

March, 2025

Volume 2, Issue 1



№ 005

Management and Future Technologies

SCIENTIFIC JOURNAL

journal.umft.uz

ISSN 3060-5008

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

Tahririyat kengashi raisi

t.f.d., prof. O'tkir Xamdamov

"University of Management and Future Technologies" universiteti rektori

Bosh muharrir

t.f.f.d. dot. Muhriddin Muxiddinov

"University of Management and Future Technologies" universiteti Ilmiy va uslubiy ishlar bo'yicha prorektori

Tahririyat kengashi a'zolari

t.f.d., prof. Xakim Zaynidinov

t.f.d., prof. Muxammadjon Musayev

t.f.d., prof. Shavkat Fozilov

f-m.f.d. prof. Aripov Mersaid

f-m.f.d. prof. Alov Raxmatillo

t.f.d., prof. Marat Raxmatullayev

t.f.d., prof. Dilnoz Muxamediyeva

i.f.d., prof. To'xir Hasanov

i.f.d., prof. To'liqin Boboqulov

t.f.d., prof. Jamshid Sultonov

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)

Muhriddin Umarov (O'zbekiston)

Urmanov Odil (J. Koreya)

Sobir Radjabov (O'zbekiston)

Dizayner

Eshmetov Daler

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

MUNDARIJA

TEXNIKA FANLARI

- 7** Nodirbek Abdulxayev
VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN SIMULYATSIYA YARATISHDAGI UCH O'LCHOVLI DASTURLARNI TAHLIL QILISH VA UNING SAMARADORLIGINI ANIQLASH
- 16** Mannon Ochilov; Orzimurod Xolmatov
O'ZBEK TILIDA SAVOL-JAVOB TIZIMINI YARATISHDA T5 MODELINING QO'LLANILISHI
- 26** Ravshan Shirinboyev; Ma'ruf Tojiyev; Jo'ra Kuvandikov
FIRE DETECTION BASED ON OPTICAL FLOW TECHNOLOGY
- 37** Ilyos Xujayarov; Quvonchbek Norqo'ziyev
THE CONSTRUCTSIM MUHITIDA ROS YORDAMIDA AVTONOM MOBIL ROBOTLARNING LOKALLASHTIRISH VA KARTOGRAFIYALASH ASOSIDA NAVIGATSIYA ALGORITMLARI TAHLILI
- 46** Muhsinjon O'ktamov; Sirojiddin Saydullayev; Muhriddin Muxiddinov
CHUQUR O'QITISH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA KO'ZI OJIZ VA ZAIF KO'RUVCHILAR HARAKATCHANLIGI VA MUSTAQILLIGINI OSHIRISH
- 61** Odilbek Asqaraliyev
KORPORATIV TIZIMLARARO AXBOROT OQIMLARINI BOSHQARISHNING GRAF NAZARIYASIGA ASOSLANGAN MATEMATIK MODEL
- 83** Farxat Rajabov
YER OSTI SUVI NAZORAT QUDUQLARIDA SATHI VA TARKIBINI TAHLIL QILISH INOVATSION USULI

97

Nasiba Xalikova; Saida Beknazarova

TECHNOLOGIES OF 3D SCIENTIFIC VISUALIZATION AND GEOMETRIC MODELING IN DIGITAL BIOMEDICINE

112

Шохида Юсупова; Огабек Матёкубов

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ QRLJACKING И CLICKJACKING ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ВХОДА ЧЕРЕЗ QR-КОДЫ

127

Utkir Xamdamov; Bekzod Turg'unov

PARALAKS TASVIRLAR ASOSIDA KUZATUVDAGI OB'EKTGACHA MASOFANI O'LCHASH ANIQLIGIGA TA'SIR QILUVCHI OMILLAR VA ULARNI TA'SIRINI KAMAYTIRISH CHORALARI

139

Axmedova Xusniya

THE ISSUE OF PARAPHRASING SENTENCES IN UZBEK LANGUAGE

150

Asror Ulashev; Aynakulov Toxir

KITOB SAVDOSI JARAYONINI OPTIMALLASHTIRISHDA AVTOMAT-LASHTIRILGAN AXBOROT TIZIMINING O'RNI

172

Faxriddin Nuraliev; Nuriddin Tojiev; Behzod Tahirov

ANIZOTROP TERMO-ELEKTRO-MAGNIT PLASTINALARNING NOCHIZIQLI KUCHLANLANGANLIK-DEFORMASIYALANGANLIK JARAYONLARINI MATEMATIK MODEL VA HISOBLASH TAJRIBALARI

182

Maksud Sharipov; Xushnudbek Adinayev

O'ZBEK TILI MATNLARIDA SO'ROQ GAPLARNI ANIQLASHNING QOIDAGA ASOSLANGAN ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH

190

Sirojiddin Xalilov

SUN'IY INTELLEKT USULLARI YORDAMIDA VIDEOTASVIRDAN SHAXSNING YUZ TASVIRI HAMDA OBEYKTLARNI ANIQLASH ALGORITMLARI

204

Akmal Axatov; Ma'ruf Tojiyev

TASHKILOTLARDA HUUJATLARNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARINI BOSHQARISHNING IMITATSION MODEL: OMMAVIY XIZMAT KO'RSATISH TIZIMLARI MISOLIDA

218

Azizbek Raximov; Baxtiyor Akmuradov
**TELEKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARIDA AXBOROT XAVFSIZLIGINI
TA'MINLASHDA KONTEKSTGA ASOSLANGAN BO'LAKLI HASHING
ALGORITMLARI**

238

Barxayotjon Uzakov
**NEFT QAYTA ISHLASH SANOATIDAGI REKTIFIKATSIYA KOLONNASI
JARAYONINING MATEMATIK MODELLARI**

251

Elmurod Urinov; Muhridin Qulmatov
**O'ZBEK TILIDAGI MATNLARNI MORFOLOGIK TOKENLASH MASALASI VA
YECHIMLARI**

263

Farrukh Akhmedov; Bakhtiyor Akmuradov; Zukhra Bozorboyeva
MATNDAN NUTQ SINTEZLASHNING KLASSIK YONDOSHUVLARI

IJTIMOIIY FANLAR

282

Алмаз Инятов
ПУТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

296

Dilbar Raximova
**O'SPIRIN YOSHLARNI OILAVIY HAYOTGA TAYYORLASHDA SHAXSIY
YETUKLIK XUSUSIYATLARINING TA'SIRI**

MATEMATIKA VA FIZIKA FANLARI

308

Yarashbek Yusupov; Nargiza Baymatova
**RAYS SO'NISHILI SIGNALLARNI TO'G'RI ANIQLASH EHTIMOLLIGINI
BAHOLASH**

TEXNIKA FANLARI



Muallif

Nodirbek Abdulxayev

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, "University of Management and Future Technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston; abdulxayev.nodirbek@gmail.com

VIRTUAL REALLIK TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN SIMULYATSIYA YARATISHDAGI UCH O'LCHOVLI DASTURLARNI TAHLIL QILISH VA UNING SAMARADORLIGINI ANIQLASH

Annotatsiya: Zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi bilan virtual reallik (VR) inson hayotining turli jabhalarida, jumladan, ta'lim, tibbiyot, harbiy, sanoat va o'yin industriyasida keng qo'llanilmoqda. VR texnologiyasiga asoslangan simulyatsiyalar foydalanuvchilarga real dunyoga yaqin tajribalarni taqdim etib, ularning o'quv va kasbiy ko'nikmalarini rivojlantirishga yordam beradi. Ushbu maqolada VR texnologiyasiga asoslangan simulyatsiyalarni yaratishda uch o'lchovli Unity va Unreal Engine dasturiy platformalarni texnik ko'rsatkichlarini solishtirma tahlili yoritilgan bo'lib, ularning afzalliklari va samaradorligi tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: VR texnologiyasi, simulyator, uch o'lchovli dasturlar, Unity, Unreal Engine, kompyuter, qurilmalar, virtual ochki, platforma.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Kirish

Bugungi kunda 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 paragrafi 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].

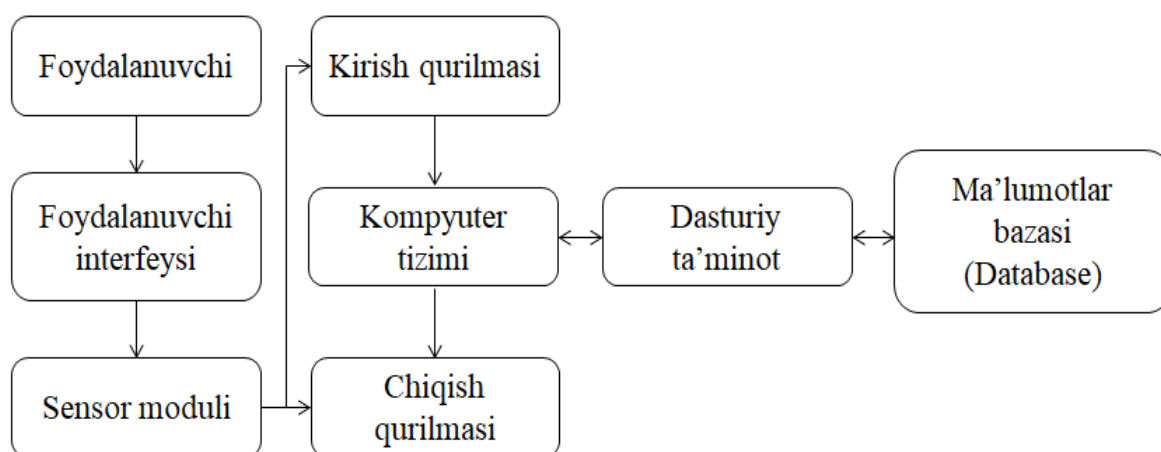
Hozirda dunyo tajribasidan ko'rishimiz mumkinki oliy ta'lim tizimini rivojlantirishga qaratilgan qator zamonaviy texnologiyalardan ya'ni virtual reallik texnologiyalardan (VR) keng foydalanib kelinmoqda. VR texnologiyasi xam bugungi kunga kelib, katta yutuqlarga erishdi va asta-sekin fan va texnikaning yangi sohasiga aylanib bormoqda, shu bilan birga virtual haqiqat texnologiyasi ta'limni rivojlanishiga yordam beradigan yangi ta'lim turiga aylandi.

Mazkur VR texnologiyasidan foydalanilgan xolda dunyoning ilg'or davlatlarida xam turli soha egalari VR ta'limda va bajarishi murakkab bo'lgan amaliy mashg'ulotlarni bajarishda mazkur texnologiya orqali tayyorlash va o'qitish sezilarli samaradorligini ko'rsatganini ko'rishimiz mumkin[6].

Adabiyotlar tahlili

«Virtuallik» atamasi lotincha «virtualis» so'zidan olingan bo'lib, «muayyan bir sharoitlarda sodir bo'ladigan yoki ro'y berishi mumkin bo'lgan», yoki mavjud bo'lmagan, lekin amalga oshish ehtimoli mavjud bo'lgan jarayon kabi ma'nolarni anglatadi. Ushbu atama inson faoliyatining juda ko'p sohalarida uchraganligi uchun ham uni ta'lim tizimiga olib kirishga yetarlicha asoslar mavjud. Turli fanlarga oid tushunchalarni izohlashda bunga ko'plab misollar keltirish mumkin.

Virtual haqiqatga asoslangan texnologiya insonga hissiyotlari orqali: ko'rish, eshitish, teginish kabi ma'lum bir vazifani amalga oshirish imkoni beradi. Insonni haqiqiy his-tuyg'ularning ishonchli murakkab kompleksini yaratish uchun virtual reaktivlarning xususiyatlarini va reaksiyalarini kompyuter yordamida sintez qilish real vaqtda amalga oshiriladi. Masalan, VR texnologiyasi asosida yaratilgan simulyator dasturi apparat dasturli majmua orqali foydalanuvchini virtual maydonda o'z hayotlarini xavf ostiga qo'ymay, ko'nikma va tajriba orttirish imkonini beradi.



1-rasm. Virtual reallik tizimi ishlash blok sxemasi.

VR texnologiyasiga asoslangan zamonaviy simulyatsiya dasturi - bu modellashtirish, simulyatsiya va vizuallashtirish uchun kompleks tizimlar, kompyuter dasturlari va jismoniy modellar hamda maxsus texnikalar majmuasi hisoblanadi.



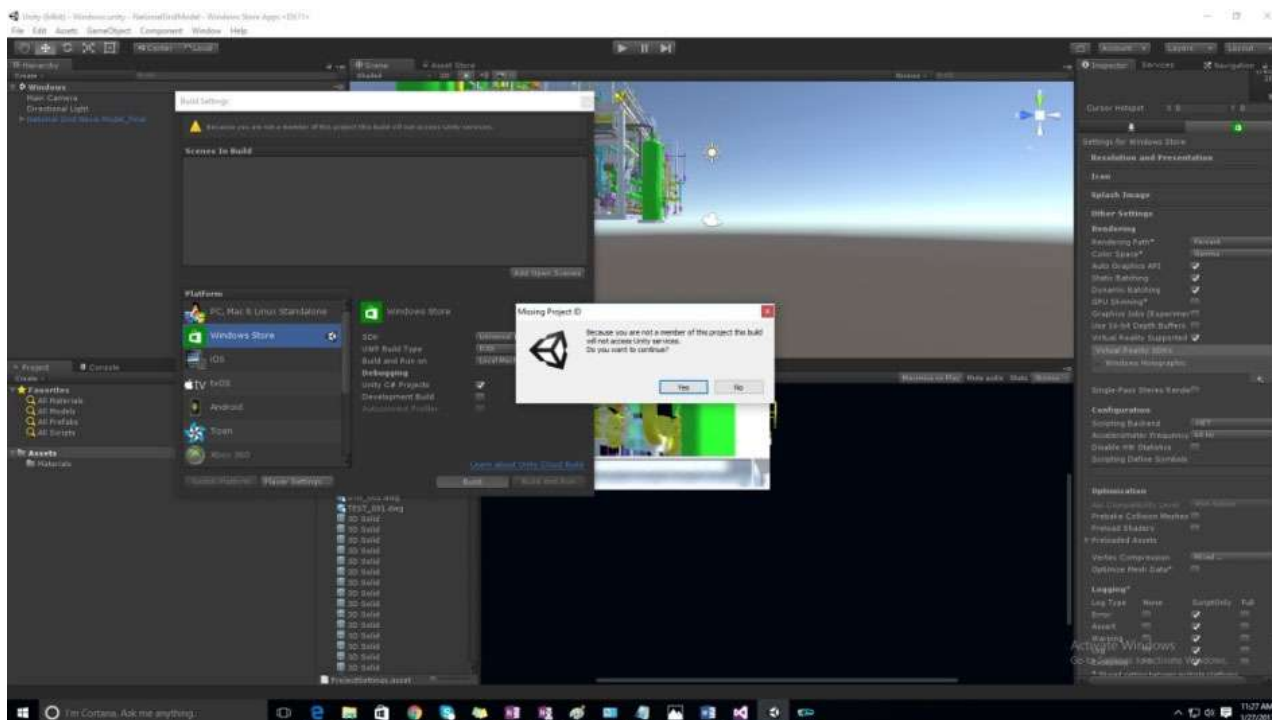
2-rasm. VR texnologiyasiga asoslangan VR ko‘zoynagining turli xildagi ko‘rinishlari.

Ushbu virtual reallik texnologiyasida simulyatsiya dasturlarini ishlab chiqishda quydagi uch o‘lchovli Unity va Unreal Engine dasturlaridan foydalaniladi. Uch o‘lchovli turli xildagi va ko‘rinishdagi modellarni yaratishda esa Blender, 3DMax dasturlaridan keng foydalaniladi [5].

Unity (ingliz tilidan tarjima qilinganda – “birlik”, degan ma’noni anglatadi). Mazkur platforma Amerikaning Unity Technologies kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan kompyuter o‘yinlari va simulyatsiya uchun platformalararo rivojlanish muhiti hisoblanadi.

Unity – bu asosan VR texnologiyasi va uch o‘lchovga asoslangan platforma bo‘lib, bunda ancha ko‘proq imkoniyatlarga ega deb tan olingan, 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 platformadir.



3-rasm. Unity dasturi interfeysini umumiy ko‘rinishi.

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[2].

Unreal Engine (UE) uch o‘lchovli dasturi – bu Epic Games tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, o‘yin, filmlar, simulyatsiyalar, arxitektura, avtomobil dizayni va boshqa sohalarda qo‘llaniladigan kuchli 3D grafik dvijogi (game engine). Dastlab 1998-yilda Unreal o‘yini uchun yaratilgan bu dvijok hozirda eng ilg‘or real vaqtli grafik vositalardan biri hisoblanadi. Unreal Engine juda kuchli va ko‘p qirrali dvijok bo‘lib, uning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

1. Yuqori sifatli grafika. UE realistik vizual effektlar va Ray Tracing (nur kuzatish) texnologiyasi orqali haqiqatga yaqin tasvir yaratadi. Bunda quyidagi grafik xususiyatlar ishlatiladi:

Lumen – real vaqtli yorug‘lik simulyatsiyasi;

Nanite – juda katta hajmdagi 3D modellarni tezkor yuklash va ishlash texnologiyasi;

PBR (Physically Based Rendering) – fizika asosida ishlaydigan yoritish va material tizimi;

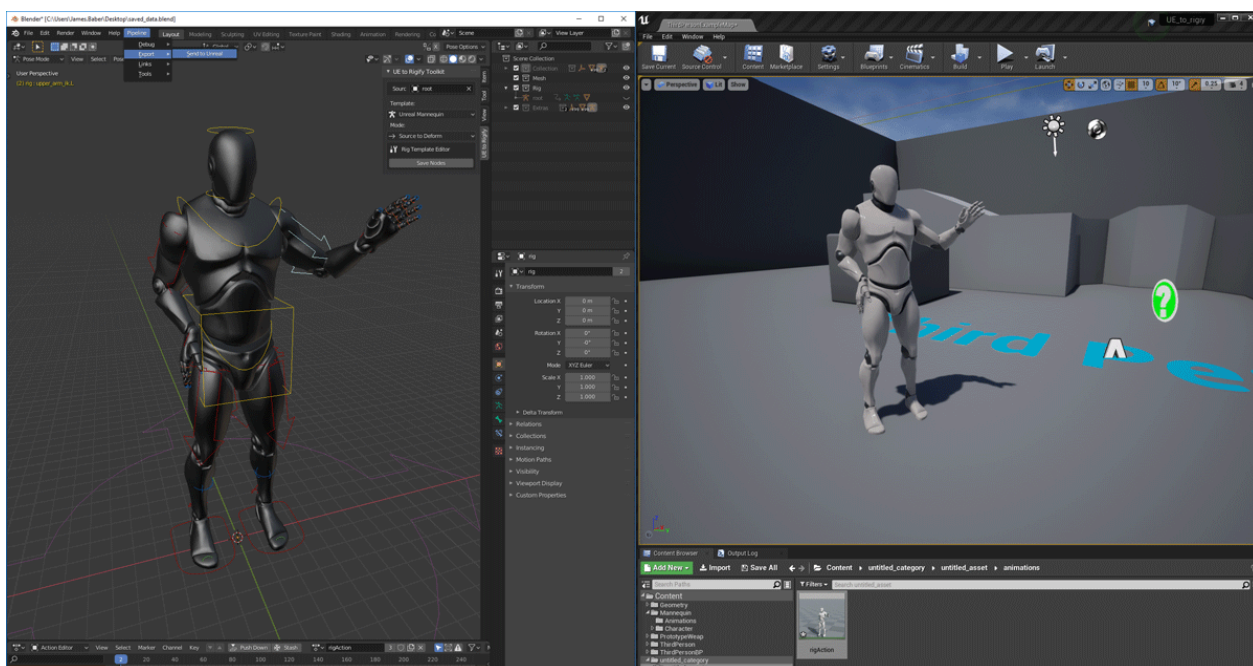
2. Blueprint – Kodsiz dasturlash imkoniyati mavjudligi. Unreal Engine dasturchi bo‘lmagan foydalanuvchilarga Blueprint vizual skriptlash tizimi orqali o‘yin va simulyatsiyalar yaratish imkonini beradi[1].

3. Keng moslashuvchanligi. Unreal Engine quyidagi platformalar uchun o‘yin va ilovalar yaratishga imkon beradi:



- PC (Windows, Mac, Linux)
- Konsollar (PlayStation, Xbox, Nintendo Switch)
- Mobil qurilmalar (iOS, Android)
- VR va AR (Meta Quest, HTC Vive, HoloLens, Apple Vision Pro)

Unreal Engine VR (Virtual Reality) va AR (Augmented Reality) uchun maxsus moslashtirilgan bo‘lib unda virtual reallik simulyatsiya yaratishda (Meta Quest, Meta Quest2, HTC Vive, PlayStation VR) ko‘zoynaklaridan foydalaniladi [4]. Ya’ni unda AR loyihalar uchun maxsus vizualizatsiyalashda, interaktiv virtual tajribalar yaratishda keng qo‘llaniladi



4-rasm. Unreal Engine dasturi interfeysi.

Unreal Engine va Unity uch o‘lchovli dasturlar eng mashhur va keng qo‘llaniladigan platformalar hisoblanadi [7]. Ushbu dasturlar turli xil maqsadga yo‘naltirilgan VR/AR simulyatsiyalar ishlab chiqishda, undan tashqari ta’lim sohasi, arxitektura, tibbiyot, muhandislik va sanoat loyihalarini ishlab chiqishda ishlatiladi. Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarga asoslanib ushbu uch o‘lchovli dasturlarni imkoniyatlarini tahlil qilamiz.

1-jadval. Uch o‘lchovli Unity va Unreal Engine dasturiy platformalarning solishtirma tahlili.

Xususiyatlari	Unity	Unreal Engine
Operatsion tizimni qo‘llab quvvatlash	Linux, Windows, Mac, Android, IOS	Linux, Windows, Mac,

Qo‘llaniladigan dasturlash tili	C#, Script	C++, Blueprint.
Kompyuter minimal talablari	Video xotira 2Gb+, 4-8GB tezkor xotira, protsessor 2+yadroli, taktik chastotasi 2.5 GHz+	Video xotira 2Gb+, 8-16GB tezkor xotira, protsessor 4+ yadroli, taktik chastotasi 3.0 GHz+
Grafikasi	Yuqori	Yuqori
Grafika dvijogi	Universal Render Pipeline (URP), High Definition Render Pipeline (HDRP)	Lumen & Nanite
Virtual reallik shlemlarini qo‘llab quvatlashi	Samsung Gear VR, HTC Vive, Oculus Rift, Oculus Quest2, Google Cardboard, Google VR/ Daydream VR, Play-Station VR	Samsung Gear VR, HTC Vive, Oculus Rift, Google Cardboard, Google VR/Daydream VR, PlayStation VR
Kompilyatsiya jarayoni	Kompyuterdan simulyatsiyani kompilyatsiya qilish jarayonida o‘rtacha resurs talab qilganligi sababli tez amalga oshiriladi.	Kompyuterdan simulyatsiyani kompilyatsiya qilish jarayonida yuqori resurs talab qilganligi sababli bir oz vaqt talab qiladi va yuqori parametrga ega kompyuter talab qilinadi.
Multiplayer	Kamroq kuchli (3rd-party xizmatlarga tayanadi)	Kuchli (Epic Online Services, Dedicated Servers)
O‘rganish osonligi	Murakkabroq, lekin Blueprint yordam beradi	Osonroq
Narxi	Bepul, lekin Unity Pro pullik	1 mln \$ gacha bepul, keyin 5% royalti
Platformalar	PC, konsollar, VR, AR, mobil	PC, mobil, VR, AR, brauzer
Realistik effektlar	Yaxshi, lekin Unreal’dan pastroq	Juda yuqori (filmlarda ham ishlatiladi)



Multiplayer tizimi	Asosan P2P, kuchli server tizimi yo'q	Dedicated server va P2P qo'llab- quvvatlaydi
---------------------------	--	---

Endi Unity va Unreal Engine uch o'lchovli dasturiy platformalarning texnik jihatdan tahlil qilish uchun ba'zi matematik formulalar va ishlash samaradorligi ko'rsatkichlari, render vaqti hamda dastur kodining ishlash tezligi asosida ularni solishtirib chiqamiz.

Dasturiy ta'minotning ishlash samaradorligi odatda FPS (Frames Per Second) va render vaqtiga bog'liq. FPS (Kadrlar soni har soniyada).

FPS o'yinning qanchalik tez ishlashini ko'rsatadi:

$$FPS = \frac{1}{FrameTime} \quad (1)$$

Unity: yangil render tizimi tufayli odatda mobil va VR o'yinlarida yuqori FPS ko'rsatadi. Unreal Engine: og'ir grafikalar tufayli FPS katta sahnalarda pasayishi mumkin[2].

Render vaqti (Frame Time) bo'yicha solishtirib chiqamiz.

Render vaqti – bu har bir kadrni chizish uchun ketadigan vaqt. U quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$Frame Time = \frac{1000}{FPS} (ms) \quad (2)$$

2- jadval. FPS va render vaqti qiymatlari ko'rsatkichlari

FPS	Render vaqti (ms)
60	16.67 ms
30	33.33 ms
120	8.33 ms

Unity – Render jarayoni engilligi tufayli odatda 16.67 ms yoki undan past bo'ladi. Unreal Engine – og'ir effektlar tufayli render vaqti 20-30 ms atrofida bo'lishi mumkin.

Unity tezroq render qiladi, lekin Unreal Engine yaxshi optimizatsiya qilinganda, kuchli GPU bilan yuqori tezlikda ishlashi mumkin[8].

Dastur kodining ishlash tezligi (Execution Time) deb nomlanib, uch o'lchovli dasturiy platformalarda kodning ishlash tezligi simulyatsiyaning umumiy samaradorligiga ta'sir qiladi. Dasturlash tillarining ishlash tezligi quyidagi formula orqali baholanadi:

$$\text{Execution Time} = \frac{\text{Operations}}{\text{CPU Speed}} \quad (3)$$

Unity (C#): Interpreted (JIT) bo'lib, bajarilish tezligi sekinroq, lekin oson kodlash imkonini beradi. Unreal Engine (C++): Native compiled bo'lgani uchun tezroq ishlaydi, lekin kod murakkabroq [4].

Natija: C++ (Unreal Engine) tezroq ishlaydi, lekin C# (Unity) osonroq va rivojlanish tezligiga foyda keltiradi.

Xulosa

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarni inobatga olib quydagicha xulosa qilishimiz mumkin: Unreal Engine va Unity dasturiy platformalari har biri muayyan vazifalarni bajarishga yo'naltirilgan bo'lib unga ko'ra mobil o'yinlar, indie loyihalar yoki VR/AR dasturlar ishlab chiqmoqchi bo'lsangiz hamda oson kodlash va tezkor prototiplashda, kompyuterdan ko'p resurs talab qilmasligi jihatidan Unity platformasi eng yaxshi tanlov hisoblanadi. Unreal Engine dasturiy platformasi esa yuqori darajadagi grafikaga ega yirik loyihalar, konsol o'yinlari va turli maqsadlarda foydalishda mo'ljallangan simulyatsiya, modellashtirishda, yoki realistik 3D vizualizatsiya ustida ishlasangiz Unreal Engine dasturiy platformasi eng yaxshi tanlov hisoblanadi.



Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi 2019-yil 8-oktabr sanasida qabul qilingan PF-5847-son farmoni.
2. Jeremy Gibson Bond. "Unity и C# геймдев от идеи до реализации" второе издание. Минск 2019.
3. Джонатан Линовес Виртуальная реальность в Unity. / Пер. с англ. Рагимов Р. Н. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 316 с.
4. <https://cospaces.io> Проектирование 3D-сцен в браузере (виртуальная реальность)
5. Пушкарев А.Н. "Основы программирования в среде unity" Учебно-методическое пособие для преподавателей и учащихся учреждений дополнительного образования детей и молодежи. – Тюмень: ГАУ ДО ТО «Дом детского творчества и спорта «Пионер», 2023. – 165 с.
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-virtualnoy-realnosti>
7. <https://wiki.merionet.ru/articles/sravnivaem-unreal-i-unity-v-razrabotke-igr>
8. <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-platform-dlya-razrabotki-igr/viewer>.



Mualliflar

Mannon Ochilov

Sun'iy intellekt kafedrası,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston.

Orzimurod Xolmatov

Sun'iy intellekt kafedrası,
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston;
xolmatov.orzumurod@gmail.com

Mas'ul: xolmatov.orzumurod@gmail.
com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

O'ZBEK TILIDA SAVOL- JAVOB TIZIMINI YARATISHDA T5 MODELINING QO'LLANILISHI

Annotatsiya: Ushbu maqolada o'zbek tilida savol-javob tizimini yaratish uchun T5 modeli qo'llanilishi tahlil qilinadi. T5 modeli "matndan matnga" tamoyili asosida ishlaydi va savollarga kontekst bo'yicha aniq javob berishga mo'ljallangan. Tadqiqot davomida o'zbek tilidagi savol-javob ma'lumotlar to'plami tayyorlanib, turli versiyadagi T5 modellarida sinovdan o'tkazildi. Model samaradorligi BLEU, ROUGE va METEOR baholash metrikalari asosida baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, T5 modeli o'zbek tilidagi savol-javob tizimlari uchun samarali yondashuv bo'lib, kelajakdagi tadqiqotlar uchun muhim asos yaratadi.

Kalit so'zlar: T5 modeli, savol-javob tizimi, o'zbek tili, tabiiy tilni qayta ishlash, matndan matnga yondashuvi, model baholash, BLEU, ROUGE, METEOR.



Kirish

So'nggi yillarda sun'iy intellekt sohasida savol-javob tizimlariga bo'lgan ehtiyoj selilarli darajada oshdi. Ushbu tizimlar foydalanuvchilarning tezkor savollariga tezkor javoblar topishga yordam beradi[1]. SJ tizimlari ko'plab sohalarda qo'llanilish uchun yaratiladi, jumladan, ta'lim sohalarida, tibbiyot sohalarida va biznes sohalarida dunyo bo'yicha keng miqyosida foydalaniladi. Masalan, call-markazlarida SJ tizimlarini yaratish hozirgi kunda ko'plab sohalarda yaratilib kelinmoqda. Dunyo bo'yicha SJ tizimlarni yaratish bo'yicha ko'plab yondoshuvlar mavjud. Jumladan lingvistik, statistik, shablonlarga asoslangan, qidiruvga asoslangan, sun'iy intellektga asoslangan yondoshuvlar mavjud. Bugungi kunda savol-javob tizimlarini yaratishda eng ko'p foydalanilayotgan yondashuv chuqur o'qitishga asoslangan yondashuvlar hisoblanadi[2]. Hozirgi kunlarda SJ tizimlarini yaratishda chuqur o'qitishga asoslangan turli xil modellar ham yaratilgan bo'lib, ular bir biridan foydalanishdagi maqsadi, aniqligi, arxitekturasi, parametrlar soni bilan farq qiladi. Ushbu modellarga misol sifatida Transformer modellariga asoslangan T5, LLaMA, BERT, RoBERTA, ALBERT kabi modellarni aytishimiz mumkin.

Transformer modellarining rivojlanishi natijasida savol-javob tizimlarining samaradorlik natijasi sezilarli darajada oshdi va ayniqsa T5 (Text-To-Text Transfer Transformer) kabi zamonaviy modellar tufayli savol-javob tizimlarining samaradorligi sezilarli darajada ortdi[3-4].

Hozirgi kunda ko'plab tillarda savol-javob tizimlari yaratilgan. Ammo o'zbek tilida savol-javob tizimlaridagi taqdiqotlar hozirgacha keng miqyosida tadqiq etilmagan. Hozirgacha o'zbek tilida NLP sohasining savol-javob tizimlari uchun mo'ljallangan ma'lumotlar to'plami yetarli darajada emas. Shuning uchun, T5 modelini o'zbek tiliga moslashtirish va o'zbek tilidagi SJ tizimini yaratish ushbu sohada yangi yondoshuvni amalga oshirishga sabab bo'ladi. Ushbu maqolada aynan T5 modeli asosida savol-javob tizimini yaratish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar, model arxitekturasi, ma'lumotlar to'plami, natijalar bayon etilgan.

Metodologiya

Ushbu bo'limda T5 modeli asosida o'zbek tilidagi savol-javob (SJ) tizimini yaratish jarayoni, T5 modeli arxitekturasi, ma'lumotlar to'plamini tayyorlash va modelni o'qitish usullari yoritiladi. Tizimni sozlash va baholashda foydalanilgan turli T5 modellarining samaradorligini aniqlashda foydalaniladigan *ROUGE*, *BLEU*, *METEOR* kabi baholash usullari haqida ma'lumotlar keltiriladi.

2.1. Ma'lumotlar to'plami tayyorlash

T5 modelini o'zbek tilidagi SJ tizimini yaratish uchun moslashtirildi. O'zbek tilida mavjud bo'lgan savol-javob to'plamlarining yetishmasligi sababli o'zbek tilidagi ma'lumotlar to'plami tayyorlandi. Savol-javob to'plami 2000 ta kontekst (savol bilan bog'liq ma'lumotni o'z ichiga olgan matn), savol (kontekstda javobni o'z ichiga olgan savol), javob (savolga eng to'g'ri javob beruvchi qisqa matn) juftligini o'z ichiga oldi. Ushbu ma'lumotlar to'plamining namunasi quyidagi 1-jadvalda keltirib o'tilgan.

1-jadval. Kontekst, savol, javob ustunlari mavjud bo'lgan ma'lumotlar to'plamidan na'muna

Kontekst	Savol	Javob
O'zbekiston Respublikasi poytaxti Toshkent shahridir.	O'zbekiston Respublikasi poytaxti qaysi shahar?	Toshkent shahri
Alisher Navoiy 1441-yilda tug'ilgan.	Alisher Navoiy nechanchi yilda tug'ilgan?	1441-yilda
Hamsa asarini Alisher Navoiy yozgan.	Hamsa asarini kim yozgan?	Alisher Navoiy

Kontekstlar va savollar o'zbek tilining turli mavzularini qamrab olish uchun har xil yo'nalishlarni qamrab olishlari uchun turli ma'lumotlardan jumladan, tarixiy voqealardan, geografiya sohasidan va texnologiyadan yig'ildi.

