'qitish jarayonida professional pedagogic yordamni tashkil etishi zarur.

Virtual ta'lim muhitining afzalliklari

O'quvchi moslashuvchanligi quyidagicha ko'rsatib o'tilgan:- Barchasi trenajor Internet texnologiyalari orqali amalga oshirilganligi uchun qulay joyga joylashadi; O'quvchilar ta'lim muassasalariga joylashtirilishidan masofa samarali o'quv jarayoni uchun to'sqinlik qilmaydi; O'zlari uchun qulay vaqtda qatnashadi. Har bir inson o'z biologik "soatiga" ega va ularga qarab sinflar vaqtini tanlashi va o'zgartirishi mumkin: O'z didaktikasini qurish orqali o'tilgan nazariy va amaliy mashg'ulot jarayonlarini qayta ko'rib chiqadi, avvalgi darslardagi saqlangan materiallarga murojaat qila oladi va o'qituvchi bilan virtual makon orqali bog'lana oladi; Muayyan bo'limlarga konsentratsiyalash, har bir bo'limni, modulni va zarur bo'lgan vaqtni blokirovkalash. Shunday qilib, uni tezroq qilish orqali vaqtni tejash mumkin; O'quv mashg'ulotlarini amalga oshirish uchun talaba va ta'lim tizimining xarajatlari ta'lim sohasi, vaqt va texnik resurslardan samarali foydalanish maqsadida kamayadi.

Yangi xususiyatlar

O'quv-uslubiy majmuani tayyorlash, virtual o'quv muhiti atrofidagi materiallarni joylashtirish; O'quv jarayoni virtual o'quv muhitida qanday amalga oshirilishini, o'qituvchilar dars materiallari bilan qanday tanishishi, topshiriqlarni qanday topshirishlari, forumlarda ishtirok etishlari, muloqot qilishlari va boshqalar bilan tanishishlari uchun tanishtiruvchi tashkiliy darsni o'tkazish; Kelajakdagi professional faoliyat muhitida o'rganish - o'quv muhitida ta'lim olish; Kurs materiallari samaradorligini kuzatish; O'quvchilarning mustaqil ishi bo'yicha topshiriqlarni bajarilishini nazorat qilish; Kollektiv muhokamalarda ishtirok etish, forumlar va suhbatlar, veb-



eminarlar, vebkvestlar; Munozaralarni, yuzaga kelgan savollarga javoblarni umumlashtirish; O'qituvchilar bilan forum, lahzali xabar almashish tizimi, Skype va boshqalar orqali muloqot qilish; Virtual o'quv muhitining innovatsion salohiyatidan amaliy foydalanish.

O'quv jarayonlarini zarur o'quv materiallari bilan ta'minlash; o'qituvchi va o'quvchi o'rtasidagi munosabatlar; trening tizimidagi boshqaruv axborotlarini almashish; aloqa uchun xalqaro axborot tarmoqlaridan foydalanish, professional pedagogik yordamni amalga oshirish, axborotni o'zlashtirishni nazorat qilish; Virtual ta'lim muhiti, birinchi navbatda, mehnat muhiti va innovatsion ta'lim faoliyatiga aylanadi: "Doingle learning!" – "Doing o'rganing!" (Dewey printsipti, XIX asr); amaliyoti davomida o'z tajribangizni qurish; O'qituvchini malakasini oshirish, nou-xauga ega bo'lish va o'z faoliyatining natijalarini tezda baholash va zamonaviy asbob-uskunalar va texnologiyalarni qo'llash orqali o'qitishning afzalliklarini o'rganish imkoniga ega bo'lganligi sababli o'qituvchini muvaffaqiyatli vaziyatga qo'yish.