2.2. Foydalaniladigan model turlari

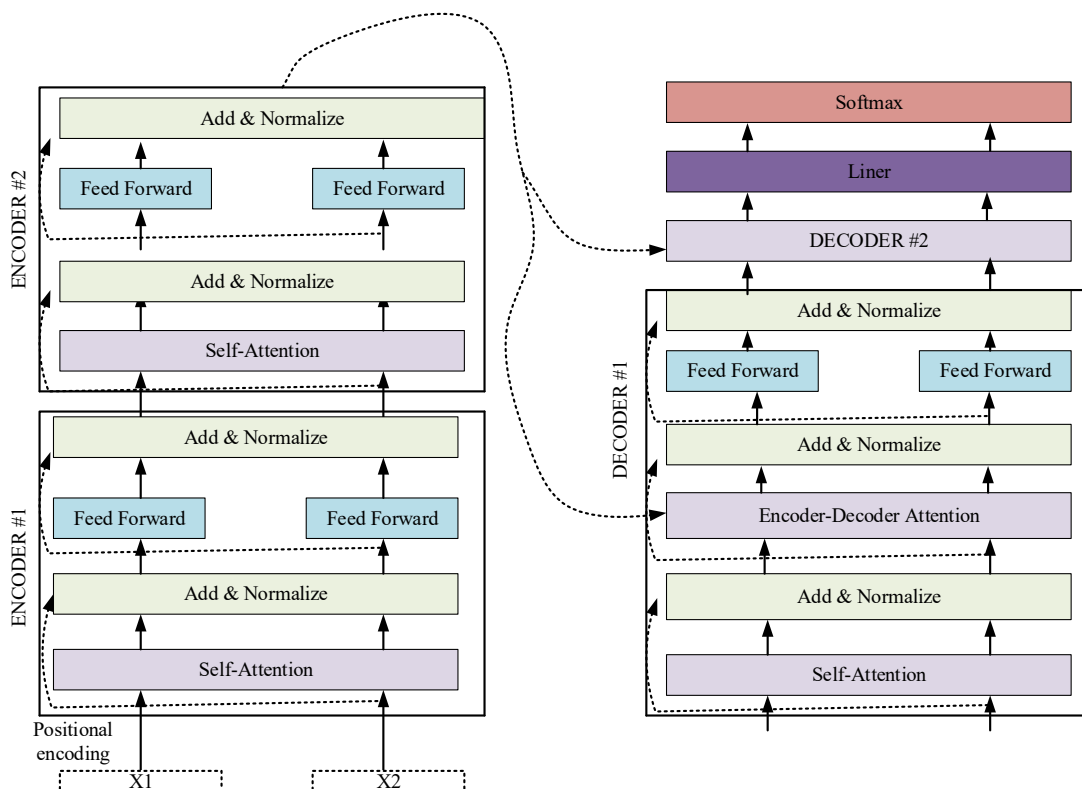
T5 modeli birinchi marta Google kompaniyasi tomonidan yaratilgan bo'lib, barcha masalalarni "matndan matnga" yondashuvidan foydalangan holda yechadi. Ya'ni har bir chiquvchi matnni kirish matniga moslashtirishga qaratilgan. Bu yondashuv savol-javob tizimini yaratishda T5 modelini qo'llashni osonlashtiradi, chunki kiruvchi matn sifatida kontekst va savol beriladi, chiqish matn esa javob bo'ladi. T5 modelining besh xil versiyasi mavjud bo'lib, ular bir biridan foydalanilishdagi parametrlar soni bilan farq qiladi. Shuning bilan birgalikda yuqoridagi besh xil versiyasining Flan T5 deb nomlangan versiyasi bor. Flan T5 modeli katta miqdordagi yo'riqnomalar bilan ko'p tilda o'qitilgan bo'lib, turli murakkab topshiriqlarni bajarishda samaradorligini oshirish uchun optimallashtirilgan[5].

2-jadval. T5 modeli turlari

Model nomi	Parametrlar soni	Foydalanilishi
T5-small/Flan T5-small	~60 million	Kichik hajmda bo'lib, resurslar soni kam muhitda tez o'qitiladi.
T5-base/ Flan T5-base	~220 million	O'rta hajmli model bo'lib, T5-Large versiyasiga qaraganda yengilroq o'qitiladi va T5-small versiyasiga qaraganda aniqroq natijalarni ko'rsatadi.
T5-large/ Flan T5-large	~770 million	Katta hajmli model bo'lib, yuqori aniqlikka ega.
T5-3B/ Flan T5-3B	~3 milliard	Bu versiya katta hajmli ma'lumotlarni va yuqori samaradorlikka ega.
T5-11B/Flan T5-11B	~11 milliard	Bu eng katta versiya bo'lib, yuqori aniqlikga erishish uchun mo'ljallangan

2.3. Model arxitekturası va modelni o'qitish jarayoni

T5 modeli arxitekturası kodlovchi (encoder) va dekodlovchi (decoder)dan tashkil topgan Transformer modeliga asoslangan. Kodlovchi kiritilgan matnni qayta ishlaydi, dekodlovchi esa chiqish matnini yaratadi [6]. T5 modelining asosiy komponentalarini quyidagicha tasvirlashimiz mumkin (1-rasm).



1-rasm. T5 modelining arxitekturası.

Arxitekturani tushunish uchun quyidagicha tasniflash mumkin.

2.3.1. Encoder (kodlovchi)

- Encoder qismi kiritilgan matnni tahlil qilib, uni model uchun tushunarli format shakliga o'tkaziladi. Ushbu arxitektura ikkita encoder bloklari mavjud bo'lib, ular bir nechta qismlardan iborat.
- Har bir encoder quyidagi qatlamlardan iborat:**
 - Self-Attention (O'zaro e'tibor):* Bu qatlam berilgan matndagi so'zlarning bir-biriga qanday darajada bog'langanligini aniqlaydi.
 - Add & Normalize:* Self-Attention va feed-forward qatlamlari chiqishlarini yig'adi va shuning bilan birgalikda uni normallashtiradi. Buning natijasida modelning barqaror ishlashi taminlanadi.
 - Feed Forward:* bu qatlam matndagi har bir so'zni qayta ishlaydi. Ushbu qatlam

olingan ma'lumotni yanada boyitadi va bir shakldan boshqa shaklga o'tkazadi.

2.3.2. Decoder (Dekodlovchi)

- Decoder qismida encoder qismidan olingan ma'lumotlar asosida chiquvchi qiymatlar shakllantiriladi. Bu asosan savol-javob tizimlari sohalarida yoki matnlarni tarjima qilishda ishlatiladi.
- Har bir dekoder quyidagi bir nechta qatlamlardan iborat bo'ladi:
 - *Self - Attention*: Dekodlovchi qismidagi so'zlarning orasidagi bog'liqlikni o'rganadi.
 - *Encoder-Decoder attention*: Encoder va dekoder o'rtasidagi bog'lanishni hosil qiladi. Boshqacha qilib aytganda encoderda o'rganilgan ma'lumotlar decoderga uzatiladi. Bu modelga o'rganilgan ma'lumotlarga asoslanib, yangi matn hosil qilish imkonini beradi.
 - *Add va Normalize*: Ushbu qismda ham ma'lumotlarni normallashtirish amallari bajariladi va Self-Attention va feed-forward qatlamlari chiqishlarini yig'ib boradi. Bu esa chiqishlarni to'g'ri ishlashini taminlaydi.
 - *Feed Forward*: Olingan ma'lumotlarni yanada kuchli va to'liq qayta ishlash vazifasini bajaradi.

2.3.3. Chiquvchi qatlam (Output Layer)

Dekodlovchi qatlam oxirida Chiziqli qatlam va Softmax funksiyalari mavjud. Ushbu qatlamlar orqali model chiquvchi ma'lumotlarni yakuniy so'z shaklida hosil qiladi. Softmax funksiyasi chiquvchi so'zlarning ehtimollik darajasini aniqlaydi va ehtimoli eng yuqori bo'lgan so'zlarni tanlab chiqishlarni hosil qiladi.

Modelni o'qitish jarayonida yuqori sifatli javoblarni ta'minlash uchun maxsus parametrlash usullari qo'llanildi. Modelning har bir versiyasi asosida 2000 ta savol-javob juftligida o'qitildi. O'qitish uchun optimallashtirish algoritmi sifatida adam optimizeri tanlandi, learning rate (o'qitish tezligi) esa $lr=1e-4$ tanlandi, o'qitish qadamlar soni epochs =8 etib belgilandi.

2.4. Modelni baholash usullari

Modelning samaradorligini baholash uchun BLEU, ROUGE, METEOR kabi usullardan foydalanildi. BLEU, ROUGE va METEOR baholash metrikalari til modellari tomonidan ishlab chiqilgan matnlarni baholashda keng qo'llaniladi, ayniqsa matnlarni generatsiya qilishda, matnning tabiiyligi va mazmuniy yaqinligini aniqlashda muhim baholash o'lchovidir. Quyida ushbu metrikalarning har biri haqida ma'lumot berilgan:

BLEU (Bilingual Evaluation Understudy): BLEU savol-javob tizimlari, mashina tarjimasi uchun eng ko'p qo'llaniladigan avtomatik baholash ko'rsatkichlaridan biridir. U N-gramm aniqligidan foydalangan holda savollarga javoblarni generatsiya qilish va matn tarjimasi o'rtasidagi o'xshashlikni o'lchaydi [4].



N-gramm aniqligi: BLEU mos yozuvlar tarjimalari bilan solishtirganda savollar javoblarini, matnlar tarjimasida N-grammlarning (N tokenning qo'shni ketma-ketligi) aniqligini o'lchaydi. U har xil uzunlikdagi N-grammlarni ko'rib chiqadi. U odatda unigram (bitta so'z) lardan fourgram (to'rt so'zli ketma-ketliklari) gacha bo'lgan o'xshashliklarni baholaydi. Yuqori aniqlik ballari savollarga javoblarni yoki tarjimasidagi ko'proq N-grammlar mos yozuvlar tarjimalaridagiga mos kelishini ko'rsatadi [8].

BLEU ballari 0 dan 1 gacha o'zgarib turadi. Yuqori ball tizim tomonidan berilgan javob yoki tarjima sifati yaxshilanganligini ko'rsatadi. BLEU 1 balli mukammal javob sifatini ifodalaydi. Bunda tizim javobi N-gramm aniqligi bo'yicha maqsadli javobga to'liq mos keladi. BLEU da bir nechta cheklovlar mavjud. BLEU faqat N-gramm aniqligiga tayanganligi sababli ravonlik, grammatiklik va semantik aniqlik kabi sifatining barcha jihatlarini qamrab ololmasligi mumkin. Shuningdek, u baholashning to'g'riligiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan jumla uzunligi va so'zning nomuvofiqligi kabi omillarga sezgir. U ko'pincha savollarga javoblarni generatsiya qilgan matnni yoki tarjima sifatini yanada to'liqroq baholash uchun boshqa baholash ko'rsatkichlari va usullari bilan birgalikda qo'llaniladi[3].

$$BLUE = BP * \exp\left(\sum_{n=1}^N \frac{1}{N} \log(p_n)\right) \quad (1)$$

bu yerda p_n – N-grammlar o'zgartirilgan aniqligidir. U quyida keltirilgan (3) formula asosida hisoblanadi. N – maksimal N-grammlar uzunligi (odatda $N=4$), BP (*Brevity Penalty*) qisqartirish jarimasi hisobladi. Ayrim hollarda tarjima natijasi maqsadli chiqishdan uzun bo'lishi mumkin. U quyidagi (2) formula asosida hisoblanadi:

$$BP = \begin{cases} 1, & \text{agar } c > r \\ \exp\left(1 - \frac{r}{c}\right), & \text{agar } r \leq c \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda c nomzod chiqish uzunligi, r madsadli chiqish uzunligi hisoblanadi.

$$p_n = \frac{C_n}{C_m} \quad (3)$$

bu yerda C_n – nomzodaning maqsadli javobida yoki tarjimada uchraydigan N-grammlar soni va C_m – maqsali javobda yoki tarjimada yaratilgan N-grammlar soni.

ROUGE (Recall-oriented understudy for Gisting Evaluation): ROUGE birinchi navbatda mashina tomonidan yaratilgan javoblarni baholash uchun ishlatiladi, lekin u so'z yoki N-gramm darajasida nomzod va mos yozuvlar tarjimalari o'rtasidagi o'xshashlikni solishtirish orqali mashina tarjimasini baholash uchun ham moslashtirilishi mumkin. ROUGE shuningdek, mashina tarjima tizimida hosil qilingan nomzod matn va maqsadli tarjima o'rtasidagi o'xshashlik belgilarini hisoblashga asoslangan. ROUGE ning asl taqdimotida u aniqroq yo'naltirilgan BLEU bilan solishtirganda eslab qolish (Recall) tomoniga ko'proq e'tibor qaratildi. Hozirgi kunda biz buni odatda bir-biriga o'xshashlik uchun F1-balli (F1-score) ni hisoblash asosida ko'ramiz. ROUGE turli mezonlar, jumladan, N-gramm

o'xshashligi, so'zlarning o'zaro mos kelishi va eng uzun umumiy ketma-ketlik asosida tizim tomonidan yaratilgan xulosalar va mos yozuvlar xulosalari o'rtasidagi o'xshashlikni o'lchaydi[7].

N-gramm o'xshashligi: ROUGE-N N-gramm larning (N so'zning qo'shni ketma-ketligi) tizim tomonidan yaratilgan xulosa va mos matnlar o'rtasidagi o'xshashligini o'lchaydi. Odatda 1 dan 4 gacha bo'lgan N ning turli qiymatlari uchun aniqlik (Precision), eslab qolish (Recall) va F1 balli (F1-score) ni hisoblaydi. ROUGE-N tizim tomonidan yaratilgan nomzod tarjima maqsadli tarjimada mavjud bo'lgan asosiy tarkib va iboralarni qanchalik yaxshi qamrab olishini baholaydi.

So'zlarning o'xshashligi: ROUGE-W tizim tomonidan yaratilgan tizim javobi va tarjima o'rtasidagi so'zlarning bir-biriga mos kelishini o'lchaydi. U matnlar orasidagi semantik o'xshashlikni aniqlash uchun barcha bir-biriga o'xshash so'zlarni, ularning tartibidan qat'iy nazar, hisobga oladi. ROUGE-W N-grammlarga qaratilgan ROUGE-N bilan solishtirganda matnlar o'rtasidagi o'xshashlikning yanada yaxlit ko'rinishini beradi.

Eng uzun umumiy ketma-ketlik (LCS): ROUGE-L tizim tomonidan yaratilgan matn va maqsadli tarjimada mavjud bo'lgan so'zlarning eng uzun ketma-ketligini aniqlaydi. Bu esa so'z tartibi va jumla tuzilishidagi o'zgarishlarga imkon beradi. ROUGE-L ayniqsa tarjimning ravonligi va uyg'unligini baholash uchun foydalidir. Chunki, u so'zlarning aniq mosligini emas, balki tarkibiy o'xshashlikni hisobga oladi.

F o'lchovi: Har bir ROUGE ko'rsatkichi (ROUGE-N, ROUGE-W, ROUGE-L) uchun F-o'lchovi aniqlik va eslab qolishning garmonik o'rtacha qiymati sifatida hisoblanadi (4-ifoda). F-o'lchovi aniqlikni (tizim tomonidan yaratilgan matn qancha qismi haqiqiy javob bilan mos kelishini) va eslab qolishni (tizim tomonidan yaratilgan matnning qancha qismi qaralgani) muvozanatlashtiradigan yagona ball beradi.

Umuman olganda, ROUGE ko'rsatkichlari tizim tomonidan yaratilgan va mos yozuvlar matni o'rtasidagi o'xshashlikni miqdoriy baholash orqali avtomatik umumlashtirish tizimlari va boshqa tabiiy tillarni qayta ishlash vazifalari samaradorligini baholash uchun qimmatli vositani taqdim etadi.

$$f1 - score = \frac{precision}{recall} = \frac{\frac{c_n * c_w}{c_m + c_a}}{\frac{c_m}{c_n} + \frac{c_w}{c_a}} \quad (4)$$

bu yerda C_w – tizimda tomonidan berilgan javobda uchraydigan so'zlar soni, C_a – javobdagi barcha so'zlar soni, C_n – tizim tomonidan berilgan javobda uchraydigan N-grammlar soni va C_m – tizim javobidagi N-grammlar soni.

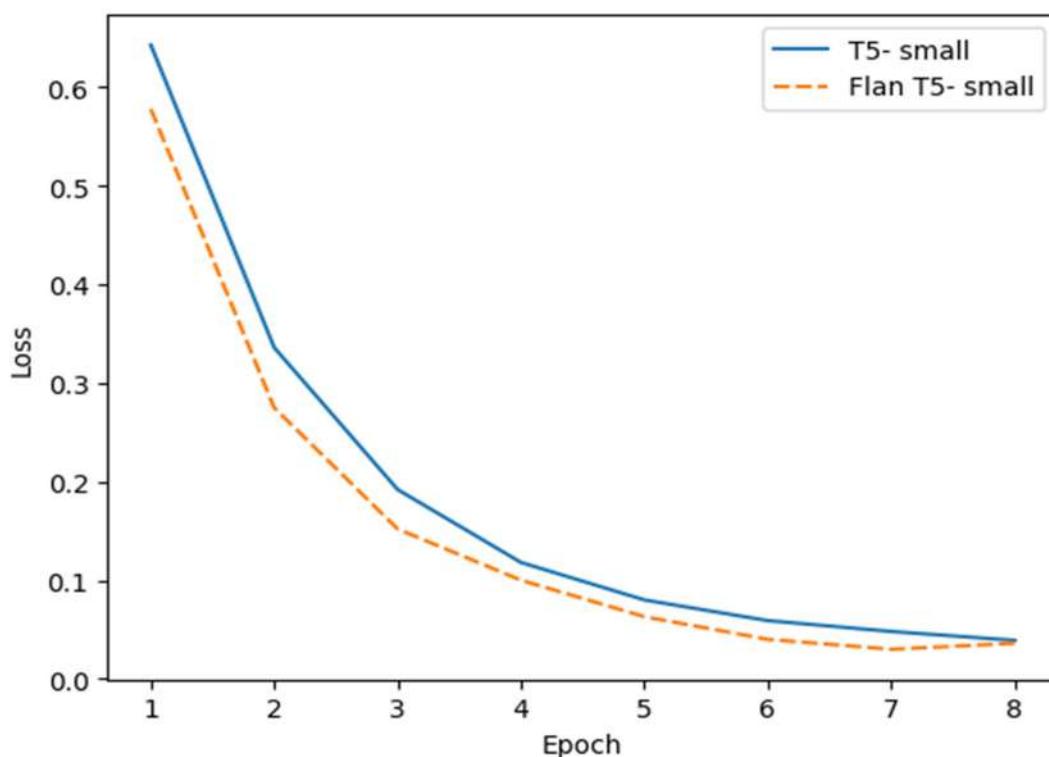
3. Natija

Xorijda amalga oshirilgan ko'plab tadqiqot ishlarida T5 modelidan ko'ra Flan-T5 modeli yuqori natijalarni qayt etganligini takidlangan shuning uchun o'z masalamizda T5-small modeli va Flan T5-small modellari ustida o'qitishlar soni (epochs) 3, 6, 8 qiymatlarida sinov olib bordik. O'qitish natijalariga ko'ra yo'qotilish (loss) qiymatlar quyidagilarni qayt etdi(4-jadval).

4-jadval. O'qitilishlar soni (epochs) bo'yicha xatoliklar(loss) qiymatlarning ifodalanishi

Model nomi	Epochlar soni							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T5-small	0.643	0.336	0.192	0.118	0.080	0.059	0.048	0.039
Flan T5-small	0.578	0.275	0.152	0.100	0.064	0.040	0.030	0.036

Yo'qotishlar qiymatlarini grafik orqali ifodalasak quyidagi ko'rinishda bo'ladi. Flan T5 modellari bilan T5 modellarining loss qiymatlarini alohida tasvirlarda ifodaladik (2-rasm).



2-rasm. Training jarayonida T5 modelining har bir turida loss qiymatlar

Tajriba natijasida RUOGE aniqlikni baholash quyidagi natijalarni qayt etdi(5-jadval).

5-jadval. Rouge baholash usuni bo'yicha natijalar.

Model nomi va epochlar soni	Baholash usuli			
	Rouge1	Rouge2	Rouge L	RougeLsum
T5-small	0.872	0.734	0.872	0.872
Flan T5-small	0.871	0.735	0.871	0.871

BLEU va METEOR baholash metodlari orqali quyidagi natijalar olindi (6-jadval).



6-jadval. BLEU va METEOR baholash metodlari orqali aniqlangan natijalar.

Baholash metodi	T5-small	Flan T5-small
BLEU	0.709	0.717
METEOR	0.711	0.714

ROUGE baholash natijalari bo'yicha T5-small va Flan T5-small modellarining natijalari deyarli bir xil bo'lib, ROUGE-1 va ROUGE-L ko'rsatkichlari bo'yicha T5-small biroz yuqori, ROUGE-2 bo'yicha esa Flan T5-small ozgina yaxshiroq natija qayd etgan. BLEU va METEOR baholash metodlari bo'yicha esa Flan T5-small modeli mos ravishda 0.717 va 0.714 natijalarni ko'rsatib, T5-small dan biroz yuqoriroq natijalarga erishgan. Umuman olganda, summarization uchun har ikkala model bir xil darajada ishlashi mumkin, lekin machine translation yoki matn generatsiyasi vazifalari uchun Flan T5-small modeli afzalroq bo'lishi mumkin.

Xulosa

T5 modeli asosida o'zbek tili uchun yartilgan savol-javob tizimi shuni ko'rsatdiki, ananaviy T5 modeli asosida yaratilgan savol-javob tizimi ROUGE baholash ko'rsatkichi ROUGE1 0.872, ROUGE2 0.734, ROUGE L 0.872 va BLEU baholash metodi 0.709 va METEOR baholash metodida 0.711 aniqlikni qayt etdi. Flan T5 modeli asosida yaratilgan savol-javob tizimi esa ROUGE baholash ko'rsatkichi ROUGE1 0.871, ROUGE2 0.735, ROUGE L 0.871 va BLEU baholash metodi 0.717 va METEOR baholash metodida 0.714 aniqlikni ko'rsatdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, Flan T5 modeli yordamida o'zbek tilida savol-javob tizimi yaratishda yetarli natijalar berishi mumkinligini aniqlandi.



Adabiyotlar

1. 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.
2. Liu, Y, etcs. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. Proceedings of NAACL-HLT 2019. Minneapolis, MN, USA. June 2–7, 2019.
3. Raffel, C. Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer. Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning (ICML 2020).
4. Raffel, C., Shinn, E., Roberts, A., Lee, K., & Narang, S. Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer. Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning (ICML), Long Beach, CA, USA, June 9–15, 2019.
5. Chung, H. W., etcs. Scaling Instruction-Finetuned Language Models. Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML), 2023. Honolulu, HI, USA. July 23–29, 2023.
6. Roberts, A.; Chung, H. W.; Mishra, G.; Levskaya, A.; Bradbury, J. Scaling Up Models and Data with t5x and seqio Journal of Machine Learning Research. 2023.
7. Lin, C.Y. ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries. Proceedings of the 4th International Conference on Text Summarization. Spain. July 5–7, 2004.
8. Papineni, D.; Roukos, S.; Ward, T.; Zhu, W. BLEU: A Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL), Philadelphia, PA, USA, July 6–11, 2002.



Mualliflar

Ravshan Shirinboyev

Jizzakh branch of the National University, Jizzakh, Uzbekistan;
forravshanrsh@gmail.com

Ma'ruf Tojiyev

Samarkand State University, Samarkand, Uzbekistan;
mrtojiev6886@gmail.com

Jo'ra Kuvandikov

Jizzakh branch of the National University, Jizzakh, Uzbekistan;
quvondiqov86@mail.ru

Correspondence: forravshanrsh@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

FIRE DETECTION BASED ON OPTICAL FLOW TECHNOLOGY

Abstract: Ensuring fire safety and preventing emergencies has always been an important issue. Fires are one of the natural and man-made disasters that pose a great threat to human life and property. Their rapid spread and difficulty in preventing require increasing the efficiency of fire detection systems. Modern technologies, in particular, the development of artificial intelligence and optical flow algorithms, allow for early detection of fires. Analyzes the principles of operation, technical approaches and effectiveness of automatic fire detection systems based on optical flow technology. Optical flow technology can detect early fire symptoms by monitoring movement dynamics and analyzing changes. Traditional sensors often face the problem of late detection in the development stage of a fire, which causes material damage and endangers human life. The optical flow approach can overcome these problems by detecting the initial movement patterns of a fire. Discusses the basic principles of optical flow technology, motion detection methods using various algorithms, and their contribution to early fire detection. In addition, the possibilities of integrating this technology with artificial intelligence and video surveillance systems are also discussed. By combining optical flow and machine learning approaches, fire detection systems can be more reliable and faster. The article also analyzes the accuracy and performance of algorithms used for fire detection. The results of early fire detection using optical flow technology in various real-world conditions are reviewed, and recommendations are made for future development of this technology.

Key words: Optical flow, lucas-kanade method, horn-schunck algorithm, farneback, optical flow, motion estimation, fire detection, computer vision, image processing, real-time monitoring, deep learning in fire detection, video surveillance, feature tracking, ai-based fire recognition, early fire detection systems, smoke and flame detection.

Introduction

Fire is one of the disasters that can cause serious damage to human life, property and ecological systems. The rapid spread of fire and the difficulty of prevention increase the importance of early detection systems. Today, there are traditional fire detection methods, which mainly work through smoke detectors, temperature sensors and infrared cameras. However, these methods may not give accurate results in the early stages of a fire or may lead to false positives. Optical flow technology is seen as an innovative approach to solve this problem. This technology analyzes the movement patterns of fire and smoke by processing images in real time, helping to detect fires at an early stage. This approach is much more effective than traditional sensors, allowing for rapid response and fire prevention.

Optical flow technology has several advantages in fire detection systems. It provides rapid warning by tracking the movement of fire and smoke. While fire detection systems are usually based on smoke or temperature sensors, optical flow works in the visible spectrum using cameras. It can be integrated into existing surveillance cameras, eliminating the need for new hardware. It can be combined with machine learning methods to reduce false positives and increase accuracy. It has the ability to detect where a fire is starting and predict its trajectory. During a fire, the optical flow approach adapts to environmental conditions and works effectively in both natural and artificial lighting conditions of the fire. These advantages of optical flow technology make it a promising tool in the field of fire detection. This article analyzes the theoretical basis of optical flow, its application to fire detection, and the results.

Materials and Methods

Lucas - Canadian method optical stream v_x, v_y small W size in the mirror (of the image) small part) permanent to be guess So the optical flow equation is for all the objects inside this window $q = (k, l)$. is performed for pixels with coordinates :

$$I_x(q)v_x + I_y(q)v_y = -I_t(q), \quad \forall q = (k, l) \in W$$

These equations form a system of linear equations and can be written in the following matrix form:

$$Av = b$$

here :

A – size $n^2 \times 2$ is a matrix that W contains the image gradient components for each pixel within the window:

$$A = \begin{bmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ I_x(q_2) & I_y(q_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{bmatrix}$$

v – mirror W The vector representing the optical flow for:

$$v = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix}$$

b – size n^2 is a vector that contains the time derivatives of the image:

$$b = \begin{bmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{bmatrix}$$

This linear system has n^2 one equation and two unknowns, which means it is **an overdetermined system**. The Lucas-Canade method finds the solution to this equation using **the least squares method**:

$$A^T A v = A^T b$$

where is the transpose of A^T the matrix A .

The least squares solution looks like this:

$$v = (A^T A)^{-1} A^T b$$

Expanding this formula, we write:

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i I_x(q_i)^2 & \sum_i I_x(q_i)I_y(q_i) \\ \sum_i I_y(q_i)I_x(q_i) & \sum_i I_y(q_i)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i I_x(q_i)I_t(q_i) \\ -\sum_i I_y(q_i)I_t(q_i) \end{bmatrix}$$

The optical flow can v only be evaluated if $A^T A$ the matrix is **inverse and well-conditioned**. This condition is satisfied if:

A^T the eigenvalues λ_1, λ_2 of the matrix are large and of the same order. **The condition for determining the angle is met**, because this condition is also important for calculating optical flow. On the contrary, if the window: Is a flat region, the gradients are close to zero and the motion cannot be detected. If there is an edge in only one direction, only one component of the motion can be detected. **The Lucas-Canade method is one of the important techniques in computer vision**. We use the concept of optical flow and the mathematical formulas of the Lucas-Canade method. **This method** is effective for detecting small movements and is widely used in areas such as object tracking, face detection, and video stabilization.

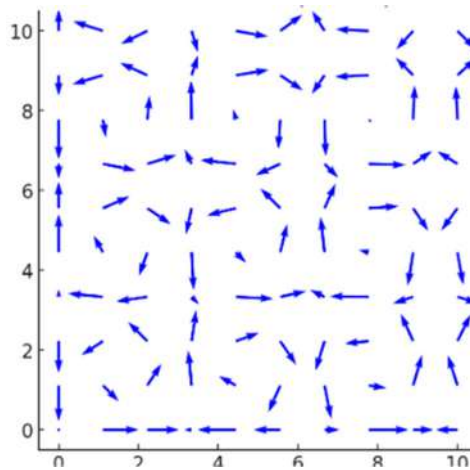


Figure 1. Lucas-Canade optical flow.

Lucas-Canade is a popular approach to optical flow calculation, which improves optical flow calculation by applying a global smoothness constraint. This method, unlike the Lucas-Kanade method, **attempts to find optical flow over the entire image** and ensures logical smoothness of the optical flow vectors.

The Horn-Schunck method relies on two main assumptions in calculating optical flow. Optical Flow Equation (Brightness Constancy Assumption): The light intensity in an image is virtually constant over time.

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t)$$

Expanding this equation into a first-order Taylor series yields the optical flow equation:

$$I_x v_x + I_y v_y + I_t = 0$$

here :

I_x, I_y – image x and y gradients in the direction.

I_t – gradient over time .

v_x, v_y – components of the optical flow in x and y directions.

Smoothness Constraint : The Horn-Schunck method assumes that the optical flow is **smooth over the entire image area**. It assumes that the optical flow vectors for neighboring pixels should be similar . This is achieved by the following smoothing function:

$$E_s = \iint \left(\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 \right) dx dy$$

The weight of this smoothing constraint is introduced as α (smoothness coefficient) . Thus, the overall optimization function becomes :

$$E_s = \iint \left((I_x v_x + I_y v_y + I_t)^2 + \alpha^2 \left(\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 \right) \right) dx dy$$

This energy function, the best optical flow vectors can be found. Uses the Euler-Lagrange equations

to minimize the above optimization function. finds the optical flow vectors by solving. Using the variational calculus method, the following equations are obtained:

$$I_x(I_x v_x + I_y v_y + I_t) - \alpha^2 \nabla^2 v_x = 0$$

$$I_y(I_x v_x + I_y v_y + I_t) - \alpha^2 \nabla^2 v_y = 0$$

where $\nabla^2 v_x$ and $\nabla^2 v_y$ are the Laplacian operators of the optical flow vectors, which provide smoothness across the image.

The Horn-Schunck method finds the optical flow by iteratively solving this system of equations. The optical flow for each pixel is updated using the following formulas:

$$v_x^{k+1} = \bar{v}_x^{(k)} - \frac{I_x(I_x \bar{v}_x^{(k)} + I_y \bar{v}_y^{(k)} + I_t)}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2}$$

$$v_y^{k+1} = \bar{v}_y^{(k)} - \frac{I_y(I_x \bar{v}_x^{(k)} + I_y \bar{v}_y^{(k)} + I_t)}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2}$$

here :

$\bar{v}_x$ and $\bar{v}_y$ – average values of the optical flux of neighboring pixels.
 k – iteration number.

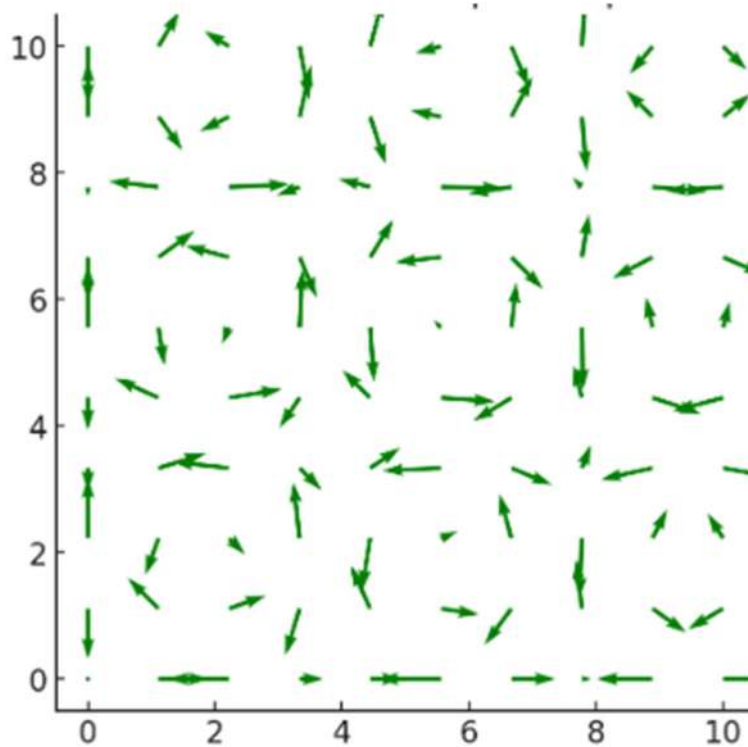


Figure 2. Horn-Schunck optical flow

This iteration is performed multiple times over the image, and at each step the optical flow vectors are significantly updated. It computes global optical flow, i.e., it provides smooth results over



the entire image. It is robust to noise, as smoothness constraints reduce subtle image errors. It produces accurate and consistent results, especially for small motions. It can be problematic for detecting large motions, as the smoothness constraint links all pixels together. It is computationally intensive, and computationally expensive because of the iterative method used. It can produce very smooth results, which sometimes makes it difficult to detect precise motions. The Horn-Schunck method attempts to compute optical flow over the entire image and improves the results by applying a smoothness constraint. It allows for smoother and more accurate detection of motions across the image. This method is widely used in the fields of video stabilization, object tracking, and motion analysis.

was introduced by Gunnar Farneback in 2003, and it is **used to calculate the dense optical flow of images**. for **mathematical models and polynomials uses approximation** techniques. The Farneback method estimates motion continuously and densely by modeling the image with local quadratic polynomials. This approach, unlike the Lucas-Kanade and Horn-Schunck methods, does not only use gradient information, but also analyzes image structures.

allows for the calculation of optical flow vectors for each pixel in a dense form (dense optical flow). This is a direct result of the Lucas-Kanade method. This allows for a separate optical flow value to be obtained for each pixel.

proposes to represent the intensity function in each part of the image by a quadratic polynomial. This means that the image intensity in each small region is approximated as follows:

$$f(x) = x^T A x + b^T x + c$$

here:

x – pixel coordinates (x, y) ,

A – symmetric matrix (contains second-order derivatives of the image),

b – gradient vector,

c – scalar value.

Using this model, information about the location and orientation of the image can be obtained.

If the image is moving, then a new image (frame) can be obtained from the old image using optical flow vectors:

$$f_2(x) = f_1(x + d)$$

Here:

$f_1(x)$ and $f_2(x)$ – intensity functions in the initial and subsequent frames of the image.

d – optical flow vector (direction of motion).

the vectors for each pixel d .

The Farneback method calculates optical flow through the following steps:

1. A small region around each pixel is represented by a quadratic polynomial.

Image Resizing with Gaussian Pyramid (Scale Space)

The image is zoomed in several times to detect large movements.

The optical flow at each dimension level is calculated separately.

Step-by-step calculation of optical flow

Starting from small images and moving to large images, updating the motion vectors at each stage.

Smoothing motion vectors and stabilizing the detected motion vectors using filters .

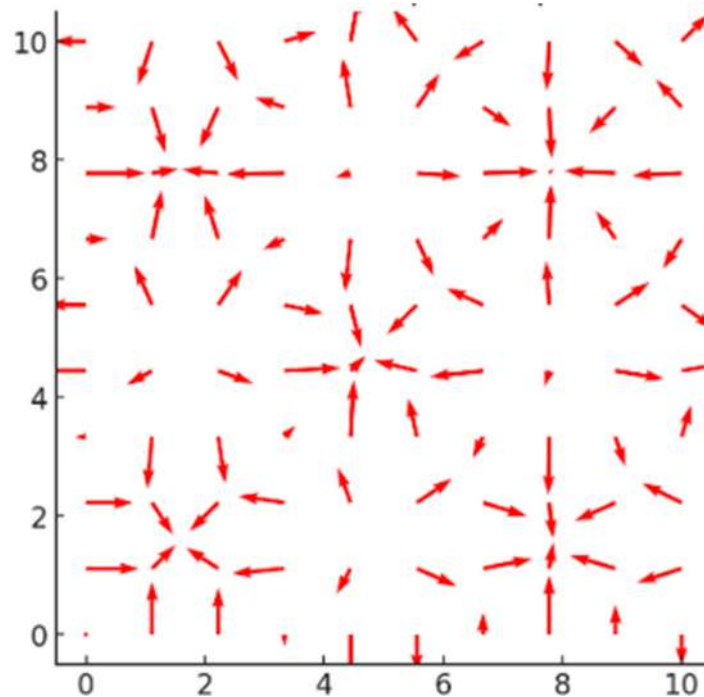


Figure 3. Farneback optic flow

Results.