Interaktivlik

O'qituvchilar, murabbiylar, ma'murlar bilan muntazam aloqada bo'lish jarayonida yangi ta'lim shakliga moslashish va kasbdagi virtual ta'lim muhiti innovatsion salohiyatidan foydalanish jarayonlarini tushunish; Talaba va umuman tizim o'rtasida axborot almashinuviga tayanish; Ko'p tomonlama o'zaro ta'sirni amalga oshirish. Hosildorlik va samaradorlik O'qituvchining mustaqil va ongli ravishda o'qitish kursini tanlaganligi, o'z kasbiy malakasi bo'yicha o'z baholariga asoslanib, pedagogik amaliyotda qo'llaniladigan ma'lum professional bilimlar va ko'nikmalarga, hosildorlik va o'quv samaradorligining boshqa ta'lim shakllariga nisbatan taqqoslanadigan darajada ortib borishi zarurligiga asoslantirilgan holda belgilanadi. Virtual ta'lim muhitida o'qituvchi, uning roli: Yangi aloqa shaklida - asenkron "suhbat"da virtual munozaralar boshqacha tarzda amalga oshiriladi va muloqotda aks ettirish qobiliyatini rivojlantirish uchun qo'shimcha vosita sifatida xizmat qiladi, talabalarning mantiqiy va mavhum fikrlash darajasini oshiradi; Zamonaviy texnologiyalardan foydalanish (masalan, loyiha metodologiyasi) – virtual uyushmalarni o'rganish uchun muhim bo'lgan nazariy asoslardan biri sifatida; Zamonaviy ta'lim asoslarini qo'llash (individualizatsiya - bugungi kunda o'rganishning ustuvor yo'nalishi sifatida, amaliy mashg'ulotlar - uzluksiz ta'lim tizimi va malakali rivojlanish tizimining o'quvchilarning amaliy ko'nikmalari bilan samarali kombinatsiyasi sifatida, virtual jamoalarning har bir a'zosiga innovatsion ish uchun o'ziga xos traektoriya yaratish imkonini beradi); Texnologik, ma'muriy va moliyaviy imkoniyatlarni hisobga olgan holda pedagogik Internet muhitini yaratishda; O'quvchilarning shaxsiy ehtiyojlarini hisobga olgan holda, individual farqlarga moslashish va yangi kontseptsiyani va o'qitish metodologiyasini ishlab chiqishni talab etadigan virtual moslashuv muhitini yaratish jarayonida; Ushbu yangi virtual maydonlarning professional faoliyatini yo'naltirish va pedagogic qo'llab-quvvatlash uchun virtual assotsiatsiyalar va an'anaviy jamoalarning turli shakllari bilan bog'liq. Virtual ta'lim muhitida o'qituvchi (virtual o'qituvchi), an'anaviy muhitda o'qituvchilik faoliyati o'rtasidagi farqlar.

Adabiyotlar

1. Abduqodirov A.A., Pardayev A.X. Masofali o'qitish nazariyasi va amaliyoti. Monografiya. T.: Fan. 2009. -146 b.
2. Abduqodirov A.A., Toshtemirov D.E. Ta'lim muassasalarida axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish metodikasi. Monografiya. Guliston: "Universitet", 2019. –232 b.
3. D.E.Toshtemirov., Niyozov M.B, Yuldashev U.A., Sherali's, S. I. (2020). Resource support of distance course information educational environment. Journal of Critical Reviews, 7(5), 399-400.
4. D.B.Abduraximov, D.E.Toshtemirov. Mutaxassislik fanlarini o'qitish metodikasi. O'quv qo'llanma. – Toshkent, 2020. - 224 b.
5. Astlyayner, G. masofadan o'qitish WWW orqali: Ijtimoiy va hissiy jihatlar G.Astlyayner // Internetda gumanitar tadqiqotlar; tomonidan. A.E. Voyskunsky. - M.: Mozhaisk-Terra, 2000. - S. 333-367.
6. Atanov,G., Toshtemirov D.E. Ta'lim porta li: yaratish tamoyillari, mazmuni va foydalanish metodikasi. Monografiya. Guliston: Universitet. 2015. -156 b.
7. Yuldashev U.A., Xudoyberdiev M.Z., Axmedov T.B. O'quv jarayonining sifatini oshirishda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish //Academic research in educational sciences. – 2021. – T. 2. – №. 3. – С. 1262-1268.
8. Хуторской А.В. О виртуальном образовании / А.В. Хуторской // Дистанционное и виртуальное обучение: Дайджест рос и зарубеж. прессы. - 2000. - № 1. - С. 25-27.
9. Yuldashev Ulmasbek Abdubanapovich, va Samatboyeva Marjona Baxtiyor qizi. "Raqqamli texnologiyalarining ta'lim sohasida qo'llanilishi". science and innovation 1.b3 (2022): 110-113.
10. Elektron ta'lim bo'yicha Xusan Xolmuratovich Muratovning shaxsiy blogi. x.muratov@cspi.uz
11. Internet sayti. <https://www.netinbag.com/hi/education/what-is-virtual-education.html>



YUQORI POZITSIYALI FAZA MODULYATSIYA TURLARI UCHUN BIT XATOLIK EHTIMOLLIGINI BAHOLASH USULLARI

Yarashbek Yusupov; Nargiza Baymatova

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası

yarashbekyusupov@mail.ru

Annotatsiya: Maqolada qisqa to'liq radioaloqa kanallardagi turli nisbiy faza manipulyatsiyalangan signallar uchun bit xatolik ehtimolligi (BER)ning signal-xalaqit nisbatiga bogliqligi ko'rib chiqilgan. Turli statistik modeldagi radioaloqa kanallarining bit xatolik ehtimolligini baholash amalga oshirilgan. Radiokanalning statistik modelidan qat'iy nazar, modulyatsiyaning yuqori pozitsiyali NFM signallari uchun bit xatolik ehtimolligini baholash usullari tavsiya etilgan.

Kalit so'zlar: faza modulyatsiyasi, nisbiy faza manipulyatsiyalangan signal, bit xatolik ehtimolligi (BER), signal-xalaqit nisbati (SNR), xalaqitbardoshlik.

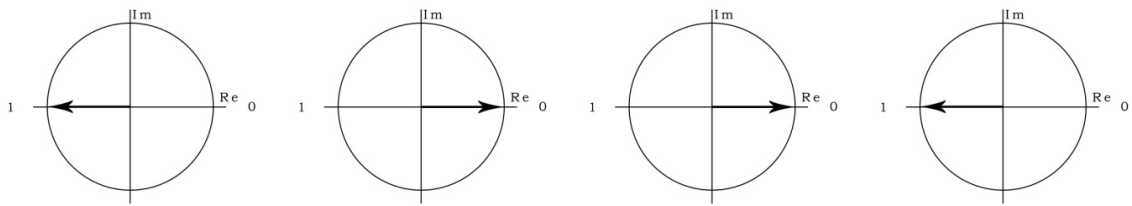
Kirish

Nisbiy yoki mutlaq faza modulyatsiyasidan foydalanishga asoslangan axborotlarni uzatish adaptiv radioliniyalarining ishlashi jarayonida mavjud elektromagnit muhitda uzatishning maksimal mumkin bo'lgan axborot tezligini ta'minlash uchun modulyatsiyaning pozitsionligini tanlash vazifasi paydo bo'ladi. Shu bilan birga, ushbu muammoni hal qilish, ayniqsa, axborotlarni uzatish seansining boshida juda muhimdir, chunki bu vaqtda shovqinga eng chidamli, va shuning uchun past tezlikli signallar, ya'ni ikki pozitsiyali faza modulyatsiyasi (FM) ishlatiladi. Ushbu momentda, masalan, to'rt pozitsiyali yoki sakkiz pozitsiyali FM ishlatilsa, bit xatolik ehtimolligi (BER) qanday bo'lishini baholash kerak. Bunday holda, ruxsat etilgan BER darajasida maksimal axborot tezligini ta'minlaydigan rejimni tanlash kerak. Buning uchun ko'pincha foydali ma'lumotlar oqimini to'xtatadigan turli xil sinov yoki xizmat signallari qo'llaniladi. Biroq, radioliniyalarning maksimal samaradorligini ta'minlash uchun qandaydir ortiqchalikdan foydalanmasdan axborot signali bo'yicha baholash va qaror qabul qilishga imkon beradigan yondashuvlarni qo'llash maqsadga muvofiqdir. Shuning uchun ham yuqori pozitsiyali FM signallarning ishonchligini baholash dolzarb vazifadir.