To evaluate the effectiveness of optical flow algorithms for early fire detection, various experimental tests were conducted. These tests were carried out under different conditions, including real-time monitoring, varying lighting levels, and different fire intensity stages. The following results compare the performance of each algorithm in terms of fire detection accuracy, false positive rates, and computation speed.

Table 1. Comparative experimental results.

Algorithm	Accuracy (%)	False positive (%)	Calculation time (ms)
Lucas-Canade	85.3	10.5	50
Horn-Schunck	88.7	8.2	70
Farneback	92.1	6.8	35

The Lucas-Kanade algorithm is designed to detect small movements related to fire symptoms. It accurately identifies early fire indicators such as light smoke and sparks. However, its accuracy decreases when detecting large fires and rapidly moving smoke flows. The probability of false alarms is relatively high (10.5%), which can lead to excessive alerts. The computation speed is 50 ms, making it suitable for real-time monitoring.

The Horn-Schunck algorithm provided good results for monitoring fire spread. It allows for

smooth global motion representation, making it well-suited for tracking fire and smoke directions in video frames. However, the computation process is relatively heavy, requiring 70 ms for processing. While its accuracy in tracking large movements is higher than the Lucas-Kanade method, it is not efficient enough for real-time monitoring. The false positive rate is 8.2%, which is lower compared to other algorithms.

The Farneback algorithm demonstrated the highest accuracy across all test conditions – 92.1%. It quickly detects smoke and fire movements at the early stages. This method calculates dense optical flow, meaning it analyzes movement for each pixel, leading to improved accuracy. The computation speed is the fastest (35 ms), making it highly suitable for real-time monitoring. The false alarm rate is low (6.8%), which increases system reliability. However, one drawback is that in some cases, it may mistakenly classify non-fire movements as fire.

Early detection of initial fire indicators (e.g., smoke and fire movement). Faster and more accurate than heat and smoke detectors. High-speed and precise analysis due to the Farneback algorithm. Improved accuracy when combined with machine learning and deep learning techniques. Can be integrated into existing surveillance cameras, reducing the need for additional hardware. Requires high computational power, such as a powerful GPU and optimized software for real-time monitoring. Environmental movements (e.g., wind, moving objects) can sometimes cause false fire alarms. For more reliable results, optical flow technology should be combined with infrared or thermal cameras. When combined with deep learning models such as CNN or RNN, fire detection can become even more precise. Using infrared and thermal cameras along with conventional cameras can enhance detection accuracy. Optical flow algorithms can be integrated into drones to monitor large areas, enabling early fire detection. Current results are based on laboratory conditions, but field tests in forests and industrial areas will help assess real-world effectiveness. Optimizing optical flow algorithms can improve computation speed and adapt them for low-power devices.

Conclusion

Optical flow technology is a new way of fire detection and prevention early on. Compared to standard fire detection methods, optical flow technology is better and more accurate since it can scan video frames in real-time to detect movements in flames and smoke.

Farneback algorithm proved to be the most effective one with 92.1% accuracy and a best processing time of 35 ms for fire detection. Horn-Schunck algorithm easily detected global motion but was a resource-intensive computer algorithm. Lucas-Kanade algorithm could detect minor movements but suffered from low accuracy in detecting large fire with a false positive rate of 10.5%. Merging fire safety systems with optical flow technology has the potential to improve response and detection time for fires significantly, saving human life and property in the long run. The greatest advantages of this technology are. Instant response and detection the moment a fire is started. Picks up fire signs earlier than traditional heat and smoke detectors. Can be integrated into existing surveillance systems without additional hardware costs. Fire detection systems can be made more efficient and reliable if they are combined with machine learning and deep learning techniques. Optical flow algorithms can be employed in drones as well as surveillance cameras for monitoring large areas such as forests and industrial zones.



Several areas for improvement in optical flow-based fire detection systems are suggested on the basis of the outcomes of the research. Combining optical flow algorithms with infrared sensors has the potential to improve accuracy by detecting fire-caused movements outside the visual spectrum.

Incorporation of optical flow technology into drone systems can greatly enhance fire detection in vast environments such as forests and industrial complexes. Utilization of deep learning networks such as Convolutional Neural Networks (CNNs) and Recurrent Neural Networks (RNNs) will also assist in simplifying fire and smoke movement. In an effort to enhance real-time monitoring, optical flow algorithms need to be optimized for running on GPUs as well as FPGA accelerators to speed up processing time and reduce computing overhead. While this research has been conducted in laboratory conditions, more work needs to be conducted in field tests within industrial and natural settings to examine the real-world efficiency of optical flow fire detection. Optical flow technology holds vast potential for transforming fire detection and prevention systems. Through faster and more accurate detection than traditional means, it can have a significant effect on fire safety. Also, the integration of this technology with artificial intelligence, infrared sensors, and drone monitoring can lead to even more powerful and reliable fire detection systems. Advances and utilizations of this technology in the future will be of great importance in improving fire safety measures and protecting human life.



References

1. Lucas, B. D., & Kanade, T. (1981). An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. *Proceedings of Imaging Understanding Workshop*, 121–130.
2. Horn, B. K. P., & Schunck, B. G. (1981). Determining Optical Flow. *Artificial Intelligence*, 17(1-3), 185-203.
3. Farnebäck, G. (2003). Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion. *Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA)*, 363-370.
4. Fleet, D. J., & Weiss, Y. (2006). Optical Flow Estimation. *Handbook of Mathematical Models in Computer Vision*, 239-258.
5. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th ed.). Pearson.
6. Beauchemin, S. S., & Barron, J. L. (1995). The Computation of Optical Flow. *ACM Computing Surveys*, 27(3), 433-467.
7. Chino, T., et al. (2020). Deep Learning-Based Fire Detection Using Optical Flow Analysis. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29, 610-622.
8. Yuan, C. (2019). A Review of Fire Detection Using Computer Vision Techniques. *Journal of Fire Sciences*, 37(2), 85-102.
9. Baeldung Computer Science (2024). Lucas-Kanade Optical Flow Method. Retrieved from: <https://www.baeldung.com/cs/optical-flow-lucas-kanade-method>
10. OpenCV Documentation (2024). Optical Flow Techniques. Retrieved from: <https://docs.opencv.org>
11. Shirinboyev, R., Rakhimov, N., Khasanov, D., & Xafizadinov, U. (2024). EVALUATING THE PERFORMANCE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND HYBRID CNN-SVM MODELS FOR SYMBOL RECOGNITION IN COMPLEX DATASETS. *DTAI-2024*, 1(DTAI), 295-299.
12. Rustamovich, A. A., Ruzikulovich, T. M. R., & O'G'Li, S. R. S. (2023). Yong'inni videotasvirda rangli filtrlash bilan intensivlik o'zgarishi asosida aniqlash. *Илм-фан ва инновацион ривожланиш/Наука и инновационное развитие*, 6(2), 13-21.
13. Рахимов, Н., Ширинбаев, Р., & Саидова, З. (2023). Ма'lumotlarni intellektual tahlillash uchun oldindan tasniflash va yakuniy konvolyutsion neyron tarmog 'i. *Информатика и инженерные технологии*, 1(2), 55-61.
14. Dilmurod, H., & Shirinboyev, R. (2024). THE MAIN THEORY OF LINEAR REGRESSION MODELS IN DATA MINING. *Sun'iy Intellect Nazariyasi va Amaliyoti: Tajribalar, Muammolar va Istiqbollari*, 143-147.
15. Xolboyevich, A. S. (2022). Pythonda chiziqli regressiya. *International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research*, 233-238.
16. Akhatov, A., Shirinboyev, R., & Bobolov, J. (2023). Correction of integrity violations in the video image area using the retinex algorithm. *International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research*, (Special Issue), 162-172.
17. Ruzikulovich, T. M. R. (2022). Neyron tarmog algoritmlari yordamida murakkab fondagi belgilarni aniqlash algoritmlari. *International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research*, 238-241.
18. Rustamovich, A. A., & Ruzikulovich, T. M. R. (2022). Konvolyutsion neyron tarmog 'i asosida video tasvirdan yong 'inni erta aniqlash. *International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research*, 128-132.



19. Таджиев, М., Ширинбоев, Р., & Сулаймонова, М. (2022). Open cv kutubxonasida tasvirlarga rang modellari bilan ishlov berish. Современные инновационные исследования актуальные проблемы и развитие тенденции: решения и перспективы, 1(1), 212-215.
20. Shirinboyev, R., & Bobolov, J. (2023). Image segmentation by otsu method. International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research, (Special Issue), 64-72.



Mualliflar

Ilyos Xujayarov

Axborot texnologiyalari kafedrası,
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti Samarqand filiali,
Samarqand, O'zbekiston;
ilyoskhujayorov@gmail.com

Quvonchbek Norqo'ziyev

Kompyuter ilmlari va dasturlashtirish
kafedrası, O'zbekiston Milliy
universiteti Jizzax filiali, Jizzax,
O'zbekiston;
quvonchbek9535@gmail.com

Mas'ul: quvonchbek9535@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

THE CONSTRUCTSIM MUHITIDA ROS YORDAMIDA AVTONOM MOBIL ROBOTLARNING LOKALLASHTIRISH VA KARTOGRAFIYALASH ASOSIDA NAVIGATSIYA ALGORITMLARI TAHLILI

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda TheConstructSim muhitidan foydalanib, avtonom mobil robotlarning lokallashtirish, kartografiyalash va navigatsiya algoritmlarini tadqiq qilish jarayoni bayon etiladi. SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), yo'l rejalashtirish algoritmlari (Dijkstra, A*, RRT, va DWA) va sensor birlashtirish texnikalarining amaliy sinovlari TurtleBot 3 va Jackal UGV robot modellari yordamida simulyatsiya qilindi. Ish jarayonida ROS (Robot Operating System), Gazebo, RViz va robot_localization kabi vositalardan foydalanildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, turli lokallashtirish va navigatsiya algoritmlarining samaradorligi solishtiriladi hamda optimal yondashuvlar aniqlanadi. Natijalarga ko'ra, turli lokallashtirish va navigatsiya metodlari o'rtasida samaradorlik, hisoblash resurslari va real vaqt rejimidagi bajarilish tezligi kabi jihatlar bo'yicha taqqoslashlar o'tkazildi. Ushbu yondashuvlar va tahlillar kelgusidagi robototexnika tizimlarini yanada takomillashtirish hamda haqiqiy sharoitga moslashtirishda muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: SLAM, path planning, ROS, Gazebo, TheConstructSim, Gmapping, Dijkstra, A*, RRT va DWA.

Kirish

Avtonom mobil robotlar zamonaviy texnologiyalarning ajralmas qismiga aylanib, sanoat, logistika, qishloq xo'jaligi, xavfsizlik va transport sohalarida keng qo'llanilmoqda. Ushbu robotlarning samarali ishlashi uchun ularning atrof-muhitni tushunishi, aniqlik bilan lokallashtirilishi va optimal harakatlanish trayektoriyasini belgilashi muhim ahamiyatga ega. Lokallashtirish va navigatsiya avtonom tizimlarning asosiy komponentlari bo'lib, bu jarayonlarning aniqligi robotlarning to'g'ri va xavfsiz harakatlanishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu yo'nalishda turli algoritmlar va texnologiyalar ishlab chiqilgan bo'lsa-da, ularning haqiqiy sharoitda va simulyatsiya muhiti orqali sinovdan o'tkazilishi ilmiy izlanishlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi [1].

Lokallashtirish va kartografiyalash texnologiyalari robotning o'z muhitida joylashuvini aniqlash va atrof-muhit xaritasini yaratishga asoslanadi. Ushbu jarayonlarda SLAM (Simultaneous localization and mapping) algoritmlari yetakchi rol o'ynaydi. SLAM texnologiyasi turli sensorlar, jumladan, LIDAR, RGB-D kameralar, IMU va GPS yordamida amalga oshiriladi. An'anaviy SLAM yondashuvlari orasida Gmapping, Hector SLAM, RTAB-Map va Cartographer kabi algoritmlar keng qo'llaniladi. Ushbu algoritmlar odometrik ma'lumotlar va vizual sensorlardan olingan ma'lumotlarni qayta ishlash orqali robotning harakatlanish traektoriyasini aniq belgilaydi va xaritalarni yaratadi. Biroq, har bir usulning o'ziga xos cheklovlari mavjud bo'lib, real sharoitda ularning samaradorligi turlicha bo'lishi mumkin. [2]

Avtonom navigatsiya esa harakatlanish rejasini tuzish va to'siqlardan qochish mexanizmlarini o'z ichiga oladi. Navigatsiya algoritmlaridan Dijkstra, va DWA* A va RRT (Rapidly-exploring random tree)* kabi klassik yondashuvlar keng foydalaniladi. Dijkstra algoritmi eng qisqa yo'lni topishda ishonchli natijalar bersa, A* algoritmi optimal va samarali yo'l rejalashtirish imkoniyatini yaratadi. RRT esa tasodifiy daraxt asosida yo'l rejalashtirishga mo'ljallangan bo'lib, real vaqt rejimida murakkab muhitlarda robot harakatini rejalashtirishda qo'llaniladi. Ushbu algoritmlarning ishlashi simulyatsiya muhiti orqali sinovdan o'tkazilib, ularning aniqligi va samaradorligi baholanadi.

Tadqiqotlarda real muhitni imitatsiya qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Simulyatsiya muhitlari ilmiy tadqiqotlar va amaliy testlar o'tkazish uchun qulay platformalar hisoblanadi. TheConstructSim platformasi bu borada ROS (Robot operating system) bilan ishlash uchun mo'ljallangan bo'lib, unda turli mobil robotlar bilan ishlash va ularning harakatlanishini sinash imkoniyati mavjud. Ushbu muhit Gazebo, RViz kabi vositalarni qo'llab-quvvatlaydi va real sharoitlarga yaqin modellar yaratish imkonini beradi. TheConstructSim yordamida avtonom mobil robotlarning turli navigatsiya va lokallashtirish algoritmlarini sinash orqali ularning real tizimlardagi samaradorligini baholash mumkin [1].

Ushbu tadqiqot doirasida TheConstructSim muhitida TurtleBot 3 va Jackal UGV mobil robotlaridan foydalanildi. Ushbu robotlar odatda ilmiy tadqiqotlarda, akademik muhitda va sanoat sharoitlarida test sinovlari uchun keng qo'llaniladi. Tadqiqot jarayonida SLAM algoritmlari asosida xaritalash, turli lokallashtirish usullari, GPS va IMU ma'lumotlarining integratsiyasi hamda navigatsiya algoritmlarining samaradorligi sinovdan o'tkazildi. Har bir algoritmnining aniqligi, ishlash tezligi va real vaqt rejimidagi samaradorligi tahlil qilindi [3].



Ushbu tadqiqotda lokallashtirish, kartografiyalash va navigatsiya jarayonlarini o'rganish, ularning amaliy tadbiqini simulyatsiya qilish hamda turli algoritmlarning qiyosiy tahlilini o'tkazish maqsad qilingan. Tadqiqot natijalari kelajakda avtonom transport vositalari, sanoat robotlari va aqlli logistika tizimlari uchun samarali boshqaruv mexanizmlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega bo'lishi kutilmoqda. TheConstructSim muhitida sinov o'tkazish robototexnika sohasida yangi yondashuvlarni kashf qilish imkonini beradi va real tizimlarga o'tishdan oldin eng samarali echimlarni tanlashga yordam beradi [7].

Nazariy asoslari

SLAM (Simultaneous localization and mapping) – bu avtonom robotlarning o'z muhitida harakatlanishi davomida lokallashtirish va kartografiyalashni bir vaqtda amalga oshirish jarayonidir. SLAM algoritmlari robotning atrof-muhitni tasvirlash, xarita yaratish va shu xaritada o'zining joylashuvini aniqlashiga imkon beradi. Bu jarayon odatda LIDAR, RGB-D kamera, IMU va odometriya kabi sensorlar yordamida amalga oshiriladi. SLAM robototexnika va sun'iy intellekt sohalarida keng qo'llanilib, avtonom avtomobillar, ombor robotlari, qishloq xo'jaligi texnikasi va hatto uchuvchi dronlar uchun ham qo'llaniladi.[4]

SLAM algoritmlarining samaradorligi uning aniqligi, ishlash tezligi va muhitdagi to'siqlarga moslashish qobiliyatiga bog'liq. Hozirgi vaqtda Gmapping va Hector SLAM eng ommalashgan SLAM algoritmlaridan bo'lib, ular 2D xaritalash va navigatsiya tizimlarida keng qo'llaniladi.

Gmapping – bu 2D SLAM algoritmi bo'lib, avtonom robotlarning muhitni xaritalash va o'z pozitsiyasini aniqlash jarayonida eng ko'p ishlatiladigan usullardan biridir. Ushbu algoritmi Monte Carlo Localization (MCL) va Rao-Blackwellized Particle Filter (RBPF) texnologiyalariga asoslangan. Gmapping asosan LIDAR va odometriya sensorlaridan foydalanib, grid-based (to'rli) xarita yaratadi.[5]

Gmapping SLAM tizimi robotning o'z muhitida harakatlanishi davomida sensorlardan olingan ma'lumotlarni qayta ishlaydi va real vaqt rejimida xarita hosil qiladi. Ushbu algoritmi odometriya ma'lumotlari va LIDAR skanerlaridan foydalanib, robot harakatini kuzatib boradi va xaritani aniqlik bilan yaratishga yordam beradi.[6]

Hector SLAM – bu 2D SLAM algoritmi bo'lib, uning eng katta ustunligi odometriyaga bog'liq bo'lmagan ishlash mexanizmi. Gmapping SLAM odometriya sensorlariga tayanadi, Hector SLAM esa faqat LIDAR sensorlaridan foydalangan holda xaritalashni amalga oshiradi. Ushbu algoritmi scan-matching (skanerlash bo'yicha moslashtirish) texnikasi yordamida robotning joylashuvini real vaqt rejimida hisoblaydi va odometriya xatolaridan xalos bo'ladi.[1]

Hector SLAM tez harakatlanuvchi yoki odometriyasi mavjud bo'lmagan robotlar uchun mo'ljallangan. U LIDAR sensorlari yordamida atrof-muhitning xaritasini yaratadi va harakatlanish davomida robotning joylashuvini yuqori aniqlik bilan kuzatib boradi. Bu algoritmi ayniqsa tez harakatlanuvchi dronlar, qidiruv-qutqaruv robotlari va real vaqt xaritalash tizimlari uchun juda mos keladi.[5]

Odometriya – bu harakatlanuvchi robot yoki transport vositasining joylashuvi va yo‘l bosib o‘tish masofasini hisoblash uchun ishlatiladigan texnika. Ushbu usul odatda g‘ildirak sensorlari (enkoderlar), IMU (inerisial o‘lchov birligi) va boshqa harakat o‘lchov tizimlari yordamida amalga oshiriladi.

1-jadval. Gmapping va Hector SLAM eng ommalashgan SLAM algoritmlari.

Xususiyatlar	Gmapping	Hector SLAM
Afzalliklari	- Oddiy va samarali 2D SLAM - ROS bilan to‘liq mos - Tezkor xaritalash imkoniyati - O‘rta va kichik muhitlar uchun mos	- Odometriyasiz ishlaydi - Yuqori aniqlikdagi xaritalash - Tezkor real vaqt ishlashi - Dronlar va tez harakatlanuvchi robotlar uchun mos
Kamchiliklari	- Odometriya xatolariga sezgir - Katta va murakkab muhitlarda aniq ishlamasligi mumkin - GPS bilan cheklangan ishlash	- IMU va LIDAR talab qiladi - Dinamik muhitlarda aniqligi pasayishi mumkin - GPS bilan ishlash qiyin
Qo‘llanilish sohalari	- Ichki muhit robotlari (ombor, ofis, uy robotlari) - Sanoat logistika tizimlari - ROS muhitida SLAM tadqiqotlari	- Dronlar va uchuvchi robotlar - Qutqaruv robotlari va xavfsizlik tizimlari - Ichki muhitda aniq xaritalash talablari

Navigatsiya – bu avtonom robot yoki transport vositasining muayyan maqsadga eng samarali va xavfsiz yo‘l bilan yetib borishini ta’minlash jarayoni. Navigatsiya algoritmlari robotning marshrutini rejalashtirish va to‘siqlardan qochish uchun ishlatiladi. Ushbu algoritmlar asosan graf nazariyasi va qidiruv strategiyalari asosida quriladi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan algoritmlar orasida Dijkstra va A* (A-Star) usullari mavjud.

Avtonom robotlar va transport vositalari uchun sensor integratsiyasi muhim rol o‘ynaydi. IMU (Inertial Measurement Unit), GPS (Global Positioning System) va LIDAR (Light Detection and Ranging) sensorlari birgalikda ishlatilganda, robotning joylashuvi aniqroq aniqlanadi, harakat traektoriyasi kuzatiladi va atrof-muhitning batafsil xaritasi yaratiladi. Ushbu integratsiya lokallashtirish, kartografiyalash va navigatsiya tizimlarida samarali qo‘llaniladi.

Amaliy ishlar va eksperimentlar

Avtonom mobil robotlarning **lokallashtirish va navigatsiya** algoritmlari real dunyo sharoitida aniq harakatlanish, yo‘l rejalashtirish va to‘siqlardan qochish imkoniyatini beradi. Ushbu tadqiqotda **TheConstructSim** muhitida ROS yordamida **TurtleBot 3** va **Jackal UGV robotlarida navigatsiya va SLAM algoritmlarining samaradorligi** sinovdan o‘tkaziladi. Eksperimentlar davomida *Dijkstra*, *A*, *RRT* va *DWA** algoritmlarining ishlash natijalari baholanadi, **lokallashtirish va xaritalash uchun Gmapping va Hector SLAM** tahlil qilinadi.

Lokallashtirish modeli (Bayes filtrlash) :

Robot o'z muhitida joylashuvini aniqlash uchun **Bayes filtri** asosida hisob-kitob qiladi:

$$p(x_t | z_{1:t}, u_{1:t}) = \eta p(z_t | x_t, m) \int p(x_t | x_{t-1}, u_t) p(x_{t-1} | z_{1:t-1}, u_{1:t-1}) dx_{t-1} \quad (1)$$

x_t – hozirgi joylashuvi, $z_{1:t}$ – sensor o'lchovlari, $u_{1:t}$ – robot harakati, m – xarita;

Yo'l rejalashtirish modeli:

A* algoritmi yo'lni rejalashtirish uchun quyidagi xarajat funksiyasidan foydalanadi:

$$F(n) = G(n) + H(n) \quad (2)$$

$G(n)$ – bosib o'tilgan yo'l uzunligi, $H(n)$ – maqsad tugungacha taxminiy yo'l uzunligi;

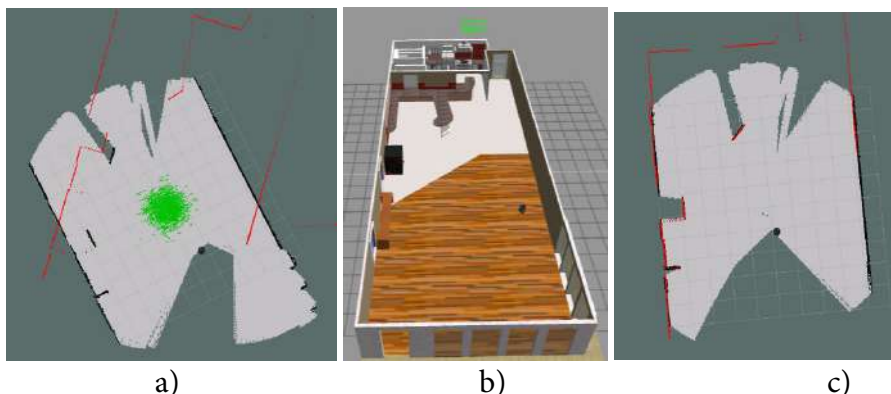
Harakat modeli:

Mobil robot differensial harakat tenglamalari orqali boshqariladi:

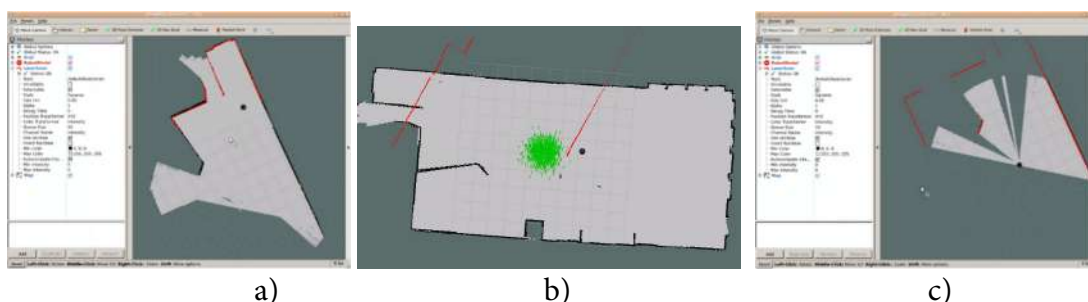
$$x = v \cos(\theta), y = v \sin(\theta), \theta = \frac{v_r - v_l}{L} \quad (3)$$

v_r, v_l – g'ildirak tezliklari, L – g'ildiraklar orasidagi masofa

Birinchi navbatda, robotning lokallashtirish modeli sifatida Bayes filtrlash yondashuvi qo'llanilgan. Tadqiqotda robot sensor o'lchovlari ($z_{(1:t)}$), avvalgi harakatlar ($u_{(1:t)}$) va atrof-muhit xaritasi (m) ma'lumotlariga asoslanib, hozirgi pozitsiyasini aniqlash uchun quyidagi formula (1) ishlatilgan. Ushbu model yordamida robotning aniq lokallashtirilishi ta'minlanadi, so'ngra bu natijalar Gmapping va Hector SLAM metodlari orqali xaritalash jarayoniga integratsiya qilinadi. Yo'l rejalashtirish bosqichida esa **A*** algoritmi qo'llanilib, optimal marshrutni aniqlashda quyidagi xarajat funksiyasi, ya'ni formula (2) asosiy rol o'ynaydi. Bu yerda $G(n)$ – robot tomonidan bosib o'tilgan yo'l uzunligi, $H(n)$ – maqsad tugungacha bo'lgan taxminiy yo'l uzunligi. Ushbu formuladan foydalanib, robot qisqa va samarali yo'lni tanlab, tez va optimal harakatlanishni ta'minlaydi. Robotning harakatini real vaqt rejimida boshqarish uchun esa differensial harakat tenglamalari asosida qurilgan harakat modeli qo'llaniladi. Bu model quyidagi formula (3) orqali ifodalanadi. Bu tenglamalarda v – umumiy tezlik, v_r va v_l – o'ng va chap g'ildiraklarning tezliklari, L esa g'ildiraklar orasidagi masofani bildiradi. Ushbu formulalar robotning harakat yo'nalishini va tezligini aniqlab, uning atrof-muhitga moslashuvchanligini oshiradi.



1-rasm. TheConstructSim muhitida Dijkstra va A* algoritmlarini qo'llashdan olingan natijalari



2-rasm. TheConstructSim muhitida RRT va DWA algoritmlarini qo'llashdan olingan natijalari.

Natija va Tahlil

TheConstructSim muhitida Dijkstra,A* ,RRT va DWA algoritmlari sinovdan o'tkazildi. Sinov natijalariga quydagicha:

2-jadval: Algoritmlarning hisoblash vaqti(s), yo'l uzunligi(m) va To'siqlardan qochish ko'rsatkichlari

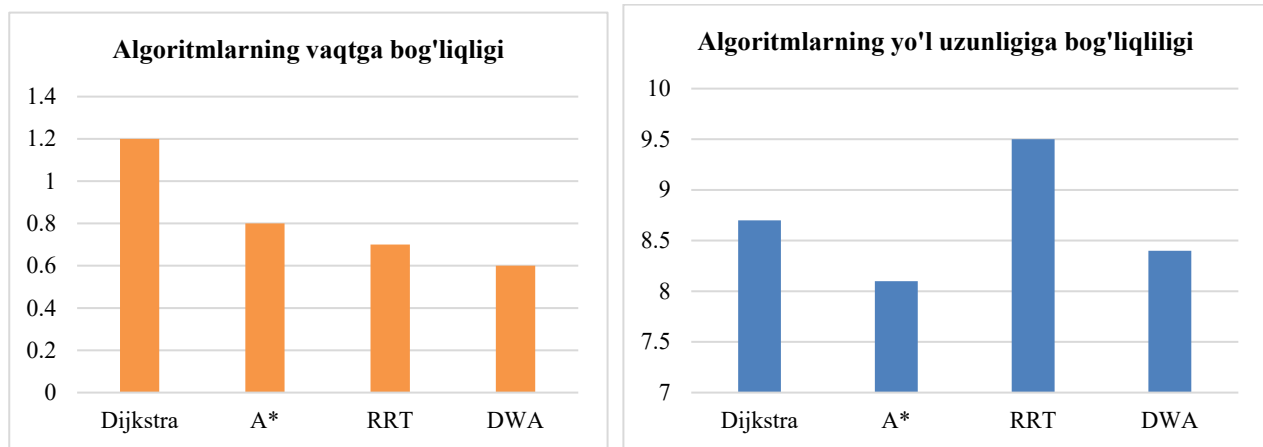
Algoritmlar	Hisoblash vaqti(s)	Yo'l usunligi(m)	To'siqlardan qochish
Dijkstra	1.2	8.7	Yaxshi
A*	0.8	8.1	O'rtacha
RRT	0.7	9.5	Juda yaxshi
DWA	0.6	8.4	Juda yaxshi

Hisoblash vaqti(s) – algoritmnning yo'lni rejalashtirish va hisoblash tezligi bo'yicha baholangan.

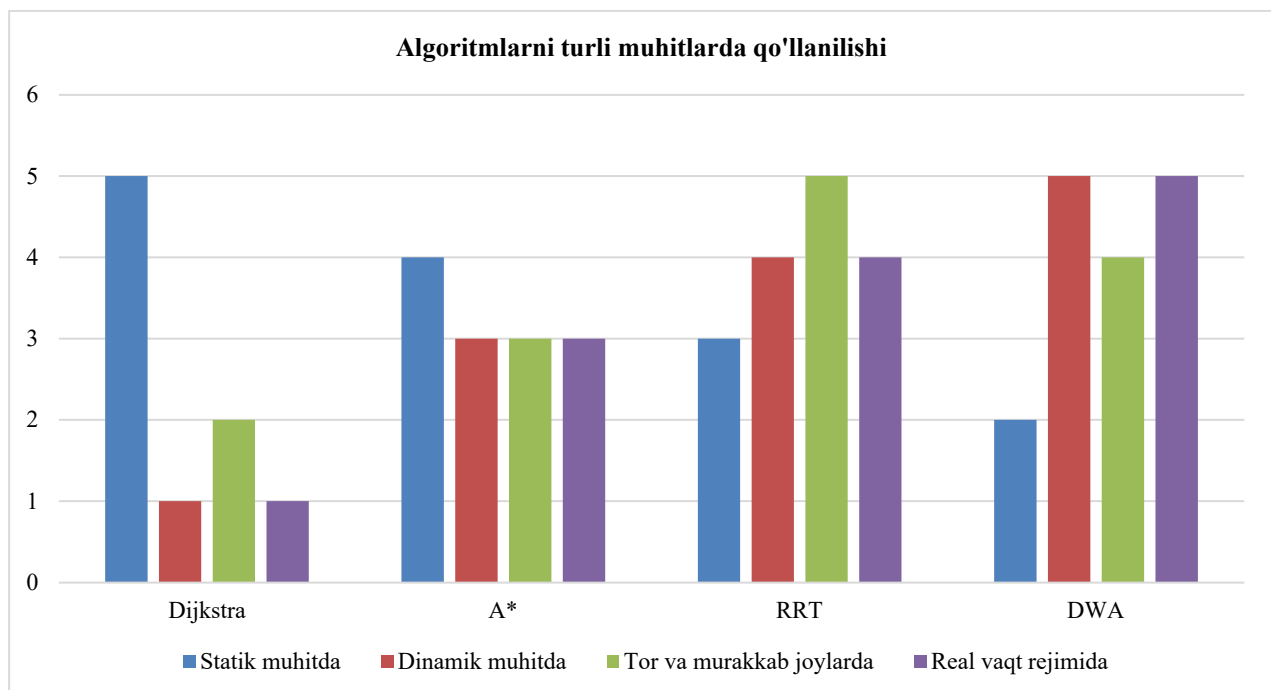
Yo'l usunligi(m)– har bir algoritmnning maqsad nuqtaga yetish uchun tanlagan yo'li uzunligiga asoslangan.

To'siqlardan qochish – bu avtonom mobil robot yoki transport vositasining oldindan belgilangan marshrut davomida harakatlanayotganda, dinamik yoki statik to'siqlarga urilishining

oldini olish uchun bajaradigan asosiy funksiyalardan biridir. Bu funksional real vaqtli navigatsiya, xavfsiz harakatlanish va samarali yo'l rejalashtirish uchun zarur.



3-rasm. Algoritmlarni vaqt va yo'l uzunligiga bog'liqligi



4-rasm: Algoritmlarni turli muhitlarda qo'llanilish ko'rsatkichlari

3-jadval. Algoritmlarni turli muhitlarda qo'llanilish samaradorligi ko'rsatkichlari

Muhitlar	Dijkstra	A*	RRT	DWA
<i>Statik muhitda</i>	5	4	3	2
<i>Dinamik muhitda</i>	1	3	4	5
<i>Tor va murakkab joylarda</i>	2	3	5	4
<i>Real vaqt rejimida</i>	1	3	4	5

Yuqoridagi 3-jadvalda 1-5 gacha bo'lgan sonlar algoritmining muayyan sharoitdagi samaradorligini ifodalaydi.

- 1 – juda past samaradorlik
- 2 – past samaradorlik
- 3 – o'rtacha samaradorlik
- 4 – yaxshi samaradorlik
- 5 – eng yaxshi samaradorlik

Dijkstra eng qisqa yo'lni aniqlashda mukammal bo'lsa-da, u barcha tugunlarni tekshirishi sababli katta va murakkab muhitlarda sekin ishladi. Bu usul statik xaritalar uchun juda ishonchli, ammo real vaqt sharoitlarida kam samarali bo'lishini tadqiqotda kuzatdik(1.a-rasm).

A* Dijkstra algoritmgiga nisbatan tezroq ishladi, chunki u heuristik funksiya orqali kerakli yo'nalishni aniqlab, qidiruv maydonini qisqartirdi. Biroq, uning samaradorligi tanlangan heuristika sifatiga va hisoblash resurslariga bog'liq bo'lib, optimal yechim topishda ba'zi cheklolarga (1.c-rasm) duch kelganini kuzatdik.

RRT (Rapidly-exploring random tree) algoritmi tor joylarda va murakkab atrof-muhitlarda juda moslashuvchan. U tasodifiy tarzda qidiruvni amalga oshiradi, shuning uchun ba'zida optimal emas, uzoq yoki murakkab yo'llarni tanlashini kuzatdik. Biroq, yuqori o'lchamli konfiguratsiya bo'shlig'ida tez yechim topishda ustunlikka ega ekanligini ko'rsatdi(2.a-rasm).

DWA (Dynamic window approach) real vaqt rejimida samarali ishlaydi, chunki u doimiy ravishda atrof-muhitni kuzatib, to'siqlardan qochish uchun optimal manevralarni hisoblaydi(2.b-rasm). U lokal navigatsiyada yuqori tezlik va aniqlikka erishsa-da, global optimal yechim topishda cheklangan bo'lishi mumkin. (2.c-rasm).