Asosiy qism

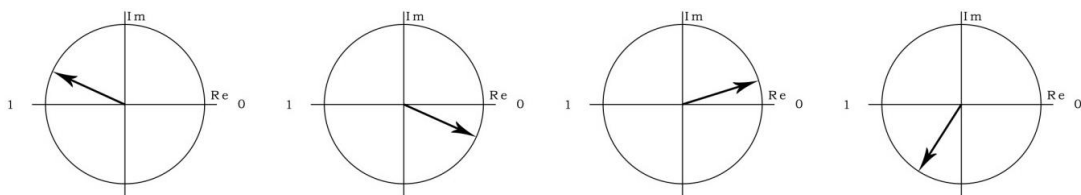
Qabul qilingan 2NFM signallari bo'yicha 4NFM signallari uchun BERni baholash masalasini ko'rib chiqamiz. 2NFM signallari uchun 0 va 1 belgilarining uzatilishi 4NFM signallari uchun 00 va 11 belgilarining uzatilishiga tengdir. Ushbu muammoning yechimi mutlaq FM signallari uchun ham bir xil bo'ladi [1-2].

Aytaylik, [1, 0, 0, 1] bitlar to'plamini aloqa kanali orqali uzatish kerak. U holda ushbu bitlar to'plamiga modulyatorda qo'shni elementar posilkalarning signal fazalari farqlarining quyidagi to'plami (yoki agar mutlaq FM ishlatilsa, boshlang'ich fazalar) mos keladi: $[\pi, 0, 0, \pi]$. Vektorli shaklda bitlarga mos keladigan signallarni 1-rasmda ko'rsatilgandek ifodalash mumkin.



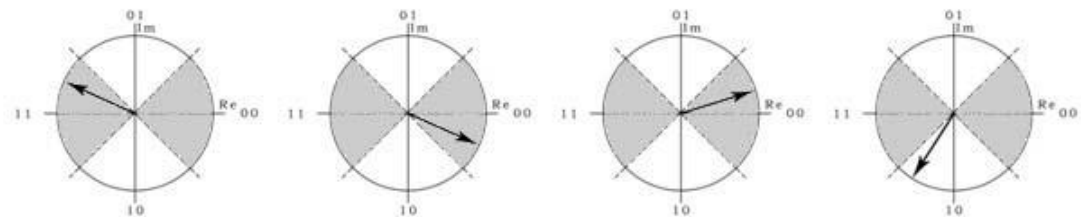
1-rasm. Uzatilgan signallarning fazaviy farqlariga misollar

Uzatuvchi tomonda berilgan fazalar aloqa kanalidan o‘tgandan so‘ng shovqin va so‘nish natijasida buzilishi mumkin. Aytaylik, qabul qiluvchi tomonda fazalar qiymatlari 2-rasmda ko‘rsatilganidek aniqlandi.



2-rasm. Qabul qilingan signallarning fazaviy farqlariga misollar

Bunday holda, mavjud signal-shovqin sharoitida 4NFM dan foydalanish imkoniyatini aniqlash uchun aynan 4NFM ishlatiladi degan taxmin bilan demodulyatsiyani amalga oshiramiz. Buning uchun ushbu fazalarning qaysi sektorlarga tegishli ekanligini aniqlash kerak (3-rasm).



3-rasm. Signalni qo‘shimcha demodulyatsiyalashga misol

Ko‘rinib turibdiki, fazalar farqlarining bunday to‘plami quyidagi bitlar to‘plamiga to‘g‘ri keladi: [11, 00, 00, 10]. Shu bilan birga, agar aloqa kanali signalni buzmasa, demodulyatsiyadan keyin quyidagi bitlar to‘plami qabul qilinadi: [11, 00, 00, 11].

Bu holda 4NFM signallari uchun BER – qabul qilingan signalning fazasini 00 va 11 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushish ehtimoli bilan bog‘liq bo‘lib, fazalarni Grey kodiga muvofiq joylashtirishni hisobga olgan holda quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$p_4^2 + (1 - p_4)^2 = P_4, \tag{1}$$

bu erda P_4 – qabul qilingan signal fazasi qaysi belgi uzatilishidan qat‘iy nazar, 00 yoki 11 belgilariga mos keladigan sektorlarda bo‘lish hodisasining ehtimoli; p_4 – 4NFM signallari uchun BER [3-4].

Baholash sifatida o‘lchash uchun mavjud bo‘lgan chastotadan foydalanish mumkin:

$$\hat{P}_4 = \frac{k_4}{N}, \tag{2}$$

bu erda k_4 – qabul qilingan signal fazasining 00 va 11 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushishlar soni (3-rasmda quyuuq rang bilan belgilangan sektorlar); N – tanlama (namuna) hajmi.



Bunday almashtirishda shuni yodda tutish kerakki, yangi tenglamaning yechimi endi to'g'ri emas, balki xato bilan tavsiflangan \hat{p}_4 ning BER bahosi bo'ladi. Shunday qilib, oddiy hisoblash sxemasida 2NFM signallari yordamida uzatiladigan foydali ma'lumotlarni qabul qilish paytida 4NFM signallari uchun BER baholanishini olish mumkin [3-4].

Xabarni 2NFM signallari yordamida uzatishda 8NFM signallari uchun BER baholanishini olish xuddi shunday tarzda amalga oshiriladi. Buning uchun 0 va 1 belgilar Grey kodiga muvofiq 000 va 110 belgilariga mos keladi. U holda 8NFM rejimidagi BER uchun tenglama quyidagi shaklga ega bo'ladi:

$$(1 - p_8)^3 + p_8^2(1 - p_8) = \frac{k_8}{N}, \quad (3)$$

bu erda k_8 – qabul qilingan signal fazasining 000 yoki 110 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushishlari soni.

Shuningdek, xabarni 2NFM signallari bilan uzatishda 16NFM signallari uchun kutiladigan BER tenglamasini olish mumkin. Bunda 0 va 1 belgilar Grey kodiga muvofiq 0000 va 1100 belgilariga mos keladi. U holda 16NFM rejimidagi BER tenglamasi quyidagi shaklga ega bo'ladi:

$$(1 - p_{16})^4 + p_{16}^2(1 - p_{16})^2 = \frac{k_{16}}{N}, \quad (4)$$

bu erda k_{16} – qabul qilingan signal fazasining 0000 yoki 1100 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushishlari soni [5]. Xuddi shunday, axborotni 4NFM signallari bilan uzatishda 8NFM va 16NFM rejimida kutiladigan BER tenglamasini olish mumkin:

$$(1 - p_8)^3 + 3p_8^2(1 - p_8) = \frac{k_8}{N}, \quad (5)$$

bu erda k_8 – qabul qilingan signal fazasining 000, 110, 101 yoki 011 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushishlari soni,