Xulosa

Ushbu tadqiqotda TheConstructSim muhitida ROS yordamida avtonom mobil robotlarning lokallashtirish va kartografiyalash asosida navigatsiya algoritmlari tahlil qilindi. Dijkstra, A*, RRT va DWA algoritmlarining yo'l rejalashtirish, to'siqlardan qochish va real vaqt rejimidagi ishlash samaradorligi baholandi(1-jadval). Natijalar shuni ko'rsatdiki, Dijkstra algoritmi eng qisqa yo'lni topishda samarali, ammo hisoblash vaqti uzoq bo'lishi sababli real vaqt tizimlari uchun mos emas. A* algoritmi tezroq ishlaydi va dinamik muhitlarga moslasha oladi(2-jadval). RRT tor va murakkab hududlar uchun mos, lekin samaradorligi past. DWA esa real vaqt rejimida eng mos variant bo'lib, dinamik muhitlarda samarali natija beradi(3-jadval). Bundan tashqari, SLAM algoritmlarining (Gmapping, Hector SLAM, RTAB-Map, Cartographer) lokallashtirish va kartografiyalash jarayonlarida ishlashi sinovdan o'tkazildi. Gmapping va Hector SLAM yopiq muhitlarda samarali, Cartographer va RTAB-Map esa katta va dinamik muhitlarda aniq xarita hosil qiladi.

Tadqiqot natijalari turli navigatsiya algoritmlarining samaradorligi muhit sharoitlariga bog'liqligini ko'rsatdi. Kelajakda reinforcement learning va GPS integratsiyasi orqali navigatsiyani takomillashtirish istiqbollari ko'rilmogda.



Adabiyotlar

1. ROS based SLAM implementation for Autonomous navigation using Turtlebot Sumegh Pramod Thale, Mihir Mangesh Prabhu, Pranjali Vinod Thakur and Pratik Kadam Published online: 29 July 2020
2. Norqo'ziyev, Q. (2023). MOBIL ROBOTLAR UCHUN YO'LNI REJALASHTIRISH ALGORITMI. Research and implementation.
3. Buriboev, A., Kang, H. K., Lee, J. D., Oh, R., & Jeon, H. S. (2022). Rmap+: Autonomous Path Planning for Exploration of Mobile Robot Based on Inner Pair of Outer Frontiers. KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS), 16(10), 3373-3389..
4. Норкозиёв, К., & Тоджиев, А. (2023). Использование искусственных нейронных сетей при разработке алгоритма поиска оптимального пути мобильных роботов в динамических средах. Информатика и инженерные технологии, 1(1), 25–29. извлечено от <https://inlibrary.uz/index.php/computer-engineering/article/view/25025>
5. Norqo'ziyev, Q., Aynakulov, T., Mahkamov, S., & Sodiqov, D. (2024). Implementing mobile robot walking path control and tracking in c# windows form application. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 95-99.
6. Norqo'ziyev Quvonchbek Komiljon o'g'li, Irgasheva Umida Abdimal qizi, Aynaqulov Tohir Turg'un o'gli, & Sodiqova Zilola Yahyoqul qizi. (2024). A fast and optimal wayfinding algorithm using information from lidar sensors in the environment. Лучшие интеллектуальные исследования, 19(3), 157–163. Retrieved from <https://web-journal.ru/journal/article/view/5209>
7. Norqo'ziyev Quvonchbek Komiljon o'g'li, Tojiyev Alisher Hasan o'g'li, Sodiqov Diyorbek Sodiq o'g'li, & Sodiqova Zilola Yahyoqul qizi. (2024). Ai wayfinding algorithm of a mobile robot. Лучшие интеллектуальные исследования, 19(3), 150–156. Retrieved from <https://web-journal.ru/journal/article/view/5208>
8. Yamauchi, B.: A frontier-based approach for autonomous exploration, cira. Paper presented at the Proceedings of the 1997 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA'97), Monterey, CA, 10–11 July 1997
9. Buriboev, A., Choi, A. J., & Jeon, H. S. (2024). Optimized Frontier-Based Path Planning Using the TAD Algorithm for Efficient Autonomous Exploration. Electronics, 14(1), 74.
10. Uslu, E., Çakmak, F., Balçılar, M., Akıncı, A., Amasyalı, M. F., & Yavuz, S. (2015, September). Implementation of frontier-based exploration algorithm for an autonomous robot. In 2015 International Symposium on Innovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA) (pp. 1-7). IEEE.
11. Drenth, R. (2023). Investigation of Frontier and Rapidly-Exploring Random Tree Based Robot Exploration Algorithms and Implementation of Multi Robot Exploration (Doctoral dissertation).
12. Sariff, N., & Buniyamin, N. (2006, June). An overview of autonomous mobile robot path planning algorithms. In 2006 4th student conference on research and development (pp. 183-188). IEEE.
13. Hachour, O. (2008). Path planning of Autonomous Mobile robot. International journal of systems applications, engineering & development, 2(4), 178-190.
14. Sánchez-Ibáñez, J. R., Pérez-del-Pulgar, C. J., & García-Cerezo, A. (2021). Path planning for autonomous mobile robots: A review. Sensors, 21(23), 7898.



Mualliflar

Muhsinjon O'ktamov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, "University of management and future technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston; muhsinbek@umft.uz

Sirojiddin Saydullayev

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

Muhriddin Muxiddinov

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

Ma'sul: mmuhriddinm@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

CHUQUR O'QITISH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA KO'ZI OJIZ VA ZAIF KO'RUVCHILAR HARAKATCHANLIGI VA MUSTAQILLIGINI OSHIRISH

Annotatsiya: Ushbu maqolada ko'zi ojiz va zaif ko'ruvchi foydalanuvchilar uchun aqlli ko'zoynaklar texnologiyasini yaratish va qo'llash masalalari chuqur tahlil qilingan. Ilgari o'tkazilgan tadqiqotlar va ilmiy ishlanmalar tahlili asosida aqlli ko'zoynaklarning asosiy komponentlari – kameralar, sensorlar, chuqur o'qitish algoritmlari va ovozli interfeyslar – hamda ularning foydalanuvchilarga ta'siri yoritib beriladi. Chuqur o'qitish (deep learning) texnologiyalarining, jumladan konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va YOLO kabi obyekt aniqlash algoritmlarining ushbu sohadagi o'rni ilmiy jihatdan ko'rib chiqiladi. Shuningdek, aqlli ko'zoynaklarning real vaqt rejimidagi ishlashini ta'minlash uchun qo'llanilgan usullar, eksperimental sinovlar va foydalanuvchilar tajribasi natijalari keltiriladi. Aqlli ko'zoynaklarning jamiyatga ta'siri, afzallik va cheklovlari muhokama qilinib, kelgusida yanada rivojlantirish yo'nalishlari haqida xulosalar beriladi. Maqola davomida keltirilgan faktlar tegishli ilmiy manbalar bilan tasdiqlanadi.

Kalit so'zlar: chuqur o'qitish texnologiyalari, real vaqt rejimi, aqlli ko'zoynak, ko'zi ojiz foydalanuvchi, obyektlarni aniqlash, ovozli interfeys, foydalanuvchi tajribasi.



Kirish

Dunyo miqyosida ko'rish qobiliyatining pasayishi yoki yo'qolishi jiddiy ijtimoiy muammo bo'lib qolmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining 2020 yilgi ma'lumotlariga ko'ra, dunyoda kamida 2,2 milliard kishi turli darajadagi ko'rish qobiliyati buzilishidan aziyat chekadi, shulardan 1 milliard holatning oldini olish yoki davolash mumkin bo'lgan edi [1].

To'liq ko'zi ojizlar soni taxminan 36–39 million nafarni, past ko'rish qobiliyatiga ega insonlar esa 240 million atrofida ekanligi qayd etilgan. Ko'rish qobiliyatidan mahrum bo'lish insonlarning mustaqil harakatlanishi, atrof-muhitni idrok etishi va kundalik hayot sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bois, ko'zi ojiz va zaif ko'ruvchi insonlarning harakatchanligini ta'minlash, ularga atrof-muhit haqida real vaqt rejimida axborot berish uchun turli yordamchi vositalar va texnologiyalar rivojlantirilib kelinmoqda [2].

Hozirgi kunda ko'zi ojizlarga yordam berish uchun mavjud eng oddiy vositalardan biri oq tayoq bo'lib, u yordamida inson yo'lidagi jismoniy to'siqlarni sezishi mumkin. Shuningdek, maxsus yo'riqchi itlar tayyorlanib, ko'zi ojiz insonga yo'l-yo'riq ko'rsatishda yordam beradi. Biroq, an'anaviy oq tayoq uzoq masofadagi yoki yer sathidan baland joylashgan to'siqlar haqida ogohlantira olmaydi, gavjum va notanish muhitda samarasiz bo'lishi mumkin. Yo'riqchi itlarni tayyorlash esa juda qimmat va ular doimiy parvarish hamda e'tiborni talab qiladi. So'nggi yillarda ko'rlarga yordam beruvchi mobil smartfon ilovalari (masalan, ovozli yordamchilar, navigatsiya xizmatlari) ham paydo bo'ldi, ammo ularni o'zlashtirish va to'liq foydalanish darajasi hanuz pastligicha qolmoqda.

Zamonaviy axborot texnologiyalari va sun'iy intellektning rivojlanishi natijasida ko'zi ojiz kishilarning mustaqil harakatlanishi uchun kompyuter ko'ruvi va sun'iy intellekt asosidagi yangi yechimlar paydo bo'ldi. Ulardan biri – aqlli ko'zoynaklar – foydalanuvchi ko'zoynak shaklidagi gadjetni taqib yurib, atrofdagi muhitni kamera va sensorlar yordamida “ko'rishi” va olinayotgan ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilib, foydalanuvchiga ovozli ma'lumot tarzida yetkazib berishidir. Aqlli ko'zoynaklar ko'rish qobiliyati cheklangan insonlarga individual ravishda yo'l topishda, harakatlanishda hamda ijtimoiy muloqot va xavfsizlikda ko'mak beradigan salohiyatli vosita sifatida ko'rilmogda [3, 4].

Kiyiladigan yordamchi qurilmalar ichida ayniqsa ko'zoynak shaklidagi tizimlar ko'zi ojizlar uchun eng qulay va istiqbolli deb topilmoqda. Google kompaniyasining 2013 yilda taqdim etgan Google Glass qurilmasidan so'ng deyarli 10 yil ichida Epson, Sony, Microsoft, Envision, eSight, NuEyes, Oxsight va OrCam kabi ko'plab kompaniyalar turli funksionallikka ega aqlli ko'zoynaklarni ishlab chiqarishni yo'lga qo'ydi. Hozirgi mavjud aqlli ko'zoynaklarning aksariyati kichik o'rnatilgan kamera, maxsus protsessor yoki mini-kompyuter, Wi-Fi/Bluetooth orqali internet yoki smartfon bilan bog'lanish kabi komponentlarga ega bo'lib, foydalanuvchiga atrofdagi muhit haqida real vaqt ma'lumot uzatishni ta'minlaydi. Ulardan ba'zilar maxsus displey yoki shaffof linzalar orqali vizual axborot chiqarsa-da, ko'zi ojiz foydalanuvchilar uchun odatda ovozli interfeys asosiy chiqish usuli hisoblanadi – foydalanuvchi ovozli buyruqlar berishi va qurilma esa o'z navbatida tashqi muhit haqidagi ma'lumotni ovoz orqali etkazishi mumkin. Bunday qurilmalarda qo'shimcha qulaylik uchun teginish sensorlari, tugmalar yoki hatto imo-ishoralarni tanib olish kabi usullar ham interfeys sifatida qo'llanishi mumkin.

Ilmiy izlanishlar natijasida ko'plab eksperimental aqlli ko'zoynak prototiplari taklif etilgan. Masalan, Daescu va boshqalar aqlli ko'zoynakka server asosidagi yuzni tanib olish tizimini ulanib, asosiy og'ir hisoblash ishlarini ko'zoynakdan tashqarida bajarish orqali qurilmaning energiya sarfi va kechikishini kamaytirishga erishganlar. Joshi va boshqalar esa chuqur o'qitish yordamida turli obyektlarni tanib beruvchi ko'zoynakka masofa o'lchovchi datchik qo'shib, foydalanuvchining harakat yo'nalishidagi to'siqlar va xatarlarni ham aniqlay oladigan yordamchi qurilmani yaratganlar. Shuningdek, turli yordamchi texnologiyalar xususiyatlarini tahlil qiluvchi tadqiqotlar ham olib borilmoqda. Xususan, Hu va hammualliflar turli kiyiladigan qurilmalarni – ko'zoynak, tayoq, qo'lqop, shlyapa va boshqalar – ularning tuzilishi, funksiyasi, prinsipial ishlash usuli va qo'llanilish konteksti nuqtai nazaridan o'rganib chiqib, 14 ta ilmiy prototip va bozorda mavjud 6 ta aqlli ko'zoynak yechimini tahlil qilganlar. Ushbu tahlil shuni ko'rsatdiki, hozirgi aksariyat yordamchi qurilmalar sensorlar va foydalanuvchiga axborot yetkazish usullarining cheklanganligi tufayli faqat ma'lum chegaralangan sharoitdagina samarali ishlay oladi. Demak, aqlli ko'zoynak texnologiyasining to'laqonli foydasini ko'rish uchun ularning imkoniyatlarini kengaytirish, yangi sensorlar va usullarni qo'shish hamda turli muhitlarda sinab ko'rish zarur bo'ladi [5].

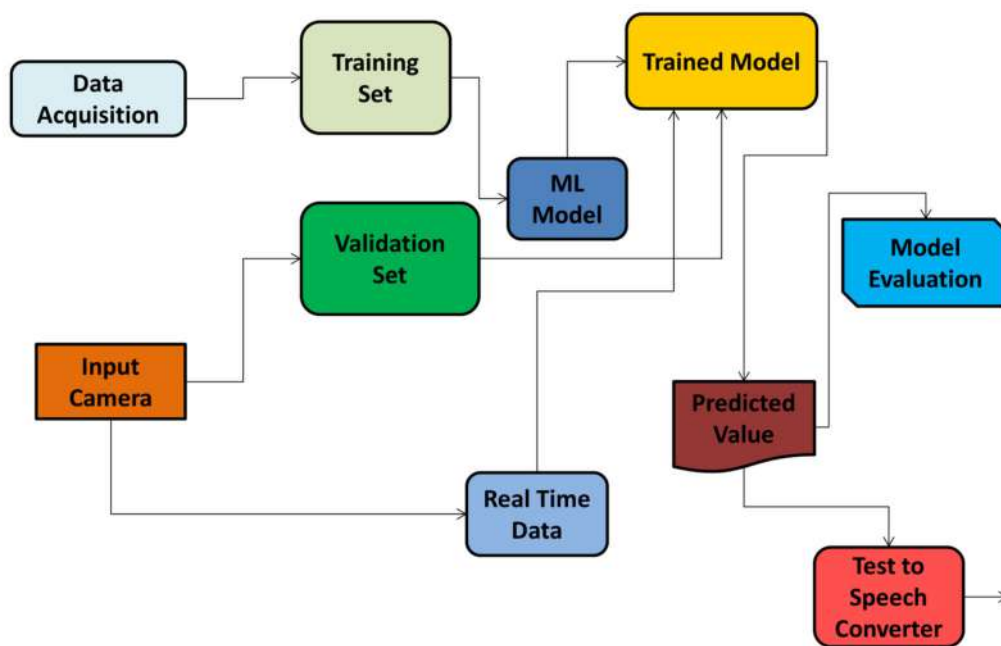
Ushbu maqolada biz aynan ko'zi ojiz va zaif ko'ruvchilar uchun mo'ljallangan aqlli ko'zoynaklar tizimini ilmiy asosda ko'rib chiqamiz. Bunda, avvalo, so'nggi yillarda rivoj topgan chuqur o'qitish algoritmlarining rolini tahlil qilamiz. Shuningdek, aqlli ko'zoynaklarning asosiy funksiyalari va komponentlarini – obyektlarni aniqlash, navigatsiya, ovozli interfeys va h.k. – batafsil yoritamiz. Qurilmaning dasturiy-apparat arxitekturasini va amalga oshirilgan tadqiqot metodlari bayon etilib, olingan eksperimental natijalar keltiriladi. Natijalarga asoslanib, bunday tizimlarning foydalanuvchi hayotiga ta'siri, afzalliklari va mavjud cheklovlari muhokama qilinadi hamda kelgusida texnologiyani yanada takomillashtirish yo'nalishlari bo'yicha takliflar beriladi.

Materillar va usullar

Chuqur o'qitish texnologiyalarining roli

Aqlli ko'zoynaklarning samarali ishlashi zahirida zamonaviy chuqur o'qitish (deep learning) algoritmlari yotadi. Xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (Convolutional Neural Networks, CNN) hozirgi kunda tasvirlarni tanib olish va tahlil qilishda asosiy vositaga aylangan. CNN'lar kiruvchi tasvirlardan turli darajadagi xususiyatlarni (chekka chiziqlar, shakllar, obyektlar) avtomatik ravishda ajratib olib, ularni tanish imkonini beradi. 2012 yilda Krizhevsky va boshqalar taklif etgan AlexNet arxitekturasini ImageNet kabi yirik ma'lumotlar to'plamidagi tasvirlarni yuqori aniqlikda toifalashga erishib, bu sohada inqilob yasagan edi. AlexNet misolida ilk bor katta chuqurlikka ega CNN modeli grafik protsessorlar yordamida samarali o'qitilib, an'anaviy usullar bilan erishib bo'lmaydigan darajadagi natijalar qo'lga kiritildi. Keyingi tadqiqotlar natijasida yanada chuqur va murakkab arxitekturalar – masalan, VGG-16 konvolyutsion tarmog'i va ResNet-50 kabi rezidual tarmoqlar – taklif qilindi. VGG modelida qatlamlar soni oshirib borilib, tasvir xususiyatlarini juda chuqur darajada o'rganish imkoniyati ko'rsatib berilgan bo'lsa, He va hammualliflar tomonidan taklif etilgan ResNet arxitekturasini chuqur tarmoqlarda o'qitish jarayonini osonlashtiruvchi rezidual bog'lanishlar orqali yanada yuqori natijalarga erishdi. Chuqur o'qitish algoritmlarining bunday muvaffaqiyati ortida ulkan hajmdagi ma'lumotlar ustida o'qitish imkonini yotadi – masalan, ImageNet

musobaqasi va ma'lumotlar bazasi tasvirlarni avtomatik tanish sohasini jadal rivojlantirishga turtki bo'ldi [6, 7].



1-rasm. Chuqur o'qitish texnologiyalarini o'qitish bosqichlari.

Chuqur o'qitishdan avval, kompyuter ko'ruvida obyektlarni aniqlash uchun SIFT va SURF kabi qo'lda tuzilgan xususiyatlar va klassik tasvirni qayta ishlash usullari qo'llanilar edi. Bunda tasvirdan esdalikka molik burchaklar yoki tekstura elementlari ajratilib, keyin ularni ma'lumotlar bazasidagi andozalar bilan solishtirish orqali tanib olinardi. Biroq bunday yondashuvlar yoritilish, rakurs va shovqin kabi omillarga juda sezgir bo'lib, umumiy holatga moslashuvchanligi cheklangan edi. Chuqur neyron tarmoqlar esa millionlab turli tasvirlar ustida o'qitilganda, obyektlarning turli ko'rinishlari bo'yicha kuchli umumlashmaga ega modelni hosil qila oladi. Shu sababli bugungi kunda CNN va shunga o'xshash chuqur o'qitish texnikalari klassik usullar o'rnini tobora keng egallamoqda.

Obyektlarni aniqlash (detection) va tasniflash (classification) vazifalarini bir paytning o'zida hal qiluvchi ilg'or algoritmlar ham aqlli ko'zoynaklar tizimida katta ahamiyatga ega. Bunday algoritmlardan eng mashhurlaridan biri – YOLO (You Only Look Once) bo'lib, u tasvirni to'liq bir marta tahlil qiliboq undagi obyektlarni joylashuvi va turini aniqlab beradi. YOLO arxitekturasini bir bosqichli (one-stage) obyekt aniqlash usulini taklif qilib, an'anaviy ikk bosqichli R-CNN oilasidagi modellarga nisbatan ancha tezkor ishlashga erishadi. YOLO modelining asosiy ustunligi – real vaqt rejimida ishlay olishi: masalan, so'nggi versiyalardan biri YOLOv5 taxminan 60 FPS (tasvir/kadr soniyasi) tezlikda ishlashi ko'rsatilgan bo'lib, bu tezlik ko'rish qobiliyati cheklangan foydalanuvchi uchun videodan uzluksiz ma'lumot berish imkonini yaratadi. YOLO algoritmi birlahzada butun tasvirga neyron tarmoq qo'llab, tarmoqning chiqishida obyektlarning koordinatalari va sinf etiketkalari hosil bo'ladi – bu esa hisoblash resurslaridan samarali foydalanish va yuqori tezlikka erishishga yordam beradi. YOLOning 2016 yilda taqdim etilgan takomillashtirilgan talqinlari (YOLOv2, YOLO9000) va undan keyingi versiyalari aniqlikni pasaytirmagan holda modelning tezligini oshirishga qaratilgan bo'lib, ularning natijalari ilmiy jamoatchilikka ma'lum. Masalan, Bochkovskiy va boshqalar tomonidan taklif etilgan YOLOv4 modeli obyekt aniqlashda aniqlik va

tezlik bo'yicha optimal muvozanatga erishgan holda, ko'plab real vaqt ilovalarida qo'llanilmoqda [8].

CNN va YOLO aslida bir-birini to'ldiruvchi texnologiyalar sifatida qaralishi mumkin. CNN lar detallashtirilgan segmentatsiya yoki aniqlik talab qilinadigan murakkab tasvir tahlili vazifalarida samarali bo'lsa (masalan, tasvirni piksel darajasida segmentatsiya qilish uchun DeepLab kabi arxitekturalar ishlatiladi), YOLO kabi bir bosqichli detektorlar tezkor javob talab qilinadigan holatlarda juda qo'l keladi. Aqlli ko'zoynak tizimida ushbu ikki yondashuvni birlashtirish orqali har ikki jabhada – aniqlik va tezlikda – yuqori ko'rsatkichga erishish mumkin. Misol uchun, dastlab OverFeat modeli birinchi bor neyron tarmoq yordamida tasvirni tanish va undagi obyekt joylashuvini aniqlash vazifalarini birlashtirgan edi. Bugungi kunda esa YOLO kabi modelni foydalanuvchi atrofidagi obyektlarni tezkor topish uchun ishlatib, qo'shimcha ravishda aniqlangan hududlarda chuqurroq tahlil (masalan, matnni o'qish yoki mayda detallarni ajratish) uchun boshqa maxsus CNN modelini qo'llash mumkin [9].

Chuqur o'qitish sohasidagi eng yangi yondashuvlardan biri bu transformer arxitekturalarining kompyuter ko'ruvida qo'llanilishidir. Transformerlar avvaliga tabiiy tilni qayta ishlashda muvaffaqiyat qozongan bo'lsa-da, 2020 yilda Dosovitskiy va boshqalar taklif etgan Vision Transformer (ViT) modeli tasvirni kichik patchlarga ajratib, ularni so'zlar kabi o'qitish orqali yuqori aniqlik ko'rsatkichlariga erishdi. Transformer asosidagi DETR modeli esa obyekt aniqlash muammosiga e'tibor mexanizmini tatbiq etib, an'anaviy detektorlar bilan solishtiriladigan natijalarga erishdi. Shu bilan birga, hozircha bunday transformer modellarini ixcham ko'zoynak qurilmalarida ishlatish qiyin – ularning hisoblash talabchanligi yuqori. Shunday bo'lsa-da, kelajakda apparat vositalarining rivojlanishi bilan transformer yondashuvlari ham aqlli ko'zoynaklarda qo'llanilishi kutilmoqda.

Umuman olganda, chuqur o'qitish texnologiyalari aqlli ko'zoynaklarning “miyasini” tashkil etadi. Kuchli algoritmlar yordamida bu qurilmalar foydalanuvchiga muhit to'g'risida batafsil va tezkor axborot bera oladi. Quyida aqlli ko'zoynaklarning ana shu axborotni qay tarzda shakllantirishi – ya'ni, qaysi asosiy funksional imkoniyatlar orqali foydalanuvchiga yordam berishi – ko'rib chiqiladi.

Aqlli ko'zoynaklarning asosiy funksiyalari

Aqlli ko'zoynaklar odatda bir nechta muhim funksional komponentlardan tashkil topadi. Quyida shunday asosiy vazifalar va ularning texnologik yechimi bayon etiladi:

1. Real vaqt rejimida obyektlarni aniqlash. Aqlli ko'zoynakning eng asosiy vazifalaridan biri – foydalanuvchi atrofidagi obyektlar, odamlar, va potensial to'siqlarni avtomatik aniqlashdir. Buning uchun yuqorida ta'kidlanganidek, CNN va YOLO kabi chuqur o'qitish modellari qo'llaniladi. Masalan, ko'zoynakdagi kamera orqali olingan tasvirlardan bir lahzada yaqin atrofda qanday obyektlar borligi (stol, eshik, avtomobil va h.k.) aniqlanadi va ularning joylashuvi belgilab olinadi. YOLO, Faster R-CNN kabi ilg'or algoritmlar aniqlik va tezlikni muvozanatlagan holda obyektlarni belgilash imkonini beradi. Natijada foydalanuvchi ko'zi oldida turli obyektlar borligi haqida tezkor ogohlantirish oladi. Masalan, tizim “oldingizda to'siq bor – chap tomonga o'ting” kabi axborot berishi mumkin [10].

2. Navigatsiya va lokalizatsiya. Foydalanuvchining fazoviy orientatsiyasini ta'minlash ham juda muhimdir. Buning uchun aqlli ko'zoynaklar tarkibiga GPS moduli yoki atrofni LiDAR (yorug'lik



radar) yoki ultratovush sensorlari yordamida skanerlaydigan qismlar qo'shilishi mumkin. GPS global miqyosda joylashuvni aniqlasa, masalan, ultratovushli datchik oldindagi to'siqqacha bo'lgan masofani aniqlashi mumkin. Ba'zi tizimlarda stereo kamera yoki chuqurlik datchiklari (masalan, Intel RealSense kabi qurilmalar [3]) yordamida atrofning uch o'lchamli modeli olinadi va shu orqali foydalanuvchining bo'sh joydan o'tish imkoniyati baholanadi. Lokalizatsiya texnologiyalari foydalanuvchiga o'z joylashuvini aniqlash va ma'lum manzilga yo'l topishda mustaqillik beradi. Ayniqsa notanish yoki murakkab sharoitlarda (masalan, gavjum shahar ko'chalari, jamoat transporti) bu funksiyalar nihoyatda muhimdir – ular orqali ko'zoynak foydalanuvchini xavfsiz marshrut bo'ylab yo'naltirishi mumkin [11].

3. Ovozli interfeys va foydalanuvchi aloqa. Ko'zi ojiz foydalanuvchilar uchun aqlli ko'zoynaklardan chiqadigan axborotni yetkazishning eng qulay usuli – ovozli xabarlaridir. Shu sababli bunday tizimlarda kuchli ovozli interfeys mavjud bo'ladi. Ko'zoynak ichiga o'rnatilgan karnay (dinamik) yoki Bluetooth orqali ulanadigan quloqchin yordamida tizim aniqlangan obyektlar va hodisalarni foydalanuvchiga nutq orqali aytib beradi. Masalan, kamerada matn payqalgan bo'lsa, tizim shu matnni baland ovozda o'qib eshittiradi; tanish odamning yuzi aniqlansa, foydalanuvchiga uning ismini aytadi. Buning uchun obyekt va matnlarni matnga aylantirish (OCR) va matndan nutqga (Text-To-Speech, TTS) algoritmlari integratsiya qilinadi. Masalan, Google'ning WaveNet modeli kabi ilg'or TTS texnologiyalari inson ovoziga yaqinlashgan tabiiy nutq hosil qila oladi [4]. Ovozli interfeys ikki tomonlama bo'lishi ham mumkin: foydalanuvchi ham qurilmaga ovoz orqali buyruqlar berishi (masalan, “yonimda kim bor?” deb so'rashi) mumkin va tizim buni nutqni taniy oluvchi modul orqali tushunib, javob qaytaradi. Bunday yondashuv qo'lning bo'sh bo'lishini ta'minlab, foydalanuvchi uchun yanada qulay tajriba yaratadi. Ovozli aloqa bilan birga ayrim qurilmalarda vibratsiya yoki boshqa jismoniy signal yordamida ham ogohlantirish berilishi mumkin – masalan, to'siq juda yaqinlashganda ko'zoynak tutqichi titrab, xavfni bildiradi [12].

4. Amaliy misollar va dasturiy ilovalar. Aqlli ko'zoynaklarning yuqoridagi funksiyalari amaliyotda allaqachon o'z tasdig'ini topmoqda. Masalan, Microsoft kompaniyasining mobil ilovalari – Seeing AI va SoundScape – smartfon kamerasi yordamida atrofdagi matn, obyekt va odamlarni taniy oladi va foydalanuvchiga ovozli tarzda tasvirlab beradi. Bu ilovalar aqlli ko'zoynak konsepsiyasini telefon platformasida amalga oshirib, foydalanuvchilarga mustaqil harakatlanishda yordam berayotganini ko'rish mumkin. Xuddi shuningdek, maxsus apparatlar ham mavjud: masalan, OrCam MyEye – oddiy ko'zoynakka biriktiriladigan kichik kamera qurilmasi bo'lib, u qarshidagi matnlarni o'qib beradi, odamlarning yuzini taniydi va foydalanuvchiga ovoz orqali xabar qiladi. Envision Glasses qurilmasi esa shunga o'xshash tarzda atrofni kamerasi bilan skanerlab, sun'iy intellekt yordamida turli obyektlar va matnlarni tanib, foydalanuvchiga audio axborot uzatadi. Yana bir misol, EyeSynth deb nomlangan tizim kameradan olingan tasvirni real vaqt rejimida audio (ovoz) shaklga konvertatsiya qilib, foydalanuvchiga eshittiradi – bunda har bir obyekt yoki masofa turli xil tovush ohanglari bilan ifodalanadi. Bunday yondashuv ko'rish o'rniga eshitish orqali “ko'rish” tajribasini yaratadi [13, 14]. Ilgariroq, 2013 yilda chiqarilgan Google Glass ham ko'zoynak asosidagi platforma bo'lib, unda foydalanuvchi ko'z o'ngidagi displey orqali ma'lumot olishi nazarda tutilgan edi; keyinchalik ushbu platforma imkoniyatlari ko'zi ojizlar uchun moslash tirildi. Shu tariqa, bugungi kunda aqlli ko'zoynak konsepsiyasining turli amalga oshirish shakllari mavjud va ularning barchasi yuqorida sanab o'tilgan funksiyalarning birortasiga tayanadi yoki ularning kombinatsiyasidan

foydalanadi.

1-jadval. Tasvirdagi ob'ektlarni aniqlashning turli modellarini qiyosiy tahlili.

Model	Aniqlik (mAP)	Tezlik (FPS)
YOLOv5	56.0%	60
YOLOv7	56.8%	70
YOLOv8	62.0%	55
Faster R-CNN	42.5%	25
SSD	50.0%	80

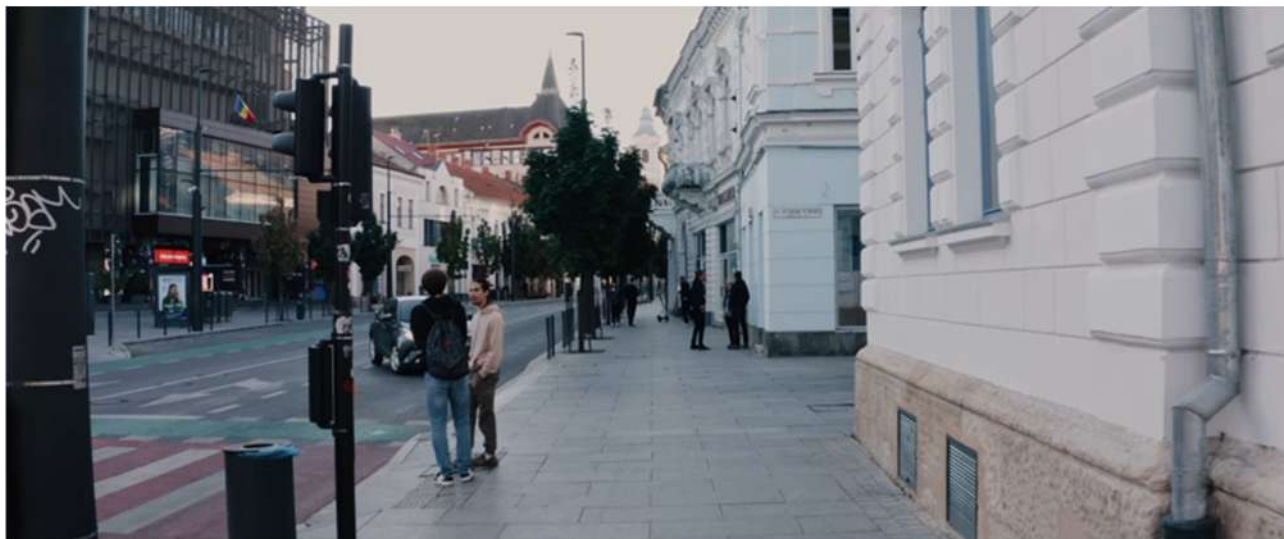
Yuqorida ko'rib o'tilgan funksiyalarni amalga oshirish uchun turli algoritmlar integratsiyasi va muhandislik yechimlari talab etiladi. Quyida biz yaratilgan aqlli ko'zoynak tizimining texnik arxitekturasini va tadqiqot metodlariga to'xtalamiz

Tadqiqot metodologiyasi va algoritmlarni integratsiya qilish

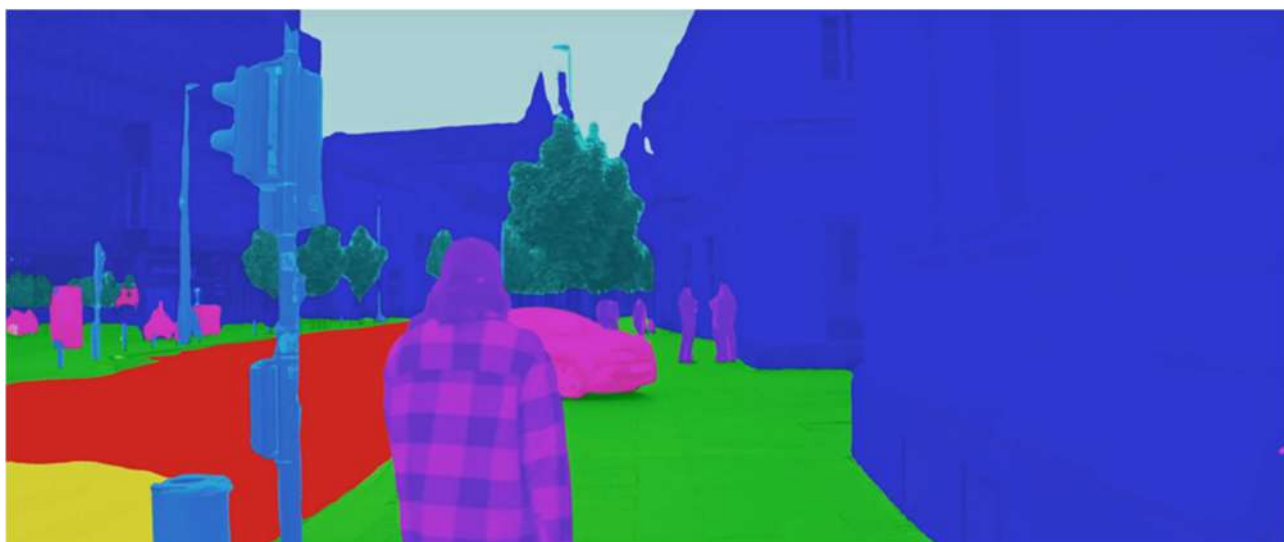
Aqlli ko'zoynak tizimini yaratishda uning barcha tarkibiy qismlari yagona maqsadga – foydalanuvchiga real vaqt rejimida foydali ma'lumot yetkazishga – qaratilgan holda integratsiya qilinadi. Ushbu tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan tizim ham bir nechta modullardan tashkil topdi: kamera yordamida tasvir olish, obyektlarni aniqlash va tanib chiqish, matnlarni o'qish, masofani o'lchash, va foydalanuvchiga audio chiqish. Barcha modullar real vaqt rejimida ishlashi va o'zaro uyg'un holda faoliyat ko'rsatishi uchun maxsus dasturiy-arxitektura yechimlari qo'llanildi [15].