$$(1 - p_{16})^4 + 3p_{16}^2(1 - p_{16})^2 = \frac{k_{16}}{N}, \quad (6)$$

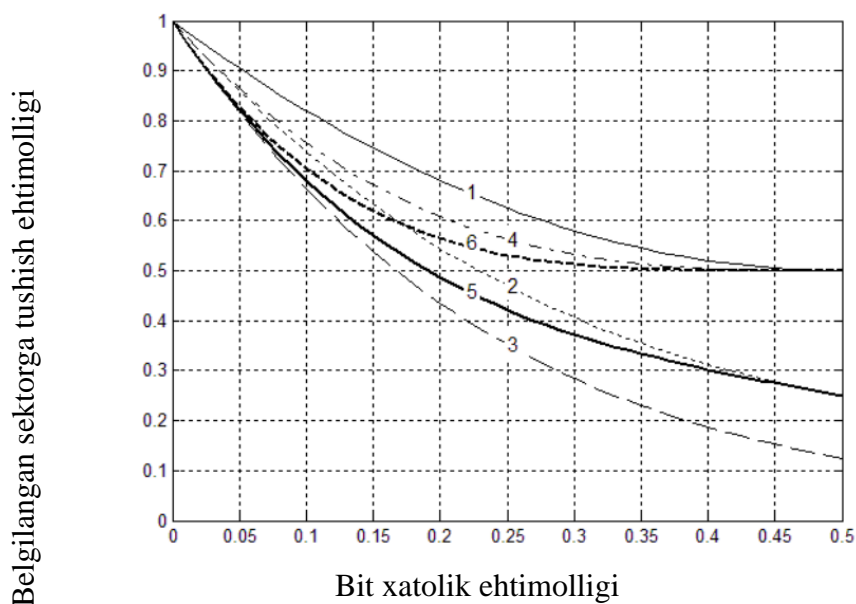
bu erda k_{16} – qabul qilingan signal fazasining 0000, 0110, 1100 yoki 1010 belgilariga mos keladigan sektorlarga tushishlari soni. Xuddi shunday 8NFM signallari bilan axborot uzatishda 16NFM rejimida kutiladigan BER tenglamasini olish mumkin:

$$(1 - p_{16})^4 + 6p_{16}^2(1 - p_{16})^2 + p_{16}^4 = \frac{k_{16}}{N}, \quad (7)$$

bu erda k_{16} – qabul qilingan signal fazasining 0000, 0011, 1100, 1010, 0110, 0101, 1100 yoki 1111 belgilarga mos keladigan sektorlarga tushishlari soni [6-8].

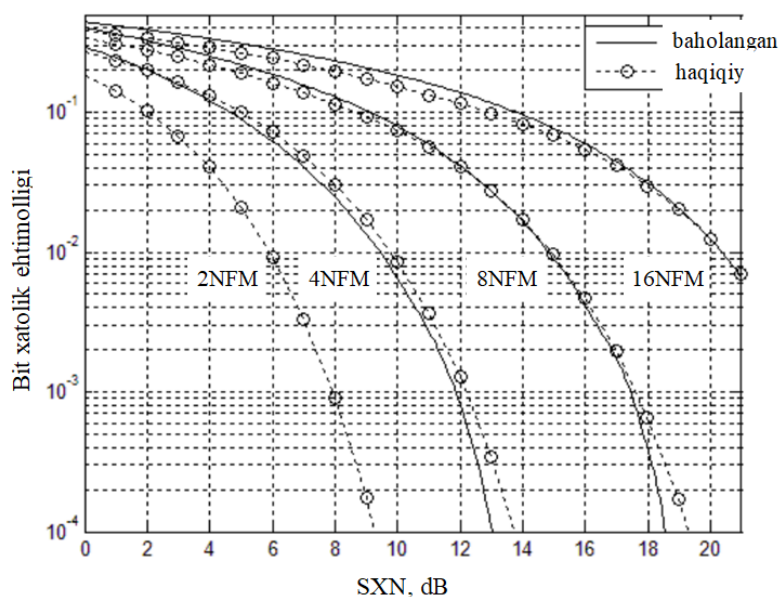
Olingan tenglamalar chiziqli emas va 2 dan yuqori darajalar uchun sonli usullar bilan yechilishi kerak. Shu bilan birga, telefon kanalidagi signallar uchun 5 soniyadan ko'p bo'lmagan vaqt ichida (ma'lumotlarni uzatish tezligiga qarab) olinishi mumkin bo'lgan 10^4 darajali tanlamalar (namunalar) hajmi aniqlanayotgan chastotani haqiqiy BERga yetarlicha yaqinlashtirishga imkon beradi, bu esa baholash xatoligini sezilarli darajada kamaytiradi.

Joriy modulyatsiyali qabul qilingan signal fazalar farqining hisoblangan qiymatlarini tegishli sektorlariga tushish ehtimolligining yuqori pozitsiyali modulyatsiyalar uchun BER ga bog'liqligi 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Belgilangan sektorga tushish ehtimolligining aloqa kanalidagi BER ga bog‘liqligi
 1 – 2NFM da 4NFM uchun, 2 – 2NFM da 8NFM uchun,
 3 – 2NFM da 16NFM uchun, 4 – 4NFM da 8NFM uchun,
 5 – 4NFM da 16NFM uchun, 6 – 8NFM da 16NFM uchun.

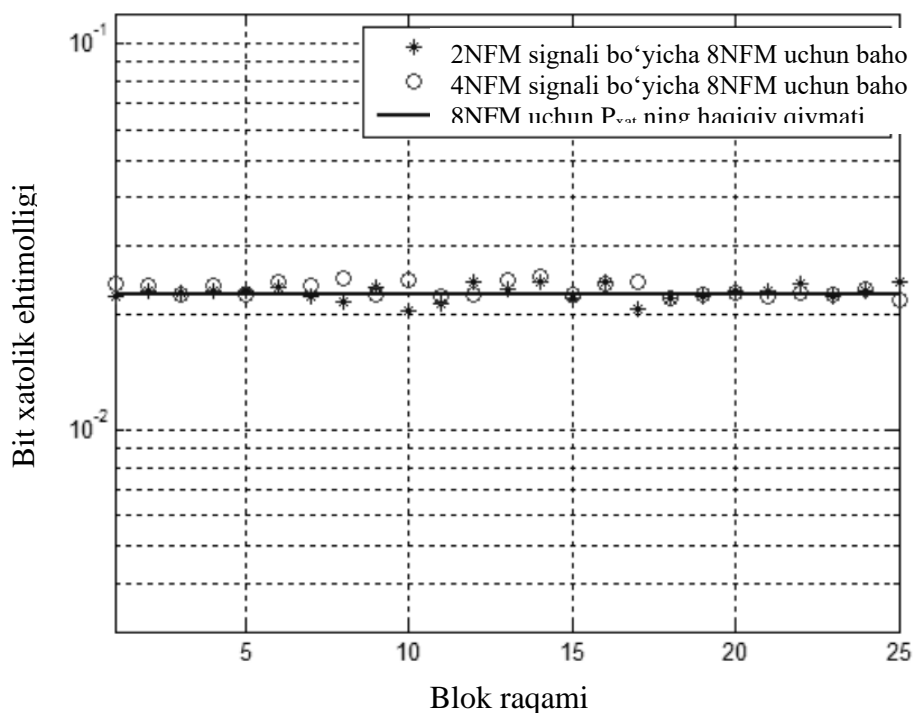
Shuni ham ta’kidlash kerakki, barcha tenglamalarning yechimlari [0,01-0,1] diapazonidagi statsionar bo‘lmagan radiokanal uchun baholanayotgan ehtimolliklarning amaliyot uchun qiziqarli sohasida barqarordir, chunki tenglamalarning o‘ng tomoniga kiritilgan hodisalarning chastotasini o‘lchash uchun mavjud bo‘lgan sezilarli og‘ishlar taxmin qilingan BER larning haqiqiy qiymatlardan ozgina og‘ishlariga to‘g‘ri keladi. Hisoblash tajribasida olingan baholashlarning siljishi 5-rasmda ko‘rsatilgan.