Apparat platformasi: Tizim asosan ko'zoynakka o'rnatilgan old kameradan olinadigan videotasvirga tayanadi. Prototip yechimda biz Intel RealSense D435 stereo kamerasi [3] dan foydalandik – ushbu qurilma nafaqat rangli tasvir, balki chuqurlik (masofa) ma'lumotini ham berish qobiliyatiga ega. Kameradan uzluksiz oqim ko'rinishida kadrlar olinib, mini-kompyuter (masalan, NVIDIA Jetson yoki Raspberry Pi 4) xotirasiga yuboriladi. Bizning holda hisoblashlarni samarali amalga oshirish uchun shaxsiy kompyuter protsessori va GPU dan foydalandik, biroq amaliy yechimlarda Jetson kabi ixcham sun'iy intellekt qurilmasi ko'zoynakka integratsiya qilinishi mumkin. Tizim dasturiy ta'minoti PyTorch chuqur o'qitish kutubxonasi yordamida yaratildi, bu bizga mavjud pre-train qilingan modellarni oson qo'llash va yangi modelni o'qitish imkonini berdi [16].

Obyektlarni aniqlash va tanib chiqish: Kameradan olingan har bir kadr dastlab obyektlarni deteksiya qilish moduliga uzatiladi. Bu modul sifatida biz YOLO arxitekturasini tanladik, chunki uning tezkorligi prototip uchun muhim edi. Model mashhur COCO ma'lumotlar to'plamida oldindan o'qitilgan va odam, avtomobil, stul kabi kundalik muhitdagi ko'plab obyektlar uchun sinflarga ega. Zarur bo'lganda, qo'shimcha sinflar yoki maxsus obyektlar (masalan, eshik tutqichlari, zinapoyalar) uchun modelni qo'shimcha ma'lumotlar bilan fine-tune qilish mumkin. YOLO detektorining chiqishi sifatida kadrda obyektlarning chegaralovchi ramkasi (bounding box) koordinatalari va nisbiy ishonchlilik ko'rsatkichi bilan birga obyektning turi (sinf)ni beradi. Masalan, tasvirda odam va it aniqlangan bo'lsa, ularning joylashuvi va nomi ajratiladi. (2 – 3- rasmlar).



2-rasm. Tasvirdagi ob’ektni aniqlash modeliga kirish tasviri.

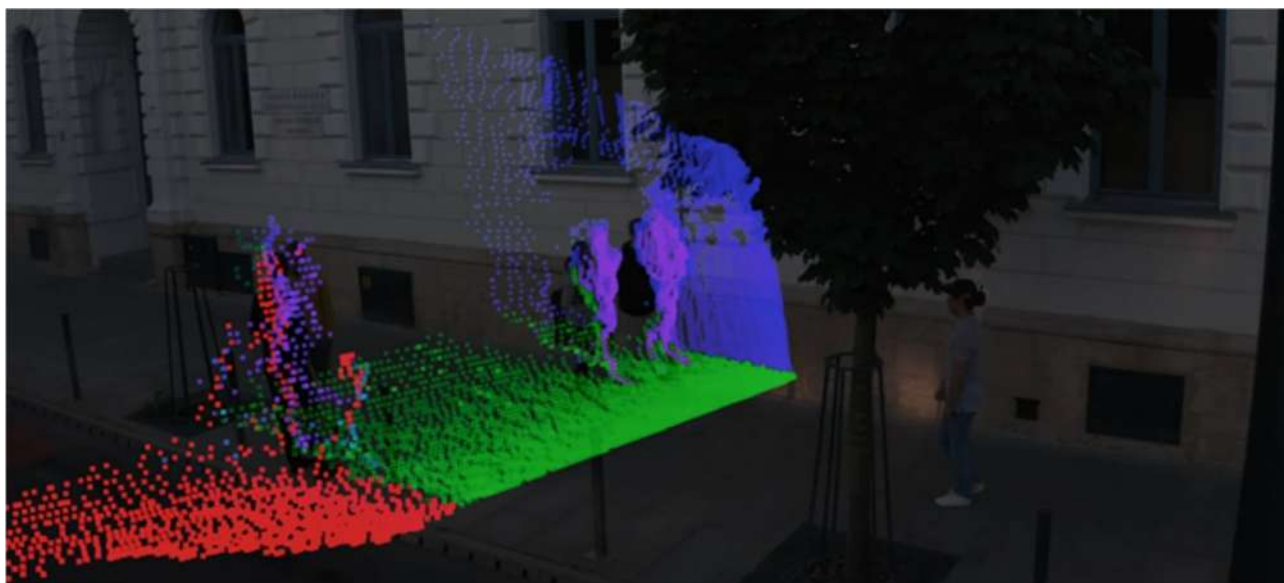


3-rasm. Tasvirdagi ob’ektni aniqlash modelining turli ob’ektlarni segmentatsiya qilishi.

Matnlarni aniqlash: Obyektlar orasida ko‘plab yorliqlar, yo‘l belgilar yoki shunchaki atrofdagi matnli axborot (do‘konlarning nomlari, e‘lonlar) bo‘lishi mumkin. Bu foydalanuvchi uchun muhim ma‘lumot manbai sanaladi. Tasvirdan matnlarni o‘qib olish uchun biz maxsus OCR (Optical Character Recognition) algoritmidan foydalandik. Dastlab tasvirda matn mavjud bo‘lishi mumkin bo‘lgan hududlarni aniqlash uchun CNN asosidagi sarlavha detektor qo‘llanildi (bu ham YOLOga o‘xshash tarzda ishlaydi, faqat “matn” hududlarini ajratishga ixtisoslashgan). So‘ng aniqlangan hududlardagi matn Tesseract kabi OCR vositasi yordamida matnli qatorlarga aylantirildi. Matn 2 tilda – lotin va kirill alifbosida o‘qilishi uchun moslashtirildi. Natijada, foydalanuvchi uchun muhim bo‘lgan ko‘cha nomlari, do‘kon peshlavhalari kabi yozuvlarni qurilma ovoz chiqarib berishi ta‘minlandi [17].

Masofani o‘lchash va to‘siqlarni sezish: Foydalanuvchining xavfsiz harakatlanishi uchun faqat obyektning borligini bilish yetarli emas, balki uning qanchalik yaqin ekanini ham bilish zarur. Buning

uchun biz stereokamera berayotgan chuqurlik ma'lumotlaridan foydalandik. Har bir obyektning chegaralovchi ramkasi uchun uning markaziy nuqtasining chuqurlik qiymati hisoblab chiqildi – bu qiymat obyektgacha bo'lgan taxminiy masofani beradi. Masalan, foydalanuvchi yo'lida stol bor va u 2 metr narida joylashgan bo'lsa, tizim “2 metr oldinda stol” deb xabar beradi. Masofani aniqroq o'lchash uchun qo'shimcha ultratovush datchiklari ham integratsiya qilindi: ko'zoynakning ramkasiga o'rnatilgan ultratovush sensor oldinda 45° burchak ostida joylashgan to'siqqacha bo'lgan masofani doimiy o'lchab turadi. Bu sensorning ma'lumoti kameradan olingan masofa qiymatini tekshirish va xavfsizlikka doir ogohlantirishlarni mustaqil yetkazishda (masalan, kutilmaganda to'satdan yaqinlashib kelgan to'siqni sezishda) qo'l keladi (4-rasm).



4-rasm. Tasvirdagi ob'ektni aniqlash modelining uzoqlik masofasi o'lchash.

Ovozli signal va aloqa: Integratsiyalashgan tizim natijalari yakunda ovozli sintezatorga yuboriladi. Bunda kamera kadri tahlili yakunida hosil bo'lgan barcha ma'lumotlar – aniqlangan obyektlar ro'yxati (ularning nomi va masofasi), aniqlangan matn mazmuni, va navigatsion ko'rsatmalar – maxsus matnli xabar ko'rinishida generatsiya qilinadi. Masalan, yakuniy xabar shunday bo'lishi mumkin: “Oldingizda 3 metr masofada mashina; chap tomonda 1,5 metr narida eshik; do'kon belgisi: Dorixona”. Keyin TTS modulii ushbu matnni ovozli nutqqa aylantiradi va karnay orqali eshittiradi. Sintezlangan ovoz foydalanuvchi uchun tushunarli bo'lishi va tezkor yetib borishi lozim. Bizning tizimda oddiylik uchun Google TTS texnologiyasidan foydalanildi, natijada o'zbek va ingliz tillarida tushunarli nutq hosil qilindi. Kelgusida ovozli chiqishni foydalanuvchining ona tiliga avtomatik moslashtirish, nutq ohangini individual istakka ko'ra sozlash kabi funksiyalar qo'shilishi mumkin [18, 19].

Energiya samaradorligi: Aqlli ko'zoynak kabi mobil qurilmalar uchun muhim masalalardan biri – batareya quvvatini tejashdir. Shu bois dasturiy ta'minot optimallashtirildi: kerak bo'lmaganda kamera kadr chastotasi pasaytiriladi, tarmoq modellarining yengil versiyalari qo'llaniladi. Misol uchun, biz YOLO modelining mobil versiyasi (soddalashtirilgan arxitekturali) variantini sinovdan o'tkazdik, u aniqlikni sezilarli yo'qotmasdan tezlik va quvvat sarfini kamaytirdi. Shuningdek, ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonida keraksiz takroriy hisoblashlar oldini olish uchun keshlashtirish va asinxron (bir vaqtda) ishlov berish usullari joriy qilindi. Bu chora-tadbirlar



qurilmaning ixcham batareyasi bilan maksimal uzoq ishlashiga xizmat qiladi [20].

Yuqorida bayon qilingan metodologiya asosida yaratilgan aqlli ko'zoynak prototipi laboratoriya va real sharoitlarda sinovdan o'tkazildi. Quyida ushbu sinov natijalari va ko'rsatkichlari keltiriladi.

Tadqiqot natijalari

Taklif qilingan aqlli ko'zoynak tizimi samaradorligini baholash uchun bir nechta mezonlar bo'yicha sinovdan o'tkazildi. Avvalo, obyektlarni aniqlash aniqligi o'lchandi. Tizim turli muhitlarda (xonada, ko'chada, past va yuqori yorug'lik sharoitlarida) sinov qilinib, kamera ko'rish maydoniga tushgan asosiy obyektlarni to'g'ri ajrata olishi kuzatildi. Umumiy obyekt aniqlash aniqligi 92,16% ni tashkil etdi. Boshqacha aytganda, tizim kiritilgan obyektlarning deyarli 92 foizini to'g'ri aniqlab, ularning turini to'g'ri tanidi. Bu ko'rsatkich ko'plab mashhur obyekt aniqlash modellari darajasiga yaqin bo'lib, real vaqt tizimi uchun yetarli deb baholanadi. Keyingi vazifa – matnlarni tanib olish aniqligi – natijalari undan ham yuqori bo'ldi: sinov jarayonida turli chop etilgan matnlar (kitob sahifasi, ko'cha belgisi, vitrinadagi yozuv)ni o'qishda model 98,87% aniqlikka erishdi. Bu degani, tizim deyarli barcha matnlarni to'g'ri aniqlab, ularning mazmunini xato qilmasdan matnga aylantirdi. Bunda albatta matnning ravonligi, kontrasti kabi omillar qulay bo'lganligi ham rol o'ynadi – masalan, qo'lyozma matnlarda yoki juda noaniq tasvirlarda xatoliklar oshishi mumkin.

Foydalanuvchining xavfsizligi uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan yana bir ko'rsatkich – masofa o'lchashdagi xato miqdori. Tizim ultratovush va stereo kamera asosida to'siqqacha masofani hisoblab berganda, haqiqiy masofaga nisbatan o'rtacha 6,32% og'ish kuzatildi. Masalan, aslida 2,0 m bo'lgan masofani tizim taxminan 1,88–2,12 m atrofida baholadi. Bu aniqlik darajasi ko'zi ojizlar uchun mo'ljallangan ayrim tijorat qurilmalaridan yuqori ekanligi aniqlandi – masalan, ayrim ultratovushli moslamalar 10% va undan yuqori xatolik bilan ishlashi ma'lum. Demak, taklif etilayotgan yechim foydalanuvchiga atrofda obyektlarning uzoq-yakinaligini anchayin ishonchli darajada bildirib, xavfsiz harakatlanishga zamin yaratadi.

Yuqoridagi natijalar real sharoit tajribalari davomida ham o'z tasdig'ini topdi. Tizim prototipi ko'zi ojiz foydalanuvchilar ishtirokida sinovdan o'tkazildi. Sinov jarayonida foydalanuvchilar ichki va tashqi muhitda belgilangan yo'nalish bo'ylab aqlli ko'zoynak yordamida harakat qilishdi. Natijada, kuzatuvlarga ko'ra, foydalanuvchilarning to'siqlarga to'qnashuvi yoki adashib ketishi holatlari deyarli kuzatilmadi – aqlli ko'zoynak ularni o'z vaqtida ogohlantirib borishga erishdi. Foydalanuvchilar qurilma haqida o'z fikr-mulohazalarini bildirib, ko'p hollarda ijobiy tajribaga ega bo'lganliklarini ma'lum qilishdi. Masalan, bir qancha ishtirokchilar aqlli ko'zoynak yordamida atrofni tushunish va unda yo'nalish olish qobiliyati sezilarli darajada oshganini ta'kidlashdi. Avvallari faqat oq tayoq bilan harakatlangan bitta ishtirokchining aytishicha, aqlli ko'zoynak uning atrof-muhit haqida oladigan axborotini boyitib, o'zini ancha ishonchli his qilishiga yordam bergan. Bu kabi fikrlar tizimning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi. Ilmiy adabiyotlarda ham shunga o'xshash xulosalar uchraydi: masalan, maxsus audio interfeysli aqlli ko'zoynaklar bilan o'tkazilgan tajribada ishtirokchilar obyektlarni topish va ularga qo'l cho'zish vazifalarini ancha yaxshilangan holda bajara olgani qayd etilgan.

Ayni paytda erishilgan natijalar qoniqarli bo'lsa-da, tizimni yanada takomillashtirish

imkoniyatlari mavjud. Aniqlik ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida detektor va taniq algoritmlarini yanada chuqurroq o'qitish, yangi katta hajmdagi ma'lumotlar to'plamlari bilan modelni boyitish lozim. Xususan, mahalliy sharoitga xos obyektlar va yozuvlar (masalan, o'zbek tilidagi turli ko'cha belgilar, reklama yozuvlari) bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlar to'planib, model o'qitilsa, tizim yanada moslashuvchan bo'ladi. Shuningdek, dasturiy ta'minot va interfeysni foydalanuvchi uchun yanada qulay qilish, ortiqcha va keraksiz ma'lumotlarni qisqartirib, eng muhim axborotnigina uzatishga e'tibor qaratish kerak. Qurilmaga yangi turdagi sensorlarni qo'shish ham imkoniyatlarni kengaytiradi – masalan, issiqlik datchiklari yordamida jonli mavjudotlarni (odamlarni) qorong'uda aniqlash yoki yo'nalishli mikrofonlar yordamida ma'lum ovoz manbalariga (masalan, yaqinlashib kelayotgan avtomobil motori ovozigina) e'tibor qaratish kabi funksiyalarni qo'shish mumkin.

Tadqiqot natijalari muhokomasi

Yuqoridagi tadqiqot natijalari aqlli ko'zoynaklar texnologiyasi ko'rish qobiliyati cheklangan shaxslar hayotini yengillashtirishda ulkan salohiyatga ega ekanini ko'rsatadi. Bunday tizimlarning eng katta afzalligi – ko'zi ojiz insonning atrof-muhitni mustaqil idrok etish imkoniyatini kengaytirishidir. Ilgari boshqa odamlarga yoki faqat jismoniy vositalarga tayanib kelingan vaziyatlarda endilikda sun'iy intellekt yordamida real vaqt rejimida masofa, to'sqinliklar, obyektlar haqida ma'lumot olish mumkin bo'lmoqda. Bu esa, o'z navbatida, ko'zi ojiz insonning mustaqil harakatlanishi, jamiyatda erkin faoliyat yuritishi va o'ziga bo'lgan ishonchini orttirishga xizmat qiladi. Misol uchun, aqlli ko'zoynak taqqan foydalanuvchi gavjum ko'chada yoki notanish binoda boshqalar yordamisiz yo'l topa olsa, bu uning hayot sifati va mustaqilligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Yana bir muhim afzallik – aqlli ko'zoynaklar turli ko'makchi qurilmalar o'rnini bosuvchi integratsiyalashgan yechim bo'la oladi. Avval ko'zi ojiz kishi alohida qo'lidagi tayoq, qulog'idagi audio-navigator, qo'lidagi Braille displeyi kabi bir nechta moslamalardan foydalanishga majbur bo'lgan bo'lsa, aqlli ko'zoynak bularning funksiyasini bir joyda jamlay oladi. Bu esa qulaylik va samaradorlikni oshiradi [21].

Shu bilan birga, hozirgi aqlli ko'zoynaklar texnologiyasining bir qator cheklov va kamchiliklari mavjud. Ulardan eng asosiysi – texnik resurslarga talabchanligidir. Yuqorida ta'kidlanganidek, chuqur o'qitish algoritmlari yuqori hisoblash quvvati va energiya sarfini talab qiladi. Natijada ixcham ko'zoynakka bunday algoritmlarni integratsiya qilishda batareyaning tez tugashi, qurilmaning og'irligi ortishi yoki ishlov berish kechikishi kabi muammolar chiqadi. Amaliy kuzatishlarga ko'ra, aksariyat tijorat aqlli ko'zoynaklarining batareya quvvati atigi 2–5 soat foydalanishga yetadi, bu esa kundalik foydalanish uchun kamlik qiladi. Bizning prototipimiz ham yuqori quvvatli kompyuterda sinovdan o'tkazilgan, ammo haqiqiy ko'zoynak qurilmasida cheklangan resurslar bilan ishlaganda samaradorlik pasayishi mumkin. Yana bir kamchilik – narx va dostupnost masalasi. Ilg'or texnologiyalar qo'llanilgani sabab, aqlli ko'zoynaklar odatda qimmat bo'ladi; ko'plab ko'rish nogironligi bo'lgan shaxslar (ko'pincha ular ijtimoiy himoyaga muhtoj toifa) bunday qurilmalarni xarid qila olmasligi mumkin. Masalan, hozirgi bozordagi ba'zi aqlli ko'zoynaklarning narxi bir necha ming AQSh dollariga boradi, bu esa ko'zi ojizlar uchun moliyaviy to'siq yaratadi. Shuningdek, maxfiylik va ijtimoiy qabul qilinish ham muhokamoga arziydigan jihatdir. Ko'zoynakdagi kamera atrofda odamlarni doimiy yozib turishi mumkinligi ularning maxfiy hayotiga aralashish deb qabul qilinishi mumkin. Ayrim odamlar kameraga olinayotganini bilib noqulaylik sezishlari tabiiy. Shu



sabab jamiyatda bunday qurilmalarni qabul qilish uchun ma'lum axloqiy me'yorlar va tartiblar ishlab chiqilishi lozim. Masalan, aqlli ko'zoynaklardan foydalanuvchilar jamoat joylarida boshqalarning shaxsiy hayotini hurmat qilishlari, kerak bo'lsa kamerani vaqtincha o'chirib qo'yishlari tavsiya etiladi. Yana bir muhim masala – axborot ishonchliligi va ortiqchaligi. Sun'iy intellekt modeli hamisha ham 100% to'g'ri ishlamaydi; ba'zida xato yoki noto'g'ri xabar berishi mumkin. Agar bunday qurilma xato axborot bersa, foydalanuvchi nojo'ya qaror qabul qilishi, masalan, yo'lda xatoga yo'l qo'yishi ehtimoli bor. Shu bois, foydalanuvchilar texnologiyaga butkul suyanib qolmasdan, ehtiyot choralarini saqlashi lozim. Qurilma beradigan axborotni ham imkon qadar filtrlash, faqat eng zarur va aniq tasdiqlangan ma'lumotnigina uzatish muhim – aks holda, ko'p sonli audio xabarlar foydalanuvchini chalg'itib, charchatib qo'yishi mumkin.

Keltirilgan kamchiliklarga qaramay, ularni bartaraf etish yo'llari ustida izlanishlar davom etmoqda. Innovatsion yechimlar orqali aqlli ko'zoynaklarni yanada takomillashtirish mumkin. Masalan, resurs va energiya muammolarini hal qilish uchun hisoblash yukining bir qismini bulutli servislarga yuklash yoki qurilmaga maxsus sun'iy intellekt chiplarini o'rnatish mumkin. Hozirda mobil qurilmalar uchun mo'ljallangan optimallashtirilgan neyron tarmoqlar, modelni siqish va kvantlash texnikalari joriy qilinmoqda – bu usullar ko'zoynakning cheklangan apparatida ham murakkab AI funksiyalarini bajarish imkonini beradi. Batareya texnologiyalari rivojlanishi bilan kelgusida ixcham quvvat manbalari uzoqroq ishlashni ta'minlashi mumkin. Narxni pasaytirish bo'yicha ham ishlar ketmoqda: ishlab chiqaruvchilar ko'zoynaklarni ommaviy ishlab chiqarish yo'lga qo'yilsa, tannarx tushadi va arzonroq komponentlar paydo bo'ladi. Masalan, ayrim startaplardagi ixtirochilar o'z tadqiqotlarida arzon komponentlardan foydalanib ham funksional aqlli ko'zoynak prototiplarini yaratishga erishganliklarini ta'kidlamoqda. Aqlli ko'zoynaklarning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari juda keng. Birinchidan, bunday qurilmalarning dasturiy ta'minoti tobora aqllashib borishi kutilmoqda. Katta hajmdagi til modellari va generativ sun'iy intellekt yutuqlari natijasida, aqlli ko'zoynak foydalanuvchiga oddiy ro'yxat tarzidagi axborot emas, balki to'liq tasvirlovchi tavsiflar berishi mumkin. Masalan, kelajakda ko'zoynak kamerasi ko'rgan manzarani tahlil qilib, “chap tomonda qizil yuk mashinasi to'xtagan, o'ng tomonda ikkita odam suhbatlashmoqda, ular orqasida oq devor bor” kabi kengroq kontekstli izoh berishi mumkin – bu esa atrofni tasavvur qilishni osonlashtiradi. Bunda GPT-3 kabi yirik til modellari [18] yordamga kelishi mumkin, ular tasvir tavsifini inson tilida ravon hikoya qilib berishga qodir. Ikkinchidan, foydalanuvchi bilan o'zaro aloqa yanada insonparvarlashishi mumkin – masalan, ko'zoynak ovozli yordamchisi foydalanuvchi savollariga erkin matnda javob beradigan suhbatdosh (chatbot) vazifasini ham o'tashi mumkin. Uchinchidan, yangi modal interfeyslar paydo bo'lmoqda. Masalan, Avstraliyada sinovdan o'tkazilgan “akustik teginish” (acoustic touch) texnologiyasida kamera ko'rgan obyektlar turli xil tovush belgilariga aylantirilib, foydalanuvchiga eshittiriladi – bu usul foydalanuvchilarning obyektlarni aniqlash va ularga qo'l cho'zish qobiliyatini sezilarli oshirgani ilmiy tajriba orqali ko'rsatildi. Kelajakda aqlli ko'zoynaklar bunday audiovizual yondashuvlarni ham o'z ichiga olishi, masalan, atrofda muhitni “musht” yoki “ohang” tarzida ifodalab berishi mumkin. To'rtinchidan, aqlli ko'zoynaklar ijtimoiy infratuzilma bilan ham integratsiyalashishi kutilmoqda – masalan, shahar infratuzilkasidagi aqlli svetoforlar, jamoat transporti to'xtash joylaridagi sensorlar bilan aloqa qilib, foydalanuvchiga qo'shimcha ma'lumot uzatishi (svetofor yashil yonganini xabar qilishi va hokazo). Bu borada “aqlli shahar” konsepsiyasi elementlari bilan hamkorlikda ko'zoynak

imkoniyatlarini kengaytirish mumkin [22].

Albatta, aqlli ko'zoynaklarning jamiyatga keng joriy etilishi yangi axloqiy va ijtimoiy savollarni ham tug'diradi. Masalan, bunday qurilmalardan foydalanish paytida atrofdagi odamlarning roziligi masalasi, qurilma yig'ayotgan ma'lumotlarning xavfsizligi va maxfiyligi, texnologiya hamma uchun teng dostup bo'lishi kabi jihatlar muhokama qilinishi zarur. Texnologiya imkon qadar inklyuziv bo'lishi, ya'ni hamma madaniyat va til vakillari foydalanishi uchun moslashtirilishi lozim. Kelgusida aqlli ko'zoynaklar keng tarqalgan sari, ularning jamiyatda normal qabul qilinishi uchun qonuniy va ijtimoiy me'yorlar ham shakllanadi.

Umuman olganda, aqlli ko'zoynaklar sohasi hozirda jadal rivojlanish bosqichida. Har yili ilmiy tadqiqotlar natijasida yangi prototiplar, yaxshilangan algoritmlar va qiziqarli usullar paydo bo'lmoqda. Uzluksiz innovatsiyalar tufayli aqlli ko'zoynaklar yaqin kelajakda ko'rish qobiliyati cheklangan insonlar uchun oddiy kundalik hayotning ajralmas qismiga aylanishi mumkin. Bu ularning jamiyatda yanada erkin yashashlari, o'z dunyolarini mustaqil kashf etishlari hamda turmush sifati oshishiga xizmat qiladi.

Xulosa

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, ushbu ilmiy ish doirasida ko'rish qobiliyati cheklangan insonlar uchun aqlli ko'zoynaklar texnologiyasi har tomonlama tahlil qilindi. Chuqur o'qitish algoritmlarining (CNN, YOLO va boshqalar) real vaqt rejimidagi navigatsiya va to'siqlarni aniqlashdagi roli nazariy va eksperimental jihatdan ko'rsatib berildi. O'tkazilgan tajribalar natijasida prototip tizim asosiy vazifalarni – obyektlarni aniqlash, matnlarni o'qish va masofani baholash – yetarli darajada yuqori aniqlik va tezlik bilan bajarishga qodir ekani aniqlandi. Shuningdek, foydalanuvchi tajribasi bo'yicha dastlabki sinovlar qurilma ko'zi ojiz insonlarga haqiqatan ham sezilarli yordam bera olishini tasdiqladi.

Aqlli ko'zoynaklar texnologiyasi katta istiqbolga ega bo'lsa-da, amaliy tatbiqda hali yechimini kutayotgan qator muammolar mavjud. Xususan, yuqori hisoblash resurslariga bo'lgan talab va batareyaning cheklangan ishlash muddati kabi holatlar qurilmaning to'liq imkoniyatlarini ishga solishda to'siq bo'lmoqda. Ushbu cheklovlarni yengish uchun apparat va dasturiy yechimlar darajasida izlanishlar davom etmoqda – samarali chiplar, optimallashtirilgan algoritmlar va energiya tejankor usullar yaratilmoqda.

Kelajakda aqlli ko'zoynaklarning jamiyat hayotiga kirib kelishi bilan ko'rish qobiliyati cheklangan shaxslar uchun dunyo yanada ochiq va qulay bo'lib boradi. Mustaqil harakatlanish, axborotga ega bo'lish hamda muloqot qilish imkoniyatlari kengayadi, bu esa ularning jamiyatdagi faolligi va o'ziga bo'lgan ishonchini oshiradi. Shu bilan birga, biz texnologiyaning axloqiy va ijtimoiy jihatlarini ham unutmasligimiz kerak – aqlli ko'zoynaklar odamlarga haqiqiy foyda keltirishi uchun ular xavfsiz, arzon va hammabop bo'lmog'i lozim.



Adabiyotlar

1. Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25: 1097-1105.
2. Redmon, J., Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, Faster, Stronger. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 6517-6525.
3. Intel (2020). Intel RealSense D435 User Manual. Intel Corporation.
4. Oord, A. v. d., et al. (2016). WaveNet: A Generative Model for Raw Audio. Google DeepMind, arXiv:1609.03499.
5. Umarov, M., Khalilov, S. (2022). An Algorithm for Traffic Sign Recognition Systems. *Proceedings of 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, Tashkent, Uzbekistan.
6. Vision Loss Expert Group. (2023). Global Data & Statistics on Visual Impairment. (Accessed via IAPB/VLEG report).
7. He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 770-778.
8. Lowe, D.G. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2): 91-110.
9. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Van Gool, L. (2008). Speeded-Up Robust Features (SURF). *Computer Vision and Image Understanding*, 110(3): 346-359.
10. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
11. Russakovsky, O., et al. (2015). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3): 211-252.
12. Chen, L.-C., et al. (2018). Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 833-851.
13. Simonyan, K., Zisserman, A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
14. Paszke, A., et al. (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32: 8024-8035.
15. Sermanet, P., et al. (2014). OverFeat: Integrated Recognition, Localization and Detection using Convolutional Networks. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
16. Dosovitskiy, A., et al. (2021). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
17. Bochkovskiy, A., Wang, C.Y., Liao, H.Y.M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv:2004.10934.
18. Brown, T.B., et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33: 1877-1901.
19. Carion, N., et al. (2020). End-to-End Object Detection with Transformers. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 213-229.
20. Lin, T.Y., et al. (2017). Focal Loss for Dense Object Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 42(2): 318-327.
21. Mukhiddinov, M., Cho, J. (2021). Smart Glass System Using Deep Learning for the Blind and Visually Impaired. *Electronics*, 10(22): 2756.

22. Zhu, H.Y., et al. (2023). An investigation into the effectiveness of using acoustic touch to assist people who are blind. PLOS ONE, 18(10): e0291325.

*Muallif***Odilbek Asqaraliyev**

Sarbo'n universiteti, Toshkent,
O'zbekiston;
oasqaraliyev77@gmail.com

KORPORATIV TIZIMLARARO AXBOROT OQIMLARINI BOSHQARISHNING GRAF NAZARIYASIGA ASOSLANGAN MATEMATIK MODEL

Annotatsiya. Raqamli kommunikatsiya texnologiyalari rivojlanib borgan sari, axborot uzatish, qayta ishlash hamda qaror qabul qilish masalalari tobora dolzarb bo'lib bormoqda. Ushbu tadqiqot ishida korporativ tizimlararo axborot oqimlarini boshqarishning graf nazariyasiga asoslangan matematik modeli taklif etilgan. Ushbu matematik model ko'p pog'onali axborot almashish jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qiladi. Korporativ tizimlararo avtomatlashtirilgan axborot tizimlarida real vaqt rejimida ma'lumotlar almashish, qarorlar qabul qilishga ko'maklashish, shuningdek, aloqa tugunlarida yuklamalarni muvozanatlashning matematik ta'minoti bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari API texnologiyalariga asoslangan axborot almashish arxitekturasini takomillashtirishning asosiy fundamental ta'minoti sanaladi.

Kalit so'zlar: graf modeli, korporativ boshqaruv tizimi, axborot almashish, oqim qirrasi, kechikish funksiyasi, Routing API, message broker, Callback API, Dig Data, Click-House.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Kirish

Korporativ tizimlararo ma'lumotlar almashinuvini optimallashtirish masalasi so'rovlarni real vaqt rejimida balanslash imkoniyatini yaratadi. Axborot oqimini boshqarish nazariyasiga ko'ra har bir aloqa tugunida xabarni uzatish hamda kechikish davri siklik jarayon hisoblanadi. Ushbu jarayonning vaqt hamda kechikish davrida axborot uzatilishi hamda uzilish nuqtasi mavjud bo'ladi. Korporativ tarmoq yoki multiservisli xavfsiz aloqa kanali orqali uzatish jarayonlari sodir bo'ladi.

Boshqaruv jarayonlari uchun axborot tizimlarini ishlab chiqishda, jarayonlarni loyihalash va tavsiflashda turli xil modellar qo'llaniladi. Bu modellar predmet soha tuzilmasi, asosiy obyektlar va subyektlar, elementlaridagi qonuniyatlar va munosabatlarni aniqlash, axborot tizimini optimallashtirish va asosiy chegaraviy mezonlarini ajratib ko'rsatishga yordam beradi. Integratsiyalashgan axborot tizimlarini qurish masalasiga doir bo'lgan matematik modellarning quyidagi turlarini keltirish mumkin: to'plamlar nazariyasi, graflar nazariyasi, avtomatik, funksional, deskriptor.

To'plamlar nazariyasi modellar o'zining soddaligi bilan ajralib turadi va predmet sohasida sodir bo'layotgan jarayonlarni yetarli darajada to'liqlik bilan tavsiflashga imkon beradi, lekin ular grafik tasvirga ega emas.

Graflar nazariyasi modellarda to'plamlar nazariyasiga asoslangan model uchun ham nazariy asos, ham graf ko'rinishidagi grafik tasvir mavjud bo'lib, bu ushbu turdagi modelni istiqbolli va ko'p holatlarda qo'llash imkonini beradi.

Avtomat modellari bir xil tamoyildan foydalanadi, avtomatlar nazariyasiga asoslanadi va graflar nazariyasi bilan to'ldirilishi mumkin. Avtomat modeli yordamida ish jarayoni obyektlarining holatini o'zgartirish jarayonlarini tasavvur qilish mumkin. Ish oqimi tuzilmasining murakkabligi bilan avtomat modelining murakkabligini oshirish mumkin.

Funksional modellar juda vizual grafik tasvirga ega, ammo ular matematik modelni almashtira olmaydi. Shu bilan birga, ushbu turdagi modellarning afzalliklaridan predmet sohasidagi biznes jarayonlarini ifodalash, shu bilan matematik modelni to'ldirish va ochish uchun foydalanish tavsiya etiladi. Ushbu jarayonlarni matematik tasvirlashda graflar nazariyasi modelidan foydalaniladi.

Asosiy qism

Tizimni graf ko'rinishida ishlab chiqish: grafining tugunlari tizim komponentlari (masalan, operatorlar, API servislari, ma'lumotlar bazalari, brokerlar), qirralari esa tugunlar orasidagi aloqa kanallari sifatida qaraladi. Boshqacha aytganda, tugunlar tarmoqdagi obyektlarni, qirralar ularning orasidagi axborot almashinuvi bog'lanishlarini ifodalaydi. Tugunlarni ularning vazifasiga qarab tasniflash mumkin: operator (foydalanuvchi yoki tashabbuskor jarayon), API xizmati (biznes mantiqni bajaruvchi server), ma'lumotlar bazasi (ma'lumotlarni saqlovchi tugun), broker (xabarlarni marshrutlash yoki navbatga olish xizmati) kabi turlarga bo'linadi.