5-rasm. Olingan baholashlar siljishining 2NFM signali bo‘yicha Gauss aloqa kanalidagi xalaqitbardoshlikning haqiqiy qiymatlariga bog‘liqligi



6-rasmda 2NFM va 4NFM axborot signallari bo'yicha 8NFM signali uchun olingan BER baholanishlari ko'rsatilgan. Tahlil oralig'ining davomiyligi 1 soniyani tashkil etadi, OFDM signali 300-3400 Hz diapazonni egalladi.



6-rasm. QT kanali simulyatoridan foydalanganda bir nechta axborot bloklari uchun BERning haqiqiy qiymati va olingan natijalar

Xulosa

Shunday qilib, ushbu yondashuvdan foydalanib yuqori pozitsiyali (nisbiy va mutlaq) faza modulyatsiyasi uchun BERni baholash mumkin. Bunda katta hisoblash xarajatlarini talab qilmaydigan juda oddiy algoritim qo'llaniladi. Eng muhim afzallik shundaki, bunday baholash axborot signalini tahlil qilish natijasida shakllanadi va qo'shimcha sinov signallarini uzatishning hojati yo'q, bu esa ma'lumotlarni uzatishning axborot tezligini oshirishga imkon beradi.

Haqiqiy radiokanalga mos keladigan eng ko'p ishlatiladigan modellardan doimiy parametrlil va additiv oq shovqinli kanal modelini, shuningdek, signal o'rovchisi Reley, Rays va Nakagami qonunlari bo'yicha so'nishli modellarni qo'llash mumkin.

Berilgan signal turi uchun bit xatolik ehtimolligini baholash uchun avval kanal modelini tanlash va uning noma'lum parametrlarini aniqlash, so'ngra ma'lum bog'liqliklardan foydalanish kerak.

Radiokanalning statistik modelidan qat'iy nazar, modulyatsiyaning yuqori pozitsiyali NFM signallari uchun bit xatolik ehtimolligini baholashda yuqorida tavsiya etilgan usuldan foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

1. Yusupov Ya.T. Radiotexnik sistemalar nazariyasi asoslari. Darslik. – T.: «BOOK TRADE KO», 2022. – 436 b.



2. Yusupov Ya.T., Baymatova N.T. Radioaloqa kanallarining turli statistik modellari uchun Bit xatolik ehtimolligi (BER)ni baholash. INNOVATION TECHNOSYSTEMS. Ilmiy texnik jurnal №4(16)2024. 138-142 b.
3. Коржик, В. И. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений : справочник / В. И. Коржик, Л. М. Финк, К. Н. Щелкунов. – М. : Радио и связь, 1981. – 231 с.
4. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. – М. : Радио и связь, 1989. – 653 с.
5. Rayleigh, Lord. On the resultant of a large number of vibrations of the same pitch and of arbitrary phase / Lord Rayleigh // Philosophical magazine. – 1880. – S.5., Vol.10. – P. 73-78.
6. Nakagami, M. The m-distribution, a general formula of intensity distribution of rapid fading / M. Nakagami // Statistical Method of Radio Propagation. – 1960. – P. 3-36.
7. Rice, S.O. Mathematical analysis of random noise / S. O. Rice // The Bell System Technical Journal. – 1945. – V. 24, Iss. 1. –P.46-156.
8. Yacoub, M. D. The a-n-k-m Fading model / M. D. Yacoub // IEEE Trans. on Anten. and Prop. – 2016. – V. 64. №. 8. – P. 3597-3610.

Management and Future Technologies

journal.umft.uz