Qirralar esa aloqa turiga qarab tasniflanadi. Graf yo'nalgan bo'lishi mumkin, ya'ni ba'zi kanallar bir yo'nalishda ishlaydi (bir tomonlama). Masalan, Kahn jarayonlari tarmog'ida har bir qirra bir yo'nalishda ma'lumot uzatadigan FIFO navbatli kanal sifatida ko'riladi. Shuningdek, amaliy



tizimlarda ko'pincha ikki tomonlama aloqa kanallari mavjud (masalan, ikki tomonlama socket aloqa). Har bir aloqa kanalining asosiy xususiyatlari: sig'imi (o'tkazish qobiliyati), kechikishi (axborot uzatishdagi latent vaqt) va yo'nalish cheklovlari (bir yo'nalamaligi yoki ikki tomonlamaligi). Sig'imi deganda kanal bo'ylab uzatiladigan axborot oqimining maksimal tezligi (masalan, bit/soniya) tushuniladi. Kechikish deganda esa ma'lumotning bir tugundan boshqasiga yetib borishi uchun ketadigan vaqtdir (masalan, tarmoqda paketning uzatilish vaqti). Yo'nalish cheklovlari kanalning faqat bitta tomonlama ishlashi (agar graf yo'nalgan bo'lsa) yoki ikkiyoqlama trafikka ruxsat etilishi kabi holatlarni belgilaydi.

Modelni aniqlashtirish uchun har bir komponentga tegishli parametrlarni belgilaymiz:

Tugun parametrlari: i – tugun uchun xizmat ko'rsatish tezligi μ_i (bir sekunda qayta ishlay oladigan so'rovlar soni) va navbat sig'imi kabi parametrlar kiritiladi. μ_i ga teskari miqdor $1/\mu$ tugunning o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti bo'ladi. Agar tugunga soatiga λ tezlikda (soniya uchun) so'rovlar kelib tushsa, u holda tugundagi yuklanish darajasi $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ formula bilan aniqlanadi. Tizim barqaror ishlashi uchun har bir tugun uchun $\rho < 1$, ya'ni so'rov kelish tezligi xizmat tezligidan kichik bo'lishi lozim. Aks holda, $\lambda < \mu$ bo'lsa, navbat cheksiz o'sib, tizimda tirbandlik yuzaga keladi.

Kanal (qirra) parametrlari: Har bir (u, v) aloqa kanali uchun sig'im $C(u, v)$ (masalan, bit/soniya) va kechikish $d(u, v)$ (soniya) aniqlanadi. $C(u, v)$ – bu kanal bo'ylab uzatilishi mumkin bo'lgan maksimal axborot oqimi tezligi. Axborot oqimining joriy hajmi $f(u, v)$ kanalda uzatilayotganda, u doimo $f(u, v) \leq C(u, v)$ shartini qanoatlantirishi lozim, aks holda kanal to'ladi. Kechikish $d(u, v)$ esa odatda ikki qismdan iborat: uzatishning tarqalish vaqti (masofaga bog'liq holda signallarning kechikishi) va uzatish vaqti (masalan, M bitli paketni $C(u, v)$ sig'imli kanalda yuborish uchun $d(u, v) = \frac{M}{C(u, v)}$ soniya talab etiladi). Katta hajmdagi ma'lumot uzatilganda, aynan uzatish vaqti asosiy omil bo'ladi, shu bois $d(u, v)$ ni dinamik ravishda $\frac{M}{C(u, v)}$ ga bog'liq qilib ko'rish mumkin. Model katta ma'lumotlar hajmiga moslashishi uchun $C(u, v)$ kabi parametrlar yetarlicha yirik qiymatlarda (masalan, gigabitlarda) olinadi va zarur bo'lsa, kanallarni bir nechta parallel yo'llar orqali o'tkazish (load balancing) ham ko'zda tutiladi.

Xizmat/Oqim parametrlari: Tizim bo'ylab harakatlanayotgan axborot oqimi hajmi va xizmati ham parametrlar orqali ifodalanadi. Masalan, manba tugundan chiqarilayotgan oqimning tezligi λ (so'rov/soniya yoki bit/soniya ko'rinishida) bo'lishi mumkin. Har bir so'rovning o'rtacha hajmi (masalan, baytlarda) yoki tugunlarda talab qiladigan xizmat vaqti (masalan, protsessor sikllari) kabilar belgilanishi mumkin. Agar har bir so'rov hajmi o'rtacha S ga teng bo'lsa, u holda oqimning ma'lumot bo'yicha intensivligi λ/S (masalan, bit/soniya) bo'ladi. Shu tariqa, kanalning real yuklanish darajasi $f(u, v) = \lambda(u, v) * S$ bilan ifodalanib, $\rho = (u, v) = f(u, v) / C(u, v) \in [0, 1]$ nisbati kanalning bandlik darajasini ko'rsatadi.

Yuqoridagi parametrlar yordamida axborot oqimi kechikishini ham ifodalash mumkin.

Masalan, bitta i tugundan o'tuvchi oqimning o'rtacha kutish vaqti W_i va xizmat vaqti $\frac{1}{\mu}$ bo'lsa, umumiy o'rtacha turib qolish vaqti $T_i = W_i + \frac{1}{\mu}$ ga teng. Navbat nazariyasining $M/M/1$ modeli uchun O'rtacha kutish vaqti (navbatda) – W_i formulasi $W_i = \frac{\rho_i}{\mu_i - \lambda_i}$ ko'rinishida topiladi, bu yerda **yuklanish koeffitsienti**– $\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$. Natijada tugunda o'rtacha to'liq xizmat vaqti $T_i = \frac{1}{\mu_i - \lambda_i}$ ga teng bo'ladi. Agar oqim bir nechta tugun va kanallar zanjiri orqali o'tsa, umumiy kechikish shu bo'g'inlardagi barcha kechikishlar yig'indisiga teng:

$$T_{umumiy} = \sum_{(u,v) \in P} d_{uv} + \sum_{i \in P} T_i, \quad (1)$$

bu yerda P – manbadan qabulgachigacha bo'lgan yo'lda o'tgan qirralar (kanallar) va tugunlar to'plami. Modelning barcha formulalari katta hajmdagi ma'lumotlar oqimiga ham mos kelishi uchun parametrlar (masalan, μ , $C(u,v)$ yuqori qiymatlarda olinadi yoki zarur hollarda bir nechta xizmat ko'rsatuvchi qurilmalar (ko'p kanalli navbat modeli, $M/M/k$) bilan kengaytiriladi.

Tizim yo'naltirilgan og'irlikli graf sifatida quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$G = (V, E, C, D, \mu, \lambda) \quad (2)$$

Ushbu matematik ifoda to'plamlari qoyidagi jadvalda tavsiflangan.

1-jadval. Modelning parametrlari va tavsifi.

Belgilanish	Tavsif
V – tugunlar to'plami	Tugunlar: operatorlar, API, brokerlar, ma'lumotlar bazasi va h.k.
$E \subseteq V \times V$ – yo'naltirilgan qirralar	Tugunlar orasidagi axborot yo'nalishlari
$C: E \rightarrow \mathbb{R}^+$ – sig'im funksiyasi	Har bir kanalning maksimal o'tkazuvchanligi C_{ij} (bit/s)
$D: E \rightarrow \mathbb{R}^+$ – kechikish funksiyasi	Kanalning uzatish kechikishi D_{ij} (ms)
$\mu: V \rightarrow \mathbb{R}^+$ – xizmat tezligi	Har bir tugundagi xizmat tezligi (so'rov/s)
$\lambda: V \rightarrow \mathbb{R}^+$ – keluvchilar oqimi	Har bir tugunga kelayotgan so'rovlar soni (so'rov/s)

Tugunlar va qirralar to'plami (grafning strukturaviy modeli) orqali ifodalash mumkin. Bunda tugunlar to'plami (Vertices / Nodes) boshqaruv tizimida har bir loyihaviy komponent (API, broker, ma'lumotlar bazasi, operator, xizmatlar va h.k.) grafidagi bir tugun (node) sifatida ifodalanadi.

Bu komponentlarning to'plami quyidagicha belgilanadi:

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

Yoki aniq nomlar bilan:

$$V = \{ \underbrace{v_O}_{operator}, \underbrace{v_{RA}}_{Routing API}, \underbrace{v_{H_1}, v_{H_2}, \dots}_{Hujjat mikroservislari}, \underbrace{v_{CB}}_{CallBack API}, \underbrace{v_{B_1}, v_{B_2}}_{Message Broker 1, 2}, \underbrace{v_{SA}}_{App for Save}, \underbrace{v_{MDB}}_{Main DB}, \underbrace{v_{S_1}, v_{S_2}}_{External System 1, 2}, \dots \}$$

Har bir $v_i \in V$ – axborotni qabul qiluvchi, uzatuvchi yoki qayta ishlovchi funksional modulni anglatadi va ularning quyidagicha matematik rollari mavjud bo'lib bular o'ziga xos vazifalarni bajarib tizimning real vaqt rejimida kiruvchi va chiquvchi oqim komponentlarini hisoblash jarayoniga javob beradi:

2-jadval. Ifodaning parametrlari tavsifi va tizimdagi roli.

Tugun belgisi	Reallikdagi komponent	Tizimdagi roli
v_0	Operator	So'rov yuboruvchi tashqi foydalanuvchi
v_{RA}	Routing API	So'rovlarni markazlashgan boshqarish
v_{Hk}	Hujjat mikroservislari (1, 2, ...)	Foydalanuvchi hujjatlarini qayta ishlash
v_{SB}	Callback API	Tashqi tizimlarga natijani yuborish
v_{B_1}, v_{B_2}	Message Brokers	Xabarlarini oraliq navbatda saqlash, uzatishni boshqarish
v_{SA}	SaveApp	Asosiy DBga ma'lumotlarni saqlovchi modul
v_{MDB}	Main NoSQL DB	Doimiy saqlash bazasi
v_{BD}	Big Data DB	Tahliliy va statistik ma'lumotlar ombori
v_{S_1}, v_{S_2}	Tashqi tizimlar	Integratsiyalashgan boshqa xizmatlar (masalan, soliq, statistika)

Grafda har bir yo'nalgan qirra $v_i, v_j \in E$ – bu axborotning v_i tugundan v_j tugunga uzatilishini bildiradi va qirralar to'plami quyidagicha aniqlanadi:

$$E = \{(v_i, v_j) | sxemada v_i \rightarrow v_j \text{ yo'nalish mavjud}\} \quad (3)$$

Qirralar quyidagi xususiyatlarga ega. Ya'ni yo'nalgan: axborot faqat bir tomonga oqadi, har bir qirra uchun qo'shimcha parametrlari mavjud (sig'im, kechikish): bu keyingi bandlarda to'xtalib o'tamiz. Qirralar faqat mavjud aloqalarni bildiradi - sxemada chizma mavjud bo'lmasa, $v_i, v_j \notin E$.

Qirralarni mazkur tadqiqot ishi doirasida bajarilgan ishlar va tadqiq etilayotgan obyekt strukturasidan kelib chiqqan xolda real yo'nalishlarga bog'lab ro'yxat ko'rinishida beramiz:

Quyida sxemalardan olingan asosiy qirralar (ya'ni axborot oqimi yo'nalishlari) ro'yxati berilgan:

1-blok (Core yo'nalishlar):

- (v_0, v_{RA}) – Operator so'rovi Routing API ga boradi.
- $(v_{RA}, v_{H1}), (v_{RA}, v_{H2}), \dots$ API hujjat mikroxizmatlariga yuboradi.
- (v_{Hk}, v_{CB}) – Har bir hujjat mikroxizmati Callback API'ga natija beradi.
- (v_{CB}, v_{B1}) – Callback orqali Message Brokerga uzatiladi.
- (v_{B1}, v_{SA}) – Ma'lumotni asosiy saqllovchi Appga yuborish.
- (v_{SA}, v_{MDB}) – Asosiy NoSQL bazaga yozish.

2-blok (Big Data va tashqi tizimlar):

- (v_{SA}, v_{B2}) – Ma'lumotni BigData va sync uchun yuborish.
- (v_{B2}, v_{BD}) – BigData tahliliy omboriga.
- $(v_{B2}, v_{S1}), (v_{B2}, v_{S2})$ – Boshqa tizimlarga sinxronlash.

3-blok (Callback'lar orqali tashqi operatorlarga chiqish):

- (v_{SB}, v_{B2}) – Callback xabarlarini tashqi brokerga.
- $(v_{B2}, v_{Opr1}), (v_{B2}, v_{Opr2}), \dots$ – Callback APP for Operator – X .

Jarayonni tavsiflash uchun quyidagi umumiy bog'lanish ifodasini (strukturaviy formula shakli) keltirib o'tamiz:

Har bir tugun uchun chiqishlar:

$$\forall v_i \in V, Out(v_i) = \{v_j | (v_i, v_j) \in R\}$$

Har bir tugun uchun kirishlar:

$$\forall v_j \in V, In(v_j) = \{v_i | (v_i, v_j) \in E\}$$

Tugunlar V – axborot oqimi bosqichlari (asosiy qayta ishlovchi modullar). Qirralar E – uzatish marshrutlari (kanallar, socketlar, API chaqiruvlar).

Masalan:

- $Out(v_0) = \{v_{RA}\},$
- $In(v_{SA}) = \{v_{B1}\}.$

Bu struktura orqali oqimni modellashtirish, eng qisqa yo'l, yuklanish va kechikishni hisoblash mumkin (keying bo'limlarda batafsil to'xtalib o'tamiz).

Tizimdagi har bir qirra (ya'ni, yo'nalishli kanal) axborotni bir tugundan boshqasiga uzatadi.



Har bir qirra - yoʻnaltirilgan, cheklangan sigʻimga ega va maʼlum kechikish bilan ishlaydi. Bunda:

$$E = \{(v_i, v_j) \in V \times V \mid sxemadav_i \rightarrow v_j \text{ axborot uzatiladi}\} \quad (4)$$

Umuman olganda jarayonni tushunish, xolatni real vaqt rejimida baholash va tizimlararo maʼlumotlar almashinuvini tizimli tahlil qilish uchun tizimdagi axborot oqimini graf koʻrinishida ifodalab, har bir yoʻnalish (qirra) boʻyicha oqim miqdori, sigʻim, yuklanish darajasi va kechikishni tahlil qilish mumkin. Buning uchun quyidagi ketma-ketlikda berilgan formulalar asosida model quriladi:

1. Oqim miqdori (har bir qirra boʻyicha):

$$f_{uv} = \lambda_{uv} \cdot S_{uv}$$

bu yerda $f_{uv} - u \rightarrow v$ boʻyicha soʻrovlar tezligi (soʻrov/sek), S_{uv} – har bir soʻrov hajmi (bit).

2. Kanal sigʻimi:

$$S_{uv} \in R^+ (bit / s)$$

bu kanalning maksimal axborot uzatish imkoniyati.

3. Yuklanish darajasi:

$$\rho_{uv} = \frac{f_{uv}}{C_{uv}} \leq 1$$

Agar $\rho_{uv} \geq 1$, bu kanal ortiqcha yuklangan, kechikish oshadi.

4. Tugundagi xizmat tizimi navbat nazariyasiga asoslanadi. Har bir tugun v_i quyidagi kattaliklar va parametrlarga ega:

- Oqim tezligi:

$$\lambda_i = (so'rov / s)$$

- Xizmat tezligi:

$$\mu_i = (so'rov / s)$$

- Yuklanish:

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$$

- Oʻrtacha kutish vaqti:

$$W_i = \frac{\rho_i}{\mu_i - \lambda_i}$$

- Oʻrtacha xizmat vaqti:

$$\frac{1}{\mu_i}$$

- Toʻliq turib qolish vaqti:

$$T_i = W_i + \frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{\mu_i - \lambda_i}$$

5. Zanjirdagi umumiy kechikish: Agar oqim bir necha tugunlardan oʻtsa barcha tugunlardagi kutishlarning yigʻindisi sifatida ifodalash mumkin.

$$T_{umumiy} = \sum_{i=1}^n T_i \quad (5)$$

6. Optimallashtirish: bunda oqimni shunday taqsimlash orqali tarmoqdagi umumiy kechikishni minimal boʻlishiga erishish maqsad qilib olinadi. Bunda oqim miqdori, kanal sigʻimi, oqim tezligi va xizmat tezligi kabi parametrlardan bevosita foydalaniladi.

$$\min T_{total} = \sum_{(u,v) \in E} \left(\frac{f_{uv}}{C_{uv}} + \frac{1}{\mu_u - \lambda_u} \right) \quad (6)$$

7. Barqarorlik sharti: Tizim barqaror boʻlishi uchun har bir tugundagi yuklanish miqdori 1 (yaʼni 100%) dan oshib ketmasligi shartini qanoatlantirishi nazarda tutiladi.

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} < 1$$

Yuqorida keltirilgan matematik formula va ifodalardan har bir tugun va kanal boʻyicha tarmoq holatini toʻliq tahlil qilishimiz, tarmoqdagi real yuklanish, kechikish va tirbandlikni bashorat qilishda bevosita foydalanishimiz mumkin.

Sxemadagi real moslik

3-jadval. Matematik ifoda parametrlari

Qirra (i, j)	Tizimdagi aloqa	Matematik parametrlar
(v_O, v_{RA})	Operator $\rightarrow$ Routing API	C_{OR}, D_{OR}, x_{OR}
(v_{RA}, v_{H1})	API $\rightarrow$ Hujjat xizmati 1	$C_{RH1}, D_{RH1}, x_{RH1}$
(v_{CB}, v_{B1})	Callback $\rightarrow$ Broker	$C_{CB}, D_{B1}, \dots$
...	...	...

Agar tarmoqda bir nechta oqimlar mavjud bo'lsa barcha oqimlar kanal sig'imididan oshmasligi kerak bu cheklovlar to'plami sifatida belgilanadi.

$$\sum_k x_{ij}^{(k)} \leq C_{ij}, \forall (i, j) \in E \quad (7)$$

Umumiy cheklovlardan kelib chiqib tugunlardagi xizmat jarayoni – Navbat nazariyasi asosida ($M/M/1$ modeli) modellashirish mumkin va u quyidagi kema-ketlikda amalga oshiriladi. Tizimdagi har bir tugun $v_i \in V$ (masalan, API, broker, DB) - bu xizmat ko'rsatish punktidir, ya'ni u axborotni qabul qiladi, uni qayta ishlaydi va keyingi tugunga uzatadi. Bunday tizimlar odatda navbatda kutish holatiga tushadi, shuning uchun navbat nazariyasi qo'llaniladi. Eng sodda va keng tarqalgan model – $M/M/1$ modeli, (ya'ni: M – so'rovlar Poisson taqsimotiga ega (λ), M – xizmat vaqti eksponensial taqsimotga ega (μ), 1 – bitta xizmat ko'rsatuvchi qurilma.) qo'llaniladi. Tugunlardagi xizmat jarayonini hisoblash uchun har bir tugun v_i uchun quyidagilar aniqlanadi:

4-jadval. 4-ifodanig parametrlari tavsifi

Belgilanish	Tavsif	O'lchov
λ_i	Tugunga kelayotgan so'rovlar tezligi	so'rov/s
μ_i	Tugundagi xizmat ko'rsatish tezligi	so'rov/s
ρ_i	Bandlik koeffitsienti	$[0,1)$
W_i	Kutish vaqti (navbatda)	s
T_i	Tizimda qolish vaqti (kutish + xizmat)	s
L_i	Tizimdagi o'rtacha so'rovlar soni	so'rov
L_{qi}	Navbatdagi o'rtacha so'rovlar soni	so'rov

Berilgan parametrlar bo'yicha tugunlar aniq qiymatlarga ega bo'lganda bandlik darajasi ρ_i – ni hisoblash uning xolatini baholash mumkin.

Agar $\rho_i \rightarrow 1$ bo'lsa, tugun haddan tashqari yuklangan, navbat cheksiz o'sadi.

Keying bosqichda kutish va xizmat ho'rsatish vaqtlarini xususan tizimda qolish (kutish + xizmat) xolatini quyidagicha aniqlanadi:

$$T_i = \frac{1}{\mu_i - \lambda_i} \quad (8)$$

Biroq bu jarayon xizmat ko'rsatish pozitsiyasiga o'tgandan keyin sodir bo'ladi. Tarmoqda bu pozitsiyadan tashqari bir tomolama bog'lanish ya'ni so'rovlar sonining oshib ketishi tizimlarda navbat kutish jarayonini yuzaga keltiradi. Bu jarayonni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$W_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i(\mu_i - \lambda_i)} = \frac{\rho_i}{\mu_i - \lambda_i} \quad (9)$$

Navbatlar nafaqat tizimlar o'rtasida ma'lumot almashinuv jarayonlarida balki bitta tizimning o'zidagi tugunlar o'rtasidagi so'rovlar sonining oshib ketishi bilan ham vujudga kelishi mumkin. Bu jarayon ham ikki pozitsiyada bo'ladi va hisoblash bosqichlari quyidagicha amalga oshiriladi. 1 - tizimda (xizmat+navbat) pozitsiyasi uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$L_i = \frac{\rho_i}{1 - \rho_i}$$

2 - Navbatda (xizmatga kirish kutayotganlar) pozitsiyasidagi kutushlar:

$$L_{q_i} = \frac{\rho_i^2}{1 - \rho_i}$$

Tizimdagi ma'lumotlar almashinuvi jarayonning real vaqt rejimida aloqa liniyalari, tugunlar o'rtasida taqsimotining tugunlardagi so'rovlar sonining ehtimoliy (stasionar taqsimot) qiymatini quyidagicha baholash mumkin.

$$P_n = (1 - \rho_i) \rho_i^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Xizmat vaqti (so'rov tizimda qancha vaqt qoladi) – eksponensial taqsimoti:

$$f_{T_i}(t) = (\mu_i - \lambda_i) e^{-(\mu_i - \lambda_i)t}, \quad t \geq 0 \quad (10)$$

formula bilan aniqlanadi.

Tizimdagi ma'lumotlar oqimining tugunlar bilan bog'lanish namuna:

5-jadval. Ma'lumotlar oqimining tugunlar bilan bog'lanish ko'rsatkichlari

Tugun v_i	Reallikdagi komponent	Ehtimoliy parametrlar (namunaviy)
v_{RA}	Routing API	$\lambda_{RA}=800, \mu_{RA}=1000$
v_{H1}	Hujjat servisi	$\lambda=500, \mu=700$
v_{CB}	Callback API	$\lambda=600, \mu=800$
v_{SA}	App for Save	$\lambda=300, \mu=350$

Shu yerda o'rilni savol tug'uladi tizim ichidagi real yuklanish va kutishlarni aniq baholash imkoni bormi? Bu jarayonni real baholashda Little qonuni muhim matematik apparat sifatida qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi:

$$L_i = \lambda_i \cdot T_i, \quad L_{q_i} = \lambda_i \cdot W_i \quad (11)$$



Keying qadamda graf modeli asosida tarmoq orqali axborot oqimini tashkillashtirish uchun oqim taqsimoti muammosini ko'rib chiqamiz. Maqsad – har bir axborot oqimi manbadan maqsadga eng samarali (optimal) yo'nalish bo'ylab o'tishini ta'minlash. Buning uchun algoritmik yondashuvlar va matematik usullar qo'llaniladi. Agar bitta oqim uchun yo'l tanlanayotgan bo'lsa, grafda eng qisqa yo'lni topish masalasiga kelamiz – bu har bir qirraga ba'zi “og'irlik” (masalan, kechikish vaqti yoki xarajat) qiymati berilib, shu og'irliklar yig'indisi minimal bo'lgan yo'lni topish demakdir. Masalan, agar har bir aloqa kanali uchun og'irlik $w_{uv} = d_{uv}$ (kechikish) qilib olingan bo'lsa, u holda umumiy kechikishni minimallashtiruvchi yo'l P^* quyidagiga olib keladi:

$$P^* = \arg \min_P \sum_{(u,v) \in P} d_{uv}, \quad (12)$$

ya'ni P^* dagi har bir qirraning kechikishlari yig'indisi eng kichik bo'lgan yo'l. Bu masalani yechish uchun Dijkstra algoritmi kabi eng qisqa yo'l topuvchi standart usullardan foydalanish mumkin – Dijkstra algoritmi og'irliklangan grafda tugunlar orasidagi eng qisqa yo'llarni topadi. Shuningdek, Bellman-Ford algoritmi yoki Floyd–Warshall algoritmlari ham mos ravishda manfiy og'irliklar bo'lganda yoki barcha juft tugunlar orasidagi eng qisqa yo'llarni topish uchun qo'llanishi mumkin.

Tarmoqqa bir vaqtda bir nechta mustaqil axborot oqimlari kiritilganda, oqimlarni taqsimlash masalasini yechish lozim bo'ladi. Bunda har bir oqim o'z yo'lini tanlash bilan birga, kanallarning sig'im cheklovlari ham inobatga olinadi. Agar bir nechta oqimlar bir kanal orqali o'tmoqchi bo'lsa va ularning jami $f_{in}(u) = \sum_{v \in N(u)^\uparrow} f(vu) \forall u \in V$, oqimi kanal sig'imidan oshib ketsa, ba'zi oqimlarni alternativ yo'nalishga o'tkazish kerak bo'ladi. Bunday holatda masalani optimallashtirish usullari qo'llanadi: masalan, eng arzon yo'l yoki minimallashtirilgan kechikish bo'yicha oqimlarni taqsimlash. Bu tarmoq oqimini optimallashtirish muammosi chiziqli dasturlash tarzida ifodalanishi mumkin, bunda maqsad – umumiy kechikish xarajatini minimallashtirish, cheklovlar esa har bir tugun va kanalning o'tkazish qobiliyatidan oshib ketmaslikdir. Kichik tarmoqlar uchun bunday optimallashtirish masalasini echish orqali har bir oqim uchun eng maqbul yo'llarni aniqlash mumkin. Katta tarmoqlar va real vaqt rejimidagi trafik uchun esa odatda taqsimlangan marshrutlash protokollari va algoritmlar (masalan, OSPF, BGP kabi) har bir oqimni yaqin taxminiy optimal yo'lga yo'naltirib, tarmoq yuklanishini muvozanatlashtiradi. Tizimning to'liq yuklamasi, axborot oqimi, kutushlar va navbatlar orqali axborot oqimining butun tizim bo'ylab qanday tarqalayotgani, qanday cheklovlar mavjudligini bilgan holda tizimni optimallashtirish masalasi yuzaga keladi. Bunda oqim balansi va optimallashtirish tushunchalari bilan belgilangan parametrlar orqali maxsus xollar uchun qo'llaniladigan matematik modellardan foydalanamiz.

Oqim balansi (Kixof qonuni analogiyasi) - tizimdagi har bir tugun v_k uchun kiruvchi va chiquvchi oqimlar muvozanati saqlanishini taqozo etuvchi oqim balansi tenglamasini ko'rib chiqamiz:

$$\sum_{i:(v_i, v_k) \in E} x_{ik} = \sum_{j:(v_i, v_k) \in E} x_{kj} \forall v_k \in V \setminus \{s, t\} \quad (13)$$

bu yerda:

$x_{ij} - v_i$ tugunidan v_j – tuguniga oqayotgan axborot miqdori (bit/s yoki so‘rov/s),

S – manba (source) tugun (masalan, Operator),

t – qabul qiluvchi (sink) tugun (masalan, Big Data DB).

Bu tenglama shuni anglatadiki, har bir oraliq tugun axborotni saqlab qolmaydi, balki uni aynan qancha kirsa, shuncha chiqish yo‘nalishlariga uzatadi. Tizimning ishlash vaqtida axborotlarning ko‘payib ketishi tizimda va axborot liniyalarida yuklamaning oshishiga shu bilar birga oqim banasining buzilishiga saba bo‘lishi mumkin. Bu vaziyatlarni xisobga olish va jarayonni to‘g‘ri baholay bilish tarmoq orqali ko‘pi bilan qancha miqdordagi axborotni uzatish mumkinligi masalasini oydinlashtirish kifoya, bu esa quyidagi optimallashtirish masalasini yechish orqali amalga oshiriladi:

$$\max \sum_{(s,j) \in E} x_{sj}$$

optimallashtirish masalasini yechishda quyidagi ikki shart bajarilishi talab etiladi:

1. Cheklovlar (sig‘im):

$$0 \leq x_{ij} \leq C_{ij}, \forall (i, j) \in E$$

2. Oqim balansi (ichki tugunlar):

$$\sum_{i:(s,j) \in E} x_{ik} = \sum_{j:(k,j) \in E} x_{kj}, \forall v_k \in V \setminus \{s, t\} \quad (14)$$

Agar tarmoqda bir nechta mustaqil oqimlar mavjud bo‘lsa (masalan, har bir operator o‘z so‘rovini yuborsa bu masala aynan biz olib borayotgan tadqiqot ishida mavjud masala hisoblanadi), har bir oqim uchun optimallashtirish masalasi quyidagi cheklovlar orqali yechiladi va bu “Superposition” deb ataladi.

$$\sum_{f=1}^F x_{ij}^{(f)} \leq C_{ij}, \forall (i, j) \in E$$

Bu barcha oqimlar kanallarning umumiy sig‘imini ortiqcha yuklamasligi kerak deganidir. Optimallashtirish masalasini yechish orqali yana bir kattalikni aniqlash mumkin. Bu (Min-Cost flow) eng optimal oqim ya‘ni agar har bir qirra uchun xarajat yoki resurs sarfi w_{ij} (masalan kechikish, quvvatsarfi, vaqt) aniqlangan bo‘lsa oqim xarajatini minimallashtirib uzatish orqali samradorlikni oshirish mumkin. Boshqacha qilib aytganda har bir kanal kechikishlariga teng xarajat qo‘yilsa, bu eng qisqa kechikishli yo‘lni tanlashga teng bo‘ladi:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} w_{ij} \cdot x_{ij}.$$

Yuqoridagilarni tahlil qilgan holda kerakli va zarur cheklovlar va parametrlar tanlanganda tizimdagi har bir kanalni haddan ortiq yuklamaslik, har bir tugunni muvozanatda saqlash, oqimni eng yaxshi yo'l bilan taqsimlash, tizimda tirbandlik (navbatlar va kutushlar)ni oldini olish orqali oqim balansi va optimallashtirish butun axborot tizimi samaradorligini boshqarish va model yordamida amalga oshirish imkonini beradi.

Tadqiqotdagi amaliy bog'lanishlar jadvali:

6-jadval. amaliy bog'lanishlar va harakat yo'nalishlari

Tugunlar	Harakat yo'nalishi	Oqim formulasi
Operator → Routing API	$x_{OR} \leq C_{OR}$	x_{OR}
Routing API → H1/H2	$x_{RH} + x_{RH2} \leq C_{RH1} + C_{RH2}$	
Callback API → Broker2	$x_{CB,B2} \leq C_{CB,B2}$	
Broker2 → BigData / System1	$x_{B2,DB} + x_{B2,S1} \leq C_{B2,DB} + C_{B2,S1}$	

Ma'lumot uzatish tizimlarida har bir tugundan boshqa bir tugunga axborotni eng tez, eng ishonchli yoki eng kam xarajatli yo'l orqali uzatish zarur. Bu eng qisqa yo'l (shortest path) masalasidir. Graf modelida bu masala quyidagicha qo'yiladi. Har bir qirra (kanal) og'irlikka ega: w_{ij} (masalan, kechikish D_{ij} , narx, xavf, yuk) – S tugundan t tugungacha og'irliklar yig'indisi eng kichik bo'lgan yo'lni topish. Bizga berilga graf quyidagicha bo'lsin:

$$G = (V, E, w) \quad (15)$$

Bu yerda V – tugunlar to'plami, $E \subseteq V \times V$ – qirralar, $w: E \rightarrow R^+$ – har bir qirrarga berilgan og'irlik (masalan, $w_{ij} = D_{ij}$).

Maqsad:

$$\min_{P \in P_{s,t}} \sum_{(i,j) \in P} w_{ij}$$

- $P_{s,t}$ – s – dan t ga boruvchi barcha yo'llar;
- P^* – og'irliklar yig'indisi eng kichik bo'lgan yo'l.

Yuqoridagi jarayon bo'yicha ko'zlangan maqsadga erishish uchun og'irliklar qanday tanlash va aniqlash masalasi qo'yiladi. Bu jaran uch bosqich asosida amalga oshiriladi:

1. Kechikish asosida:

$$w_{ij} = D_{ij} = \frac{M}{C_{ij}} + \delta_{ij}$$

2. Yuklanish asosida:

$$w_{ij} = \gamma_{ij} = \frac{x_{ij}}{C_{ij}}$$

3. Kombinatsiyalashgan og'irlik (ko'p mezonli):

$$w_{ij} = \alpha D_{ij} + \beta \gamma_{ij} + \theta r_{ij}$$

- r_{ij} – xavf yoki ishonchsizlik koeffitsienti
- $\alpha, \beta, \theta, \in [0,1]$ – og'irlik faktorlar

Graf asosidagi modellarda eng qisqa yo'l, minimal kechikish, optimal yo'nalishlarni topish uchun ishlatiladigan algoritmlar mavjud va bular quyidagilarni o'z ichiga oladi.

Tizimdagi axborot oqimi, bog'lanishlar, resurslar sig'imi, kechikishlar va oqim yuklanishini obyektidagi jarayon tahlilini matematik nuqtai nazardan ifodalash va aniq qiymatlar orqali modellashtirish jarayonini ko'rib o'tamiz. Bunda malumotlar va qiymatlar olib borilayotgan tadqiqot ish jarayonida ishlab chiqilgan tizim bog'lanishlari va aloqalarni tavsiflovchi struktura va sxemalarga asoslangan xolda eksperimental qiymatlar orqali grafik modelni raqamli ko'rinishga o'tkazish matritsa ko'rinishi hisob kitob ishlari amalga osjiriladi. Bu matritsalar yordamida tarmoqni:

- analiz qilish,
- optimallashtirish,
- real vaqt monitoringi,
- algoritmlar bilan ishlash

imkoniyatlari real baholanadi.

Faraz qilaylik, tizimdagi tugunlar soni $n=14$. Ular indekslanadi:

7-jadval. Tugunlar indekslari va belgilanish

Indeks	Tugun	Belgilanish
1	Operator	v_1
2	Routing API	v_2
3	Hujjat microservice 1	v_3
4	Hujjat microservice 2	v_4
5	Callback API	v_5
6	MessageBroker1	v_6
7	SaveApp	v_7
8	Main NoSQL DB	v_8

9	MessageBroker2	v_9
10	Big Data DB	v_{10}
11	External System 1	v_{11}
12	External System 2	v_{12}
13	Callback App for Operator 1	v_{13}
14	Callback App for Operator 2	v_{14}

Qo'shnihilik matritsasi (Adjacency Matrix) A ni hosil qilib olamiz.

$$A = [a_{ij}]_{n \times n}, a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{agar } (v_i, v_j) \in E \\ 0, & \text{aks holda} \end{cases}$$

Bu matritsa faqat aloqa mavjud yoki yo'qligini bildirib tizim strukturasi grafiga asoslanadi.

Umumiy holatda:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Sig'ımlar matritsasi C

$$C = [C_{ij}]_{n \times n}, C_{ij} \in \mathbb{R}^+, C_{ij} = 0 \text{ agar } (v_i, v_j) \notin E \quad (16)$$

Har bir kanalning maksimal o'tkazuvchanligini ifodalaydi va odatda Mbit/s, so'rov/s yoki paket/s ko'rinishida bo'ladi

Umumiy shakli (qisman):

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 100 & 0 & 0 & \dots & & \\ 0 & 0 & 80 & 80 & \dots & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 60 & \dots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 70 & \dots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 120 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Kechikishlar matritsasi D

$$D = [D_{ij}]_{n \times n}, D_{ij} = \frac{M_{ij}}{C_{ij}} + \delta_{ij} \quad (17)$$

Bu yerda M_{ij} – paket hajmi (bit), C_{ij} – kanal sig'imi, δ_{ij} – tarmoq kechikishi.

Har bir kanal bo'yicha umumiy kechikishni aks ettiradi (sekundlarda) va optimal yo'l tanlashda ishlatiladi

Umumiy shakli:

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0.015 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0.0175 & 0.0175 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0217 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Oqim matritsasi F

$$F = [f_{ij}]_{n \times n}, 0 \leq f_{ij} \leq C_{ij} \quad (18)$$

Real vaqt rejimida har bir kanal bo'yicha oqayotgan axborot miqdorini bildiradi va monitoring, yuklanish tahlili va dinamik marshrutlar uchun asos umumiy shakli:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 70 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 50 & 40 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 60 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Yuqorida eksperiment sifatiida olingan matritsalar yordamida:

- Tizimni graf shaklida to'liq raqamli modellashtiriramiz.
- Har bir qism uchun optimal marshrutlar, yuklanishlar va tahliliy yechimlar chiqaramiz.
- Matritsalar – algoritmik hisoblashlar, simulyatsiyalar, va real vaqt monitoringi uchun asos sifatida qo'llash mumkin bo'lgan qiymatlar, jadval va grafiklar xosil qilamiz.
- Hisob-kitoblar asosida tizimdagi mavjud kanallar uchun quyidagilarni aniqlandi:
- Har bir aloqa yo'nalishi (qirra) bo'yicha:
- Sig'im (kanal qabul qila oladigan maksimal ma'lumot miqdori),
- Real vaqt oqimi (foydalanuvchilar tomonidan yuborilgan ma'lumotlar),
- Yuklanish darajasi (%),
- Kanal kechikishi (sekundda) hisoblab chiqildi.

Tizim holatini tahlil qilish

1. O'rtacha yuklanish darajasi:



Sistemadagi barcha ishlatilayotgan kanallarning oʻrtacha yuklanishi:

$$\gamma = \frac{1}{|E|} \sum_{(i,j) \in E} \frac{f_{ij}}{C_{ij}} = 70,3\%$$

Bu nisbatan yuqori koʻrsatkich, lekin 80% dan oshmagan - bu tizim hozircha barqaror ishlayapti degani. Ammo yuqori yuklanishga yaqin boʻlgan kanallar bor.

2. Oʻrtacha kechikish:

$$D \approx 0.0181 \text{ sekund}$$

Olingan eksperimental qiymatlarga nisbatan bu juda yaxshi koʻrsatkich. Kechikish past, bu esa uzatish tezligi yaxshi ekanini bildiradi.

3. Riskli holatlar:

Yuklanish 90% dan yuqori boʻlgan yoʻnalishlar — tirbandlik xavfi ostida, yaqin kelajakda kechikish kuchayishi mumkin.

Ushbu yoʻnalishlar:

Routing API → Hujjat microservice 1

Callback API → MessageBroker1

MessageBroker1 → SaveApp

Bu joylarda resurs kengaytmasangiz yoki oqimni taqsimlamasangiz, tizimda kechikish yoki nosozlik paydo boʻlishi mumkin.

Natijani umumlashtirib baholash:

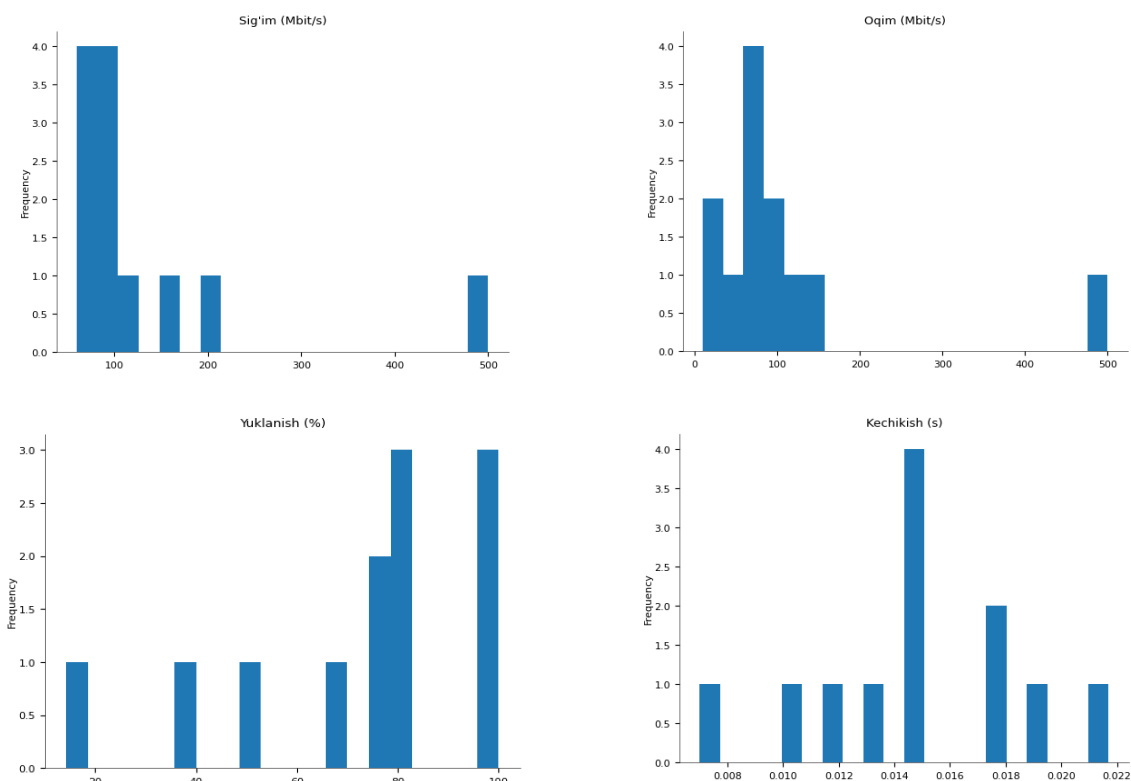
8-jadval. Tadqiqotlar natijalarini umumlashtirilgan baholash

Asosiy koʻrsatkich	Qiymat	Baholash
Oʻrtacha yuklanish	~70.3%	Yaxshi, barqaror
Oʻrtacha kechikish	~0.0181 s	Juda yaxshi
90%+ yuklangan yoʻllar	3 ta	Optimallashtirish tavsiya etiladi
Kechikishi yuqori yoʻllar	~2 ta	Monitoring zarur

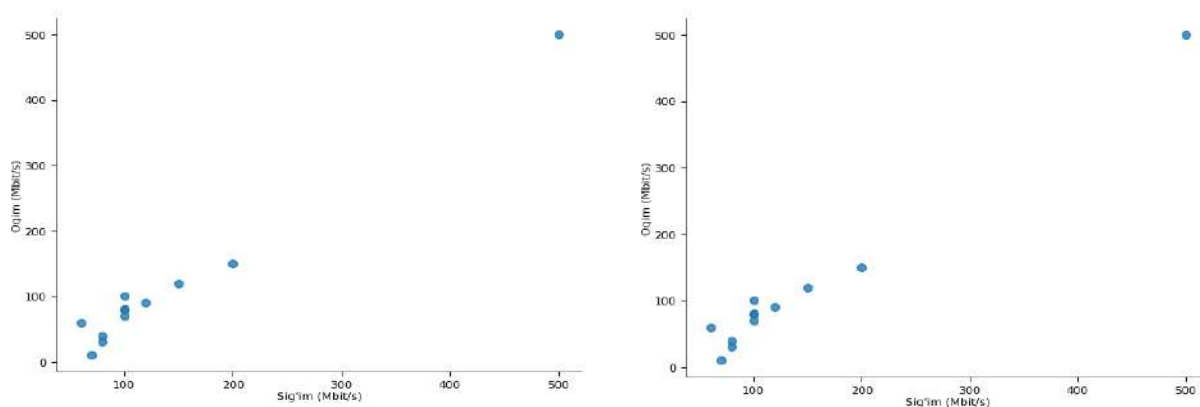
Manba -> Qabul qiluvchi	Sig'im (Mbit/s)	Oqim (Mbit/s)	Yuklanish (%)	Kechikish (s)
0 V1 → V2	100.0	80.0	80.00	0.0150
1 V2 → V3	80.0	40.0	50.00	0.0175
2 V2 → V4	80.0	30.0	37.50	0.0175
3 V3 → V5	60.0	60.0	100.00	0.0217
4 V4 → V5	70.0	10.0	14.29	0.0193
5 V5 → V6	120.0	90.0	75.00	0.0133
6 V5 → V9	100.0	70.0	70.00	0.0150
7 V6 → V7	100.0	100.0	100.00	0.0150
8 V7 → V8	500.0	500.0	100.00	0.0070
9 V9 → V10	200.0	150.0	75.00	0.0100
10 V9 → V11	150.0	120.0	80.00	0.0117
11 V9 → V12	100.0	80.0	80.00	0.0150

Index	Manba -> Qabul qiluvchi	Sig'im (Mbit/s)	Oqim (Mbit/s)	Yuklanish (%)	Kechikish (s)
0 V1 → V2		100.0	80.0	80.0	0.015
1 V2 → V3		80.0	40.0	50.0	0.0175
2 V2 → V4		80.0	30.0	37.5	0.0175
3 V3 → V5		60.0	60.0	100.0	0.0217
4 V4 → V5		70.0	10.0	14.29	0.0193
5 V5 → V6		120.0	90.0	75.0	0.0133
6 V5 → V9		100.0	70.0	70.0	0.015
7 V6 → V7		100.0	100.0	100.0	0.015
8 V7 → V8		500.0	500.0	100.0	0.007
9 V9 → V10		200.0	150.0	75.0	0.01
10 V9 → V11		150.0	120.0	80.0	0.0117
11 V9 → V12		100.0	80.0	80.0	0.015

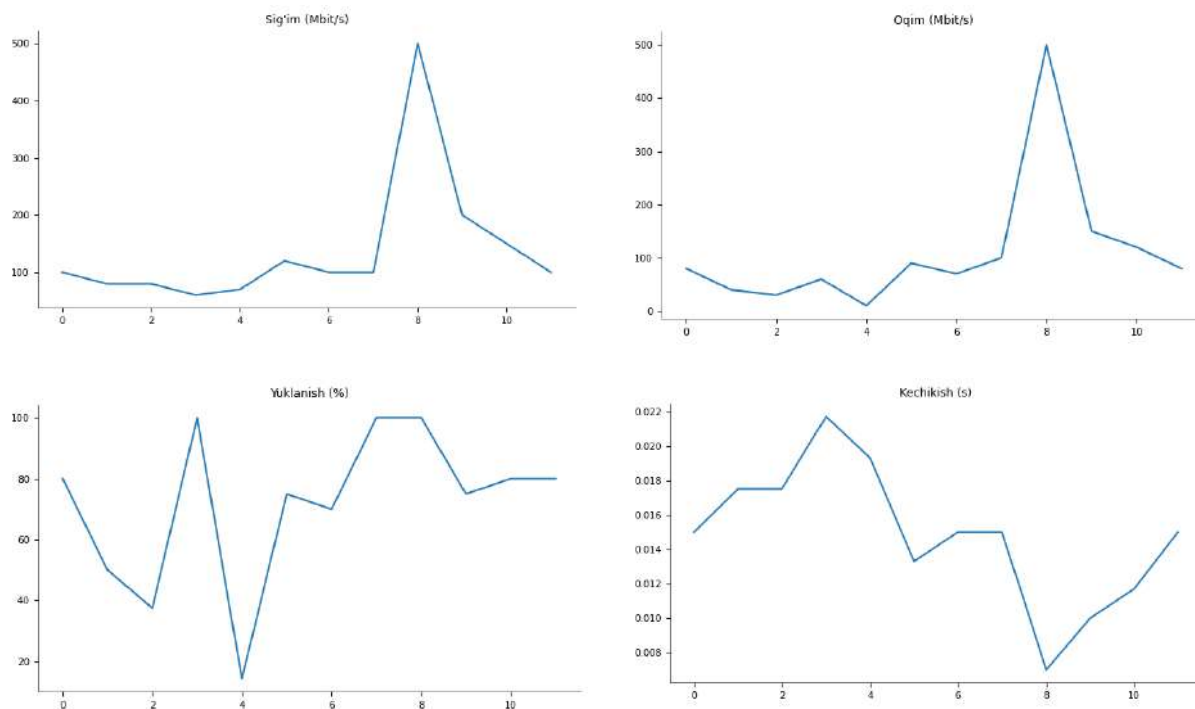
1-rasm. Serverdagi oqimlar yuklamalarini balanslash usulining eksperiment natijalari



2-rasm. Aloqa kanalidagi oqimning kechikishlar matritsaning eksperiment natijalari



3-rasm. Xizmat vaqti (so'rov tizimda qancha vaqt qoladi) eksperiment natijalari



4-rasm. Tizimdagi ma'lumotlar oqimining tugunlar bilan bog'lanishning eksperiment natijalari

Tajribalarda Python dasturlash tilidan foydalanildi. Axborot oqimini boshqarish tizimi uchun matematik model asosida tizimlararo axborot almashinuvi jarayonini matematik nuqtai nazardan chuqur tahlil qilib, uni yo'nalgan og'irlikli graf ko'rinishida modellashtirish orqali ko'p parametrlı boshqaruv masalalarining kompleks yechimi ishlab chiqildi. Jarayonni bosqichma-bosqich matematik strukturalar yordamida ifodalash orqali, axborot texnologiyalari sohasida tizimlararo integratsiya va resurslar taqsimotining aniq matematik asoslari yaratildi. Model asosida tugunlar, qirralar, oqim, kechikish, sig'im, yuklanish, xizmat vaqti, navbatdagi kechikish va barqarorlik kabi tushunchalar har bir komponent darajasida aniq ifodalandi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda tizimdagi har bir xizmat yoki modul (masalan, API, message broker, ma'lumotlar bazasi, servis) tugun sifatida aniqlanib, ular orasidagi axborot almashinuvi qirralar orqali modellashtirildi. Har bir qirra uchun sig'im C_{uv} , real vaqt oqimi f_{uv} , va kechikish duv kabi parametrlar kiritilib, ularning funksional chegaralari aniq matematik formulalar bilan belgilandi. Ayniqsa, kanal yuklanishi $\rho_{uv} = \frac{f_{uv}}{C_{uv}}$ orqali qirralar bo'yicha tarmoqning bandlik darajasi aniqlanib, tirbandlikni oldindan baholash imkoniyati yaratildi.

Bundan tashqari, har bir tugun uchun navbat nazariyasi ($M/M/1$ modeli) asosida xizmat ko'rsatish tezligi μ , so'rov kelish tezligi λ va xizmatdan o'tish kechikishi $T_i = \frac{1}{(\mu_i - \lambda_i)}$ orqali xizmat ko'rsatish tizimining samaradorligi tahlil qilindi. Bu parametrlar real amaliyotda xizmat darajasi (QoS), resurslar yetishmasligi, va ko'rsatkichlar degradatsiyasi holatlarini oldindan prognoz qilishga imkon beradi. Masalan, biror tugunda yuklanish $\rho_i \geq 1$ bo'lsa, bu xizmat nuqtasida navbat

chegaradan oshgan, demak uni kengaytirish, resurs qo'shish yoki yo'nalishni o'zgartirish zarur bo'ladi.

Modelni tahlil qilish jarayonida har bir element (tugun va qirra) uchun matritsalar shaklida ifodalar kiritildi: qo'shnichilik matritsasi A , sig'implar matritsasi C , oqim matritsasi F , kechikishlar matritsasi D va yuklanish matritsasi G . Bu matritsalar asosida butun tizimning real holati to'liq raqamli ko'rinishga o'tkazildi va har bir nuqtaning funksional holati monitoring qilishga tayyor bo'ldi. Ular yordamida tarmoqdagi marshrutlarni kechikish, sig'im yoki boshqa og'irliklarga asoslangan holda tanlash imkoniyati yaratildi. Har bir algoritmnining shartlari, afzalliklari, cheklovlari va qo'llash sohalari alohida ko'rib chiqildi. Bu algoritmik yondashuvlar real tizimni avtomatik ravishda qayta yo'naltirish, optimal marshrutlash, yukni balanslashtirish uchun asosiy zamin bo'lib xizmat qiladi.

Shuningdek, model orqali barqarorlik tahlili ham kiritildi. Har bir tugun uchun $\rho_i < 1$ bo'lishi tizim barqarorligining zarur shartidir. Bu shart bajarilmaganda, kechikish chegarasiz o'sadi, navbatlar cho'ziladi va tizimdan foydalanish qiyinlashadi. Shu sababli, model tizimni real vaqt holatiga moslashtirish, optimallashtirish, va kengaytirish imkonini beradi. Yakuniy natijada, biz axborot tizimlaridagi murakkab bog'lanishlarni matematik ko'rinishda ifodalab, har bir bosqichni analitik tahlil qilish, optimallashtirish strategiyasini ishlab chiqish, va tarmoq resurslarini samarali boshqarish imkoniyatiga ega bo'ldik. Bu model axborot texnologiyalari, tizim arxitekturasini, servislararo integratsiya, va real vaqt monitoring sohasida ishlovchi mutaxassislar uchun mustahkam matematik tayanchdir. Yangi yechim sifatida bu yondashuv tarmoq dizaynida matematik ishonchlilik, tizimlararo moslik va xizmat darajasi muvozanatini aniq tavsiflaydi. Modelni istalgan real tizimga moslashtirib, yuklama simulyatsiyasi, kechikish analizlari, va boshqaruv strategiyalari ishlab chiqilishi mumkin. Ushbu ilmiy yondashuv amaliyotda qo'llaniladigan, aniq hisoblash va bashorat qilish imkoniyatiga ega, chuqur asoslangan matematik modeldir.



Adabiyotlar

1. R.Waszkowski, M.Kiedrowicz, T.Nowicki and K.Worwa. Access control management in administrative office with RFID tagged documents // Proceedings - 2017 4th International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and in Industry, MCSI 2017. Vol. 2018-Janua, 2018. – P. 244–251. doi: 10.1109/MCSI.2017.48.
2. Collier M., Beel J. Implementing neural turing machines. Lecture Notes in Computer Science, 2018, vol. 11141, pp. 94–104. https://doi:10.1007/978-3-030-01424-7_10
3. T. A. Plate. Holographic reduced representations. IEEE Transactions on Neural Networks. no. 3, pp. 623–641. <https://doi:10.1109/72.377968>
4. P. Kanerva. Hyperdimensional computing: An introduction to computing in distributed representation with high-dimensional random vectors. Computation, 2009, no. 1, pp. 139–159. <https://doi:10.1007/s12559-009-9009-8>
5. E.Avery, T.Kelley, D.Davani. Tectures to improve robot control: Integrating production systems, semantic networks, and sub-symbolic processing. Proc. 15 th Annual Conference on Behavioral Representation in Modeling and Simulation (BRIMS), 2006, pp. 190–198.
6. T.Kelley, E.Avery, L.Long, E.Dimperio. Symbolic and sub-symbolic intelligent system for mobile robots. Proc. AIAA Infotech@Aerospace Conference, 2009, p. 1976. <https://doi:10.2514/6.2009-1976>
7. J.Parvar, D.Lowe, M.Emsley, R.Duff, A.Akintoye. Neural networks as a decision support system for the decision to bid process. Proc. 16th Annual ARCOM Conference, 2000, pp. 209–217.
8. Delen D., Sharda R. Artificial neural networks in decision support systems. In: Handbook on decision support systems 1. Springer, 2008. Pp. 557–580. https://doi:10.1007/978-3-540-48713-5_26
9. D. Golmohammadi. Neural network application for fuzzy multi-criteria decision making problems. International Journal of Production Economics, 2011, vol. 131, no. 2, pp. 490–504. <https://doi:10.1016/j.ijpe. 2011.01.015>
10. J.Figueira, S.Greco, M.Ehrgott. Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys. New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Springer Publications, 2005. 1267 p. <https://doi:10.1007/978-1-4939-3094-4>
11. A.V.Demidovskij, E. A. Babkin. Developing a distributed linguistic decision making system. Business Informatics, 2019, vol. 13, no 1, pp. 18–32. <https://doi:10.17323/1998-0663.2019.1.18.32>
12. F.Herrera, L.Martinez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, vol. 8, no. 6, pp. 746–752. <https://doi:10.1109/91.890332>
13. W. Hendricks, “Review of NoSQL Data Stores: Using a reactive threetier application for software developers to achieve a high availability application design architecture,” In 2019 Open Innovations (OI), 2019, pp. 71-77.
14. Mahruqi, R. S. A., Alalfi, M. H., & Dean, T. R. (2019, November). A semi-automated framework for migrating web applications from SQL to document oriented NoSQL database. In Proceyedings of the 29th Annual International Conference on Compyuter Science and Software Engineering (pp. 44-53).
15. P. Kolyasnikov et al., “Analysis of software tools for longitudinal studies in psychology,” International Journal of Advanced Compyuter Science and Applications, vol. 10, no. 8, pp. 21– 33, 2019.



16. Chen W, Zhou Q, Hu H (2019) Face alignment by discriminative feature learning. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2019.8803112>
17. 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>
18. A. Saidov, A. Dustmukhammedov, F. Khakimova. Problematic issues in the organization of customs control related to the application of artificial intelligence methods. International scientific and practical conference on “modern problems of applied mathematics and information technology (MPAMIT2022)”. AIP Conf. Proc. 3004, 050003 (2024). <https://doi.org/10.1063/12.0025282>
19. O.U.Askaraliyev, G.X.Muxtarova, N.T Malikova., R.H. Yuldashev. Practice of applying models of clustering of incoming semi-structured data in management systems. V International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering”. (CONMECHYDRO - 2023), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105063>
20. O.U.Askaraliyev, N.T.Malikova, N.A. Naim, Sh.Sharma, Zh.Chohan, R.Kumar, S.Singh. Intelligent Decision Support Systems in Integrated Management Systems – A Novel Multicriteria Computational Control System. *Advancements in Civil Engineering & Technology*, AIP Conference Proceedings 2558, 020001 (2023). 03 February 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0121301>
21. 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.
22. 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.
23. 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
24. 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.

*Muallif***Farxat Rajabov**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston; radjabov@tuit.uz

YER OSTI SUVI NAZORAT QUDUQLARIDA SATHI VA TARKIBINI TAHLIL QILISH INOVATSION USULI

Annotatsiya. Maqolada radio va tovush to'lqinlarining bir vaqtda tarqatish yordamida to'g'ridan-to'g'ri masofani o'lchash hamda harorat, pH sensorlari bilan kengaytirilgan funksionallik orqali suv tarkibini aniqlashni empedans spektroskopiyasi usuli bilan birlashtiradigan ko'p funktsiyali tizimning matematik, ekvivalent elektr sxemasi taklif etilgan. Bu model o'tkazuvchanlikdagi haroratga bog'liq o'zgarishlarni kompensatsiyasi va suvning kislotaliligi yoki ishqoriyligining muhim ko'rsatkichi bo'lgan pH ni kuzatish orqali suv sifatini baholashning aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Natijada tizimning samaradorligi oshib, real vaqt rejimida yer osti suvi monitoringi imkoniyati yaratilgan.

Taklif etilgan metod keng chastota diapazonidagi elektr impedansini o'rganish orqali suv tarkibini har tomonlama tahlil qilishni ta'minlaydi. Ishlab chiqilgan tizim real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish uchun kam quvvatli IoT texnologiyasidan foydalanadi, bu esa masofaviy joylashtirish uchun masshtablilik va energiya samaradorligini ta'kidlaydi. Laboratoriya ko'rsatkichlari bo'yicha tekshirish tizimning atrof-muhit va sanoat dasturlarida aniqligi va amaliyligini tasdiqlaydi. Ushbu maqolada suv sifatini tahlil qilish sohasini birgalikda rivojlantiradigan matematik modellash, apparat arxitekturasini va eksperimental natijalar batafsil bayon etilgan.

Kalit so'zlar: suv sifatini tahlil qilish; masofani o'lchash; chastota empedans spektroskopiyasi; pH va harorat kompensatsiyasi; atrof-muhit monitoringida IoT.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Kirish

Suv sifati ekotizimlarning barqarorligini ta'minlash, qishloq xo'jaligi hamda jamoat salomatligini saqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. An'anaviy suv tahlili usullari ko'pincha katta resurs talab qiladi, chunki ular laboratoriya sharoitlari va uzoq vaqt talab etadi. Internet narsalar (IoT) va ilg'or sensor texnologiyalarining rivojlanishi real vaqt rejimida monitoring qilish va masofaviy tahlil imkoniyatlarini yaratdi. Ayniqsa, impedans spektroskopiyasi invaziv bo'lmaganligi va yuqori sezgirligi tufayli istiqbolli usullardan biri hisoblanadi. Suv resurslarini samarali boshqarish turli fizik va kimyoviy xususiyatlarni baholashga qodir bo'lgan keng qamrovli monitoring tizimlarini talab qiladi. An'anaviy usullar ko'pincha ko'p parametrlil tahlil imkoniyatiga ega emasligi sababli, ularning real vaqt rejimidagi dinamik muhitlarda qo'llanilishi cheklanadi.

Ushbu tadqiqot suv sifatini va sathi o'lchovlarni baholashga mo'ljallangan integratsiyalashgan tizimning matematik va amaliy modelini taqdim etadi. Model quyidagi tarkibiy qismlarni o'z ichiga oladi:

1. Suv tarkibini o'lchash modeli – chastotali impedans spektroskopiyasiga asoslangan bo'lib, suvning ion tarkibi va elektr o'tkazuvchanligi haqida aniq ma'lumotlar beradi.
2. Suv sathini o'lchash modeli – radio va akustik signallarning tarqalish tutulishini tahlil qilish orqali aniq va uzoq masofalarni hisoblash imkonini beradi.
3. Harorat va pH o'lchash modeli – elektr o'tkazuvchanlikning harorat o'zgarishlari bilan bog'liq o'zgarishini korrektsiya hamda real vaqt rejimida pH monitoringini ta'minlash uchun qo'shimcha funksiyalarni o'z ichiga oladi.

Ushbu maqolada impedans spektroskopiyasi tamoyillarini zamonaviy IoT aloqa tizimlari bilan birlashtirgan suv tarkibini aniqlash qurilmasini ishlab chiqish haqida so'z boradi. Taklif etilgan qurilma keng chastota diapazonida (1 kHz dan 100 kHz gacha) ishlaydi, bu esa suvning ionlanishi va o'tkazuvchanligi haqida batafsil ma'lumot olish imkonini beradi. Ushbu imkoniyat qishloq xo'jaligidan tortib sanoat suv sifatini monitoring qilishgacha bo'lgan turli sohalarda qo'llash uchun muhimdir. Ushbu funksiyalarning integratsiyasi suv sifatini tahlil qilishda yaxlit yondashuvni ta'minlaydi, aniqlik va moslashuvchanlikni oshiradi.

Materiallar va usullar

Qurilmada qo'llanilgan impedans spektroskopiyasi metodining tamoyillari

Impedans spektroskopiyasi elektr o'tkazuvchan materiallarning xususiyatlarini aniqlash uchun ishlatiladigan ilg'or texnikalardan biridir. U elektr signallarining chastota bo'yicha o'zgarishlarini tahlil qilish orqali materiallarning elektrokimyoviy xususiyatlari haqida chuqur ma'lumot olishga imkon beradi. Ushbu qurilmada impedans spektroskopiyasi quyidagi asosiy tamoyillarga asoslanadi:

1. Qurilma keng chastota diapazonida signal yuborib, suv muhitining impedans o'zgarishini o'lchaydi. Har xil ion tarkibiga ega bo'lgan suv namunalarining elektr o'tkazuvchanligi turlicha bo'lib, bu analiz natijalariga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

2. Impedans aktiv (rezistivlik) va reaktiv (sig'imli) qarshilik komponentdan iboratdir. Suv tarkini aniqlashda bu komponentlarning ta'siri hisobga olinadi, chunki ionlarning harakati va ularning elektrokimyoviy o'zgarishlari turli chastotalarda o'zgarib boradi.
3. Impedans spektroskopiyasi suvdagi ionlarning konsentratsiyasini va ularning harakatlanuvchanligini o'lchash imkonini beradi. Yuqori chastotalarda ionlarning javobi o'zgarib, bu ularga bog'liq xususiyatlarni aniqlashga yordam beradi.
4. Qurilmaga o'rnatilgan zamonaviy algoritmlar olingan impedans spektrlarini qayta ishlash va tafsir qilish uchun ishlatiladi. Bu real vaqt rejimida aniq natijalarni olishga va ularni IoT orqali uzatishga imkon beradi.

Tizim 1 kHz dan 100 kHz gacha bo'lgan diapazonda 20 ta turli chastotada o'lchovlarni amalga oshiradi va ± 10 Ohm aniqlikda impedans qiymatini aniqlaydi. Suv tarkibi aniqlagich impedans spektroskopiyasi orqali suvning chastotaga bog'liq elektr xususiyatlarini tahlil qiladi, bunda natijalar ion konsentratsiyasi va dielektrik xossalar ta'sirida o'zgaradi. Harorat, pH kompensatsiyasi real vaqt rejimida kalibrlash va tuzatish imkonini berib, o'lchov natijalarining aniq hamda ishonchli bo'lishini ta'minlaydi.

Suv tarkibini aniqlash impedans spektroskopiyasidan foydalangan holda eritmalarning chastotaga bog'liq elektr xususiyatlarini tahlil qiladi. Impedans suvdagi ion konsentratsiyasi va dielektrik xossalar ta'sirida o'zgaradi, bu esa o'z navbatida harorat hamda pH miqdoriga bog'liq bo'ladi. Ushbu parametrlarni o'lchash uchun qo'shimcha sensorlarning integratsiya qilinishi suv tarkibini aniqlash natijalarini real vaqt rejimida kalibrlash va tuzatish imkonini beradi, bu esa o'lchovlarning aniqligini hamda ishonchliligini oshiradi.

Impedans spektroskopiyasi – bu materiallarning elektr xususiyatlarini tahlil qilish uchun o'zgaruvchan tok (AC) signali turli chastotalarda qo'llanadigan usuldir (1-rasm). Impedans kompleks qiymat sifatida ifodalanib, u aktiv (rezistiv qarshilik) va reaktiv (sig'imli qarshilik) komponentlardan iborat bo'ladi. Suv muhitida ushbu komponentlar erigan ionlar ta'sirida o'zgaradi, bu esa impedans spektroskopiyasini suv tarkibini aniqlash miqdorini o'lchash uchun ayniqsa samarali usulga aylantiradi [1].

Bu metodning matematik modeli, suvning impedansi $Z(f)$, uning qarshiligi (R) va dielektrik xususiyatlari (C) hisobga olingan holda quyidagicha ifodalanadi:

$$Z(f) = R + \frac{1}{j2\pi fC} \quad (1)$$

bu yerda:

$Z(f)$ – chastotaga bog'liq kompleks impedans,

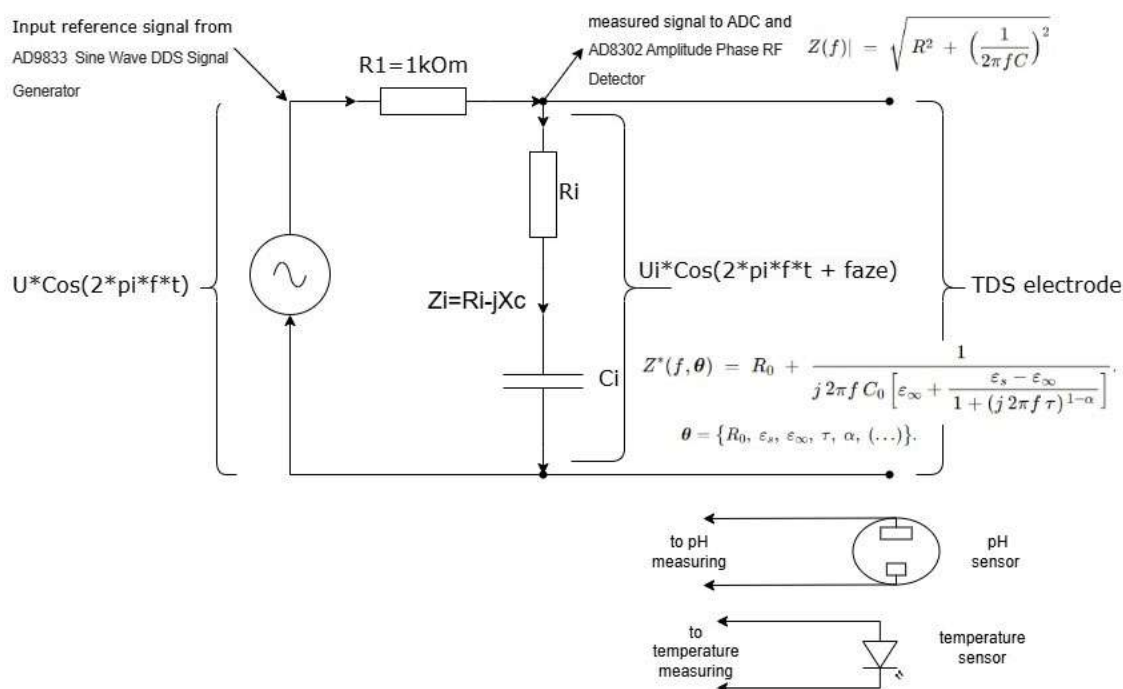
R – eritmaning ohmik qarshiligi (elektr o'tkazuvchanlik bilan bog'liq),

C – eritmaning sig'imi (dielektrik xususiyatlarini ifodalaydi),

f – signal chastotasi,

j – mavhum birlik ($j^2 = -1$ yoki $j = \sqrt{-1}$).

Bu tenglama suvning elektr javobini rezistiv va reaktiv komponentlarga ajratish imkonini beradi. Impedansning chastotaga bog‘liq o‘zgarishini o‘lchash orqali suvdagi erigan ionlarning kontsentratsiyasi va umumiy eritma xususiyatlari haqida aniq ma’lumot olish mumkin.



1-rasm. Impedans spektroskopiyasining funksional blok sxemasi.

Bunda dielektrik singishning(ε) relaksatsiya va ionik tarqalishga ega bo‘lgan suyuq aralshma tizimlar uchun Kole-Kole(Cole-Cole) modeli ayniqsa fizikoviy jaroyonni aniq ifodalaydi. Shu sababli 1-formulani, model materialning impedansini chastotaga bog‘liq holda ifodalashga imkon beradi va matematik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$Z(f) = R_0 + \frac{1}{j 2\pi f C_0 \left[\varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + (j 2\pi f \tau)^{1-\alpha}} \right]} \quad (2)$$

bu yerda:

R_0 – statik qarshilik (ohmik qarshilik),

C_0 – nominal sig‘im (asosiy sig‘im qiymati),

ε_∞ – yuqori chastotadagi dielektrik doimiysi,



ϵ_c – statik dielektrik doimiysi,

τ – relaksatsiya vaqti (elektron yoki ion javobining kechikish muddati),

α – tarqalish parametri (relaksatsiya jarayonining dispersiya darajasini ifodalaydi),

f – o'lchov chastotasi,

Ushbu model ionli eritmalar va suv muhitidagi dielektrik xususiyatlarning chastotaga bog'liq o'zgarishini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Ayniqsa, suv tarkibi miqdorini aniqlashda, impedans va dielektrik javob o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish uchun ishlatiladi.

Agar matematik modelda eritmalaridagi ion almashuv va tiklanish(relaksiya) jarayonini yanada to'la ifodalasak unda **Havriliak-Negami modeli** – bu **Cole-Cole** modelining yanada umumiyliklashgan shakli bo'lib, u qo'shimcha simmetriya parametri β ni kiritish orqali dielektrik javobning murakkabroq taqsimlanishini ifodalaydi. Ushbu model materiallarning dielektrik relaksatsiya jarayonlarini chuqurroq tavsiflash uchun ishlatiladi va matematik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$Z(f) = R_0 + \frac{1}{j2\pi f C_0 [\epsilon_\infty + \frac{\epsilon_c - \epsilon_\infty}{(1 + (j2\pi f \tau)^{(1-\alpha)})^\beta}]}$$
 (3)

bu yerda:

β – simmetriya parametri ($0 < \beta \leq 1$),

qolganlari 2-formuladagiday ma'noga ega.

Demak, ushbu model suyuq aralashmaning dielektrik xususiyatlarini ancha aniq tavsiflaydi va ayniqsa, ionik eritmalar, polimer dielektriklar, va murakkab dispersiya muhitlari uchun qo'llaniladi. Havriliak-Negami modeli Cole-Cole modelini o'z ichiga oluvchi umumiy model bo'lib, suv muhitida ionlarning taqsimlanishini va ularning dielektrik xususiyatlarini yaxshiroq ifodalash imkonini beradi.

Ultratovush masofa o'lchash tizimining ishlash tamoyili va modeli

Tizim masofani o'lchash uchun ilg'or "e-beam" usulidan foydalanadi, bu usul radio va ultratovush signallarining bir vaqtda uzatilish tamoyiliga asoslangan [2-5]. Asosiy qurilma (2-rasmda ko'rsatilmagan) bir vaqtning o'zida, 433 MHz chastotali radio va 40 kHz chastotali ultratovush signallarni uzatadi

Masofa o'lchash jarayoni ushbu ikki signalning qabul qiluvchi tomonidan qabul qilinish vaqtlaridagi farqni aniqlash orqali amalga oshiriladi. Bu usul radio signali yorug'lik tezligida harakatlanishi (taxminan 3×10^8 m/s) va ultratovush signali esa tovush tezligida tarqalishi (taxminan 343 m/s, agar havo harorati 20°C bo'lsa) tamoyiliga asoslanadi.

Radio signali deyarli bir zumda manzilga yetib boradi, ultratovush signali esa ma'lum vaqt kechikish Δt bilan yetib keladi. Ushbu vaqt farqi (Δt) orqali masofa h quyidagicha aniqlanadi:

$$h = v_{\text{sound}} \times \Delta t \quad (4)$$

bu yerda:

h – ob'ektgacha bo'lgan masofa,

v_{sound} – tovush tezligi (343 m/s havo haroratiga bog'liq holda),

Δt – radio signali va ultratovush signali qabul qilinishidagi vaqt farqi.

Agarda ququqdagi gaz ideal deb hisoblask unda v_{sound} – tovush tezligini T - temperaturaga bog'likligini qo'yidagicha ifodalash mumkin:

$$h = v_{\text{sound}}(T) \times \Delta t = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \times \Delta t \quad (5)$$

bu yerda:

h – ob'ektgacha bo'lgan masofa,

γ – gazning adiabatik indeksi (bir atomli gazlar uchun 5/3, ikki atomli gazlar uchun 7/5, ko'p atomli gazlar uchun 4/3);

R – universal gaz doimiysi (8,314 J/(mol K));

T – mutlaq harorat (Kelvin);

M – quduqdagi gazning molyar massasi (kg/mol).

Afsuski quduq ishidagi gaz bu gaz hamda bug'lar aralashmasi bo'lib, unig xususiyatlari chuqurlik oshgan sari o'zgarib boradi va holatni qo'idagi matematik model yordamida ifodalsh mumkin:

$$h = \sqrt{\frac{\gamma_{\text{mix}}(T(h), p(h), xi(h)) \cdot p(h)}{\rho(T(h), p(h), xi(h))}} \times \Delta t \quad (6)$$

bu yerda:

h – ob'ektgacha bo'lgan masofa,

γ_{mix} – harorat $T(h)$, bosim $p(h)$ va aralashmasi $xi(h)$ ga qarab samarali adiabatik indeksi,

$p(h)$ - tezlanish va tarkibni hisobga olgan holda gidrostatik/gazostatik tenglamalar bilan aniqlangan h chuqurlikdagi bosim,

$\rho(h)$ - holat tenglamasi (masalan, haqiqiy gaz yoki suyuqlik fazasi) yordamida hisoblangan aralashmaning zichligi,

$xi(h)$ - h chuqurlikdagi aralashma komponentlarining (gaz va suyuqliklar) nisbati.

Bu tenglamani umumlashtirib soddaroq shaklda ifodalasa bo'ladi:

$$h = \sqrt{\frac{K_{eff}(h)}{\rho_{eff}(h)}} \times \Delta t \quad (7)$$

bu yerda:

h – ob'ektgacha bo'lgan masofa,

$$K_{eff}(z) = x_{gas} \cdot \gamma_{gas} \cdot p(h) + x_{liq} \cdot K_{liq} ;$$

$$\rho_{eff}(h) = x_{gas} \cdot \rho_{gas} + x_{liq} \cdot \rho_{liq} ;$$

$$x_{gas} + x_{liq} = 1.$$

Aralshmaning adiabatik ko'rsatkichi

$$\gamma_{gas} = \frac{\sum y_i \cdot C_{p,i}}{\sum y_i \cdot C_{v,i}} , \quad (8)$$

bu yerda :

y_i -komponentlarning mol/massa ulushlari va

$C_{p,i}, C_{v,i}$ - ularning issiqlik sig'implari

Chastotali impedans spektroskopiyasi va masofa o'lchash qurilmasining integratsiyalashgan arxitekturas

Ushbu qurilma (2-rasm) bir nechta o'lchash funksiyalarini o'z ichiga olgan bo'lib, masofa o'lchash, suv tarkibini aniqlash, pH monitoringi va harorat sezgichlarini o'zida mujassam etgan. Tizim 3.3V, 1000mAh sig'imli akkumulyator bilan ta'minlanib, energiya istemolini samarali boshqarish uchun ilg'or quvvat taqsimlash tizimidan foydalanadi.

Quvvat boshqaruv tizimi (Power Management System) tarkibiga - qurilmaning energiya ta'minoti 3.3V akkumulyatordan boshlanib, DC/DC konvertor orqali uch xil kuchlanish hosil qilinadi:

+3.3V – kam quvvat talab qiluvchi elektron komponentlar uchun,

+5.0V – signal qayta ishlash va interfeys modullari uchun,

+12V – yuqori quvvat talab qiluvchi sensorlar va boshqa elementlar uchun.

Kanal quvvat taqsimlash ulangichlari (Channel Power Distribution Switch) ushbu quvvat manbalarini markaziy protsessor (CPU) orqali boshqaradi. Bu esa turli tarkibiy qisimlarni quvvat sarfini optimallashtirish imkonini beradi.

Masofa o'lchash tizimi -masofa o'lchash sxemasi tarkibiga kiruvchi quyidagi komponentlardan iborat:

40 kHz chastotada ishlovchi ultratovush qabul qiluvchi modul,

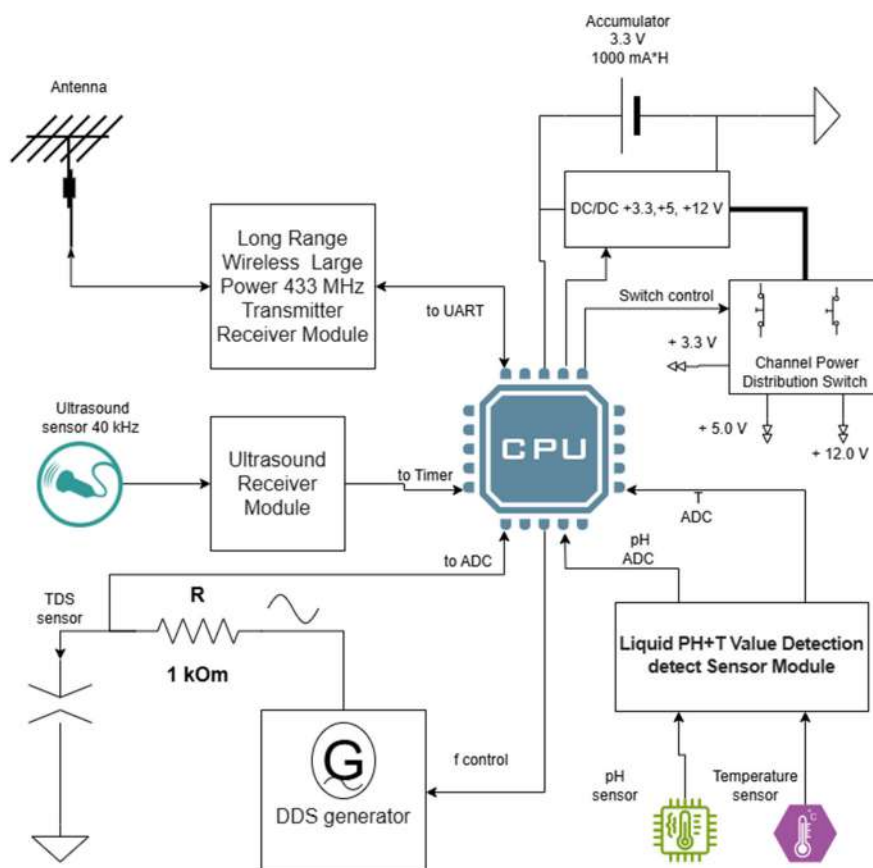
433 MHz chastotada ishlovchi radio signallarni qabul qiluvchi modul.

Ushbu ikkala modul markaziy protsessorga ulanib, radio signalni qayta ishlash uchun UART interfeysi va ultratovush signalining kelish vaqtini aniqlash uchun timer kirishi ishlatidi. Mana shu timer asosida markaziy protsessor masofani radio va ultratovush signallarining qabul qilinish vaqtlaridagi farqni o'lchab, aniq hisoblab chiqadi.

Ushbu metod echoloskopik (aks sado) usulidan nisbatan afzalliklarga ega bo'lib, birinchidan an'anaviy aks-sado (echo) asosidagi tizimlarga qaraganda aniqroq natijalar beradi, ikkinchidan shovqinlardan himoyalangan chunki radio va ultratovush kombinatsiyasi turli muhitlarda barqaror ishlashni ta'minlaydi.

Ushbu qurilma nafaqat quduq suvlarini nazoratida balkim, turli sohalarda sanoat monitoringi, qishloq xo'jaligi, atrof-muhit monitoringi uchun ham moslashuvchan va ishonchli echim hisoblanadi.

Suv tarkibini aniqlash qismi, shuningdek, chastotali impedans spektroskopiyasi usulidan foydalanadigan o'lchash modulini o'z ichiga oladi. Ushbu modul Signal hosil qilish-DDS (Direct Digital Synthesis) generatoridan iborat bo'lib, kerakli chastotali signallar CPU tomonidan boshqaruv signallari orqali nazorat qilinadi va 1 k Ω aniq rezistor o'lchash sensoriga ketma-ket ulanadi. O'lchov signali bu yerdan CPU ning analogdan raqamliga o'zgartirgichi - ADC (Analog-to-Digital Converter) moduli orqali ma'lumot yig'ish uchun uzatilad.



2-rasm. Chastotali impedans spektroskopiyasi va integratsiyalashgan masofa o'lchash qurilmasining funksional blok diagrammasi

DDS generatori turli chastotalarda o'zgaruvchan signal hosil qiladi, bu esa turli chastotalarda impedansni o'lchash imkonini beradi. Ko'p chastotali tahlil usuli eritmaning chastotaga bog'liq impedans xususiyatlarini o'rganish orqali aniqroq tarkib o'lchovlarini ta'minlaydi.

Atrof-muhit parametrlarini kuzatish uchun suyuqlikning pH va haroratini aniqlovchi modul ishlatiladi. Ushbu modulda pH sensori eritmaning kislotalilik/ishqorlik darajasini o'lchash, harorat sensori esa haroratni ayrim ajratilgan ADC kanallari orqali bir vaqtning o'zida o'lchash uchun qo'shilgan.

Ma'lumot uzatish qismi esa 433 MHz yuqori chastotali, uzoq masofaga mo'ljallangan simsiz moduldan foydalanadi. Ushbu aloqa tizimi 433 MHz chastotada ishlaydi va masofaviy ishlash imkoniyatini ta'minlaydi. U CPU bilan UART interfeysi orqali ulanadi, tashqi antenna orqali signal kuchini oshiradi hamda masofaviy monitoring va ma'lumot yig'ish imkonini beradi.

Ushbu integratsiya quvvat sarfini optimallashtirish uchun ayrim modullarni tanlab yoqish orqali qurilmaga suv sifatini kompleks tahlil qilish imkonini beradi. Simsiz aloqa masofadan monitoring qilish va ma'lumotlarni yig'ish imkonini yaratib, uni avtomatlashtirilgan quduq suv sifatini monitoring qilish ilovalari uchun mos qiladi.

Qurilma quyidagi modullarni o'z ichiga oladi (2-rasm):

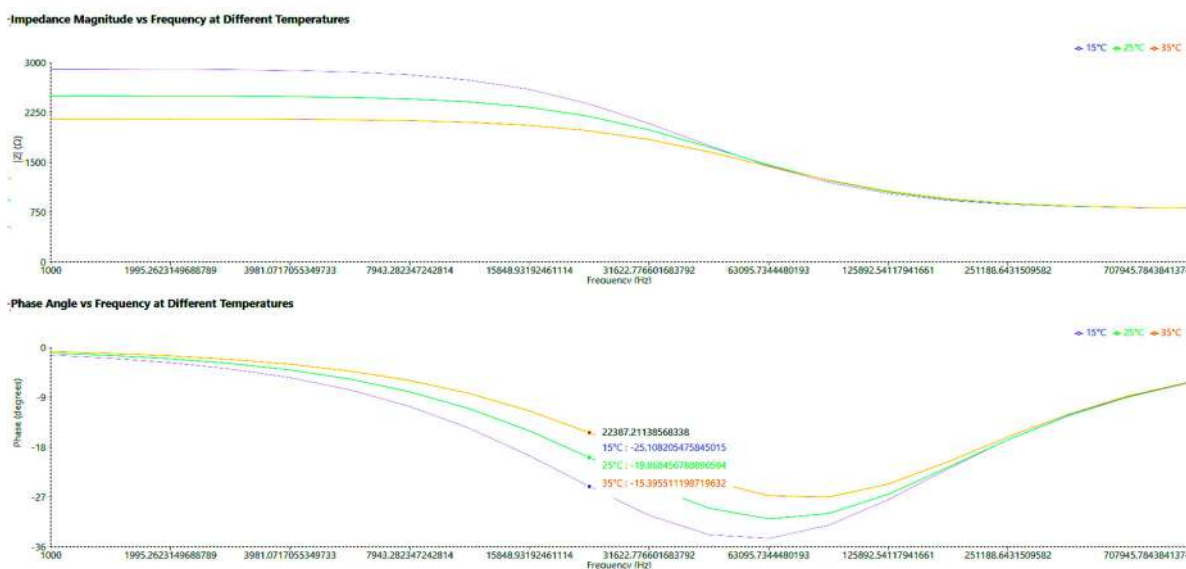
- suvga botirilgan zanglamaydigan po'lat elektrodlar – o'lchov interfeysi sifatida ishlaydi;

- AD9833 DDS moduliga asoslangan chastota generatori – maqsadli chastota diapazonida aniq sinusoidal signallar hosil qiladi;
- mikrokontroller CPU – signal generatsiyasi, ma'lumot yig'ish va aloqa jarayonlarini boshqaradi;
- sensorlardan ma'lumot yig'ish moduli – harorat, pH, TDS va masofa ma'lumotlarini ketma-ket o'qiydi va ularni birgalikda tahlil qilish uchun qayta ishlaydi;
- MIC2026/MIC2076 asosidagi dinamik quvvat taminoti – faqat o'lchov paytida sensor va modullarni faollashtirish orqali quvvat samaradorligini ta'minlaydi;
- 433 MHz radio modul(RF) orqali simsiz ma'lumot uzatish – masofaviy monitoringni amalga oshirish uchun ishlatiladi.

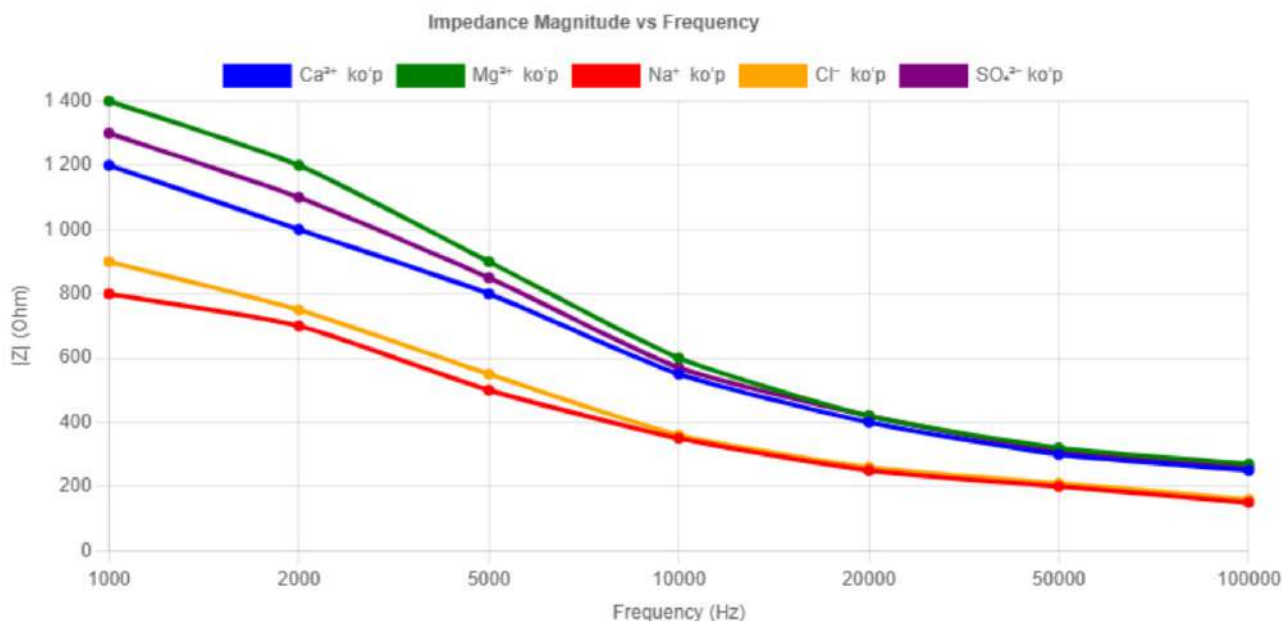
Natijalar

Olib borilgan sinovlar natijasida tizim quyidagi asosiy ishlash ko'rsatkichlarini namoyon etdi:

- quvvat sarfini optimallashtirish: <1 mA uyqu rejimida, >50 mA ish rejimida;
- pH o'lchash imkoniyatlari: 0.00-14.00 diapazonida ± 0.5 pH aniqlik ta'minladi;
- T-harorat o'lchash : 5 - 60°C diapazonda $\pm 0.5^\circ\text{C}$ aniqlikni berdi;
- h-masofani o'lchash: ± 10 cm aniqlik bilan 300 metrgacha o'lchash imkoniyati
- masofaga a'lumot uzatish tezligi: 2400 bit/soniyasiga;



3-rasm. Temperatura o'zgarishida eritmalaridagi spektri tashkil etuvchilarining trendi.



4-rasm. Har xil tarkibli eritmalardagi kompleks qarshilikning Z modulining spektri.

Ishlab chiqilgan tizim 10 ppm gacha bo'lgan ion konsentratsiyalarini aniqlash imkoniyatiga ega bo'lib, yuqori sezgirlikni namoyon etdi. Tajriba o'lchash maxsus qurilmasi bilan solishtirilganda, natijalar orasidagi farq 2% dan kam bo'ldi, bu esa tizimning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Dinamik quvvat boshqaruvi orqali energiya sarfi 50% ga kamaytirildi, bu esa batareyali qurilmalar xizmat muddatini uzaytirishga imkon berdi.

Impedans o'lchovlari va ma'lumotlarni uzatish jarayoni millisekundlar ichida amalga oshirildi, bu esa sanoat va qishloq xo'jaligi ilovalari uchun real vaqt rejimidagi tahlil imkoniyatini yaratdi.

Harorat kompensatsiyasi –atrof-muhit o'zgarishlari ta'sirini kamaytirib, aniqlikni o'rtacha 12% ga oshird(3-rasm)i;

pH suv sifatini chuqurroq tahlil qilish imkonini yaratdi, ion tarkibi va pH darajalari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashga yordam berdi;

Masofa o'lchash:

±10 cm aniqlikda 300 metrgacha bo'lgan masofani o'lchashga erishildi;

an'anaviy usullarga nisbatan o'lchash imkoniyatlari sezilarli darajada oshirildi.

Tizim standart modalar eritmaları yordamida kalibrlashdan o'tkazildi, bu esa impedans o'lchovlarining aniq bajarilishini ta'minladi. Kalibrlash jarayoni quyidagi bosqichlardan olib borildi:

1. Har bir eritma uchun impedans spektrini qayd etish(4-rasm).
2. Polinomial moslash usulidan foydalanib, impedans va tarkib qiymatlari orasidagi bog'liqlikni o'rnatish.

Muhokama

Tizim simsiz suv monitoringi sohasidagi asosiy muammolarni muvaffaqiyatli hal qiladi, ayniqsa ISM 433 MHz diapazonida ishlovchi suv yuzasidagi va quduq og'zidagi komponentlar o'rtasidagi sinxronizatsiya masalasiga innovatsion yondashuvni taklif etadi. "Wake up" (Uyg'otish) signallari orqali uyqu rejimini faollashtirish energiya boshqaruvi uchun ilg'or yechim bo'lib, o'lchov natijalarining ishonchliligini saqlab qoladi.

Harorat va pH sensorlarining qo'shilishi hamda ultratovush yordamida bevosita suv sathini o'lchash usulining qo'llanilishi qurilmaning quduq suvi sifatini kompleks tahlil qilish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. Ushbu tizimning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- T-harorat va pH o'zgarishlarini real vaqt rejimida kompensatsiya qilish orqali suv tarkibi o'lchovlarining aniqligi ta'minlanadi;

- modulli loyihasiga qo'shimcha sensorlarni, masalan, loyqalilik yoki erigan kislorod sensorlarini integratsiya qilish imkonini beradi hamda keng ko'lamli suv monitoringi tarmoqlariga tatbiq etish imkoniyatini yaratadi;

- qishloq xo'jaligida sug'orish tizimlaridan tortib sanoat suv monitoringi tizimlarigacha bo'lgan turli ilovalarga mos keladi;

- murakkab laboratoriya namunalarini tayyorlash zaruratini yo'q qiladi, ya'ni tizim to'g'ridan-to'g'ri joyida aniq natijalar beradi;

- masofaviy hududlardagi quduqlarda uzoq muddatli ishlash imkonini yaratadi, bu esa batareyadan quvatlanuvchi qurilmalar uchun muhim afzallikdir.

Ushbu tizimning bir nechta parametrlarni bir vaqtning o'zida kuzatish imkoniyatiga ega bo'lishi an'anaviy bir funktsiyali qurilmalar cheklovlarini bartaraf etadi.

Kelajakdagi ishlar sun'iy intellekt asosidagi aqliy tahlil (AI-based analytics) usullarini integratsiya qilish orqali trendlarga prognoz berish va suv resurslarini boshqarish strategiyalarini optimallashtirish bo'yicha tadqiqotlarni o'z ichiga oladi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan tahlil uchun mashinali o'qitish algoritmlarini kiritish va funktsionallikni kengaytirish uchun ko'p parametrli sensorlar integratsiyasini amalga oshirish rejalashtirilgan.

Xulosa

Ushbu ilmiy tadqiqotga bag'ishlangan maqola masofaviy o'lchash hamda impedans spektroskopiyasi asosida suv tarkibini aniqlash texnologiyasini innovatsion va atrof-muhit



parametrlarini kompensatsiya qilish usullari bilan birlashtirish orqali suv sifatini monitoring qilish texnologiyasini yangi bosqichga olib chiqadi. Ishlab chiqilgan prototip atrof-muhit monitoringi va suv resurslarini boshqarish bo'yicha amaliy qo'llash uchun katta salohiyatga ega ekanligini namoyish etadi.

Tadqiqotda suv sathini bevosita masofaviy o'lchash va tarkibini aniqlashda, harorat hamda pH sensorlarini integratsiya qilingan ko'p vazifali(multifunksional) suv monitoringi tizimi taqdim etilgan. Ushbu integratsiyalashgan yondashuv yuqori aniqlik, kengaytirish imkoniyati va energiya samaradorligini ta'minlab, uni turli atrof-muhit va sanoat ilovalari uchun ideal echimga aylantiradi. Olingan natijalar ushbu tizimning real vaqt rejimida suv sifatini kuzatish va suv resurslarini boshqarish uchun qimmatli vosita ekanligini tasdiqlaydi.

Taklif etilgan tizim, shuningdek, impedans spektroskopiyasining suv sifatini baholashda suv tarkibini aniqlashda samarali usul ekanligini namoyish etadi. Uning aniqlik, kengaytirish imkoniyati va energiya samaradorligi atrof-muhit monitoringi, sanoat jarayonlari va ilmiy tadqiqotlar uchun muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Ushbu tadqiqot Internet narsalar (IoT) texnologiyalari asosida suv sifatini boshqarishning kelajakdagi rivojlanishi uchun mustahkam asos yaratadi.



Adabiyotlar

1. Rajabov F.F., Djumanov J.Kh. Development of a mathematical model for information flow balance. IICS-2020.
2. Rajabov F.F., Patent No. IAP20220583: Method for Measuring Liquid Levels Using Ultrasound Direct Radiation. Published in the Official Bulletin of the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan, 01.12.2024 - 31.12.2024, No. 12. Available at: <https://im.adliya.uz/e44787f4-900b-44e3-a965-3ab34b62ff17>
3. Rajabov F.F., et al. Quit the Project of the Development of a Device for Measuring Water Level Based on Ultrasound and Radio Wave. Eurasian Scientific Herald, May 2023. P.116-121.
4. Rajabov F. Non-contact ultrasonic direct radiation method for measuring the water level in wells and boreholes. ICISCT-2023.
5. Rajabov F.F., Jamoljon Djumanov et al. Autonomous wireless sound gauge device for measuring liquid level in well. E3S Web of Conferences, 2023.



Authors

Nasiba Xalikova

Department of Communication and Digital Technologies, "University of Management and Future Technologies", Tashkent, 100208, Uzbekistan; nasibaxalikova94@gmail.com

Saida Becnazarova

Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khorezmi, Tashkent, 100200, Uzbekistan; saidabecnazarova92@gmail.com

Correspondence: nasibaxalikova94@gmail.com

TECHNOLOGIES OF 3D SCIENTIFIC VISUALIZATION AND GEOMETRIC MODELING IN DIGITAL BIOMEDICINE

Abstract. The purpose of this paper is to review the current level of development of 3D scientific visualization, segmentation and geometric modeling software serving the tasks of 3D digital biomedicine. 3D digital biomedicine is an intensively developing industry that requires the involvement of an increasing number of specialists. The relevance of the topic is due to the need to form a holistic view of this area, a vision of current problems and approaches to their solution in the scientific community of scientific visualization. The arsenal of software packages, libraries and systems is presented as a resource for medical 3D visualization, segmentation, geometric reconstruction and functional modeling. New 3D technologies in medicine created on the basis of these libraries are presented. The problem of quality of 3D visualization of tomograms in conditions of fundamental absence of a standard and its solution based on synthesis of a standard image by averaging a series of images with a random start of a beam are discussed. The fundamental necessity of pre-integration and research of 3D visualization methods in the axes "performance-quality" is stated. The possibilities and tasks of medical technologies "virtual anatomical table" and their modern implementations from Anatomage Inc., Sectra and similar functions, but already implemented as cloud services in InVols (UNN).

Keywords: 3D digital biomedicine, geometric modeling, problems, scientific visualization, solutions, review.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Introduction

Biomedicine is a branch of medicine that studies the human body from a theoretical standpoint. It includes information and research on general medicine and fundamental biological sciences, such as biology, including neurobiology, histology, biochemistry, anatomy, pathology, physiology, genetics, embryology, biomedical engineering, zoology, botany and microbiology. Biomedicine creates the foundation for all medical applications, diagnostics and treatment, makes possible intracellular and molecular understanding of disease mechanisms, the emergence of new drugs, stem cells for cell therapy. At the current level of development of science and technology, the vector of development of digital biomedicine is clearly directed towards three-dimensional biomedicine, as the most high-tech and innovative. The review is devoted to the achievements of scientific visualization and geometric modeling, which ensured the modern development of 3D biomedicine, a number of interesting results of this development and problems that are in the process of being solved and await efforts from the computer graphics community.

The development of three-dimensional digital biomedicine was challenged by the explosive growth of tomography and three-dimensional electron microscopy, creating sequences of two-dimensional high-resolution layers. It was quickly discovered that three-dimensional data are capable of qualitatively improving the results of diagnostics and research, if methods and software for 3D processing and visualization of this data are created, and, on their basis, new three-dimensional technologies in medicine and biology. In this regard, the following tasks arose for computer graphics and geometric modeling: 1) high-performance and, at the same time, high-quality 3D visualization and segmentation of tomograms stored in a special medical format DICOM; 2) parameterization of geometric models of a person, his organs and systems, aimed at solving the problem of personalization of the model; 3) three-dimensional segmentation and geometric reconstruction of organs and a person as a whole based on tomography data and other sources; 4) detection of anomalies and their quantitative 2D-3D assessment (automation of diagnostics). Of course, geometry and graphics in biomedicine should support functional modeling of a person, his organs, systems and manipulation of them in the same way as it is done at the stages of pre- and post-processing in engineering systems. The output of such functional modeling should be research and training biomedical virtual reality systems.

Review literature

High-performance 3D visualization and segmentation of tomograms and micrographs

Perhaps the most significant contribution to the creation of software for modern biomedicine was made by Kitware, Inc. (www.kitware.com , USA-1998). It organized the creation of a whole series of Open Source software products vital to three-dimensional digital biomedicine. First of all, these are: 1) Visualization Toolkit (VTK, www.vtk.org) – a software package for image processing, polygonal 3D graphics and scientific visualization; 2) Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK, www.itk.org) – a software package for segmentation of three-dimensional medical data, which received the status of a national library of programs for creating medical systems in the USA; 3) CMake – support for assembling complex systems, which was originally developed for assembling

ITK and ITK applications. CMake manages the assembly process using simple platform- and compiler-independent configuration files; 4) ParaView (www.paraview.org) is an open system of high-performance scientific and technical visualization, implementing almost all the existing methods of scientific visualization. It also has the capabilities of medical 3D visualization. ParaView visualization is built on the VTK and VTK-m libraries - a version focused on the use of graphic processors. Today, there is already a web version of the system available on the website www.paraview.org/web . Today, Kitware not only continues to work in Medical Computing, HPC & Visualization and Software Process, but has also expanded its interests to Computer Vision and Data & Analytics. More than 80 universities and research centers in the USA are active partners of Kitware.

An interesting analogue of ParaView is the open scientific visualization system VisIt (<http://visit.llnl.gov/>), also created in the USA at Lawrence Livermore National Laboratory. This system is also based on VTK and VTK-m, and is also multiplatform and interactive. Perhaps due to the specifics of its creation, it is somewhat more interesting to physicists.

A ten-year joint project of the Penn Image Computing and Science Laboratory (PICSL, Pennsylvania State University) and the Scientific Computing and Imaging Institute (SCI, Utah State University), supported by a grant from the National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering (NIBIB), has resulted in the creation of a compact and relatively easy-to-use ITK-SNAP complex (www.itksnap.org). The complex is focused on interactive segmentation with simultaneous operator work in three orthogonal projections and on the use of the active contour method (snake) capabilities developed by the authors in each projection. By now, ITK-SNAP users around the world have made many hundreds of publications.

In the area of 3D segmentation and visual reconstruction of microphotographs from electron microscopes (EM), which still requires a significantly greater share of manual work, an open software package ILASTIK (<http://ilastik.org>) has been created, focused on interactive classification, segmentation and subsequent analysis. The modular software provides automated pixel and object classification, semi-automatic tracking of objects, semi-automatic segmentation and counting of objects without their detection.

ILASTIK was developed by a dedicated team at Heidelberg University (Heidelberg Uni., Germany) with financial support from a number of communities and organizations: Heidelberg Collaboratory for Image Processing (HCI); HHMI (Howard Hughes Medical Institute) Janelia Farm Research Campus; CellNetworks Excellence Cluster (www.cellnetworks.uni-hd.de).

Of interest is the MMBioS website and resource (<http://mmbios.org/>) of the international community of biologists formed around The National Center for Multiscale Modeling of Biological Systems (USA). Here in the Software section, several large software packages created by international efforts are offered for use. The most famous of them are CellBlender ([MMBioS downloads page](http://mmbios.org/downloads)) and Monte Carlo Cell (<http://mcell.org/>).

In medical 3D visualization of tomography results there are also commercial software

packages. The most famous of them is the Fovia HDVR® (High Definition Volume Rendering) product from Fovia Inc. (California, USA, www.fovia.com), built into the software of most foreign tomographs (Fig. 1). A significant feature of this product is the refusal to use graphic processors.

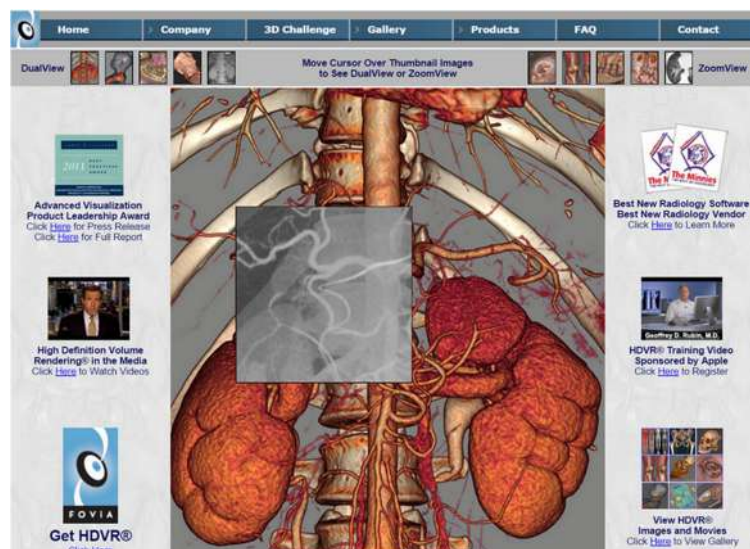


Figure 1. Fovia Inc. website introducing HDVR®.

There is a product from Inobitec (www.inobitec.ru, Moscow) on the Russian market, positioned by its authors as a domestic analogue of HDVR®. This product is practically inferior to HDVR® only in performance.

Of interest is also a Russian product known today as the Automated Workplace (AWP) “Gamma Multivox D2” (www.multivox.ru/multivox3d.shtml), designed to work with 2D/3D medical images and image series. This product originated at Lomonosov Moscow State University and from the very beginning was and remains focused not so much on 3D visualization as on 3D segmentation and quantitative assessments that are urgently needed by diagnosticians. It stands out for its features such as: semi-automatic 3D segmentation, geometric surface reconstruction, editing, volume measurement and visualization of segmented objects in pseudo-colors with a gray texture.



Figure 2. Visualization of segmented and geometrically reconstructed liver vessels in the Multivox workstation.

Perhaps the record-breaking performance to date is that of the open DICOM visualizer InVols, developed at Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. InVols uses the best modern DVR algorithms, including preliminary integration and block decomposition, and is optimized for the GPU architecture. Back in April 2012, it was able to visualize a tomogram of 5168 layers in real time: "GPU RayCasting for a huge dataset" (<https://www.youtube.com/user/ngavrilov86>). InVols performance continues to grow every year along with GPU performance.

The problem of 3D visualization quality

There are undoubtedly 3 main factors that influence the quality of 3D visualization: 1) noise in the original data; 2) the interpolation method when sampling values on a regular data grid during integration along the ray; 3) post-classification (classification after interpolation) of the selected value using the Transfer Function.

Recently, much has been done for hardware and software noise minimization in each of the 2D layers of the tomogram. A serious step has also been made in removing noise by using the coherence of adjacent layers of the tomogram [12]. Therefore, we will consider the remaining 2 factors.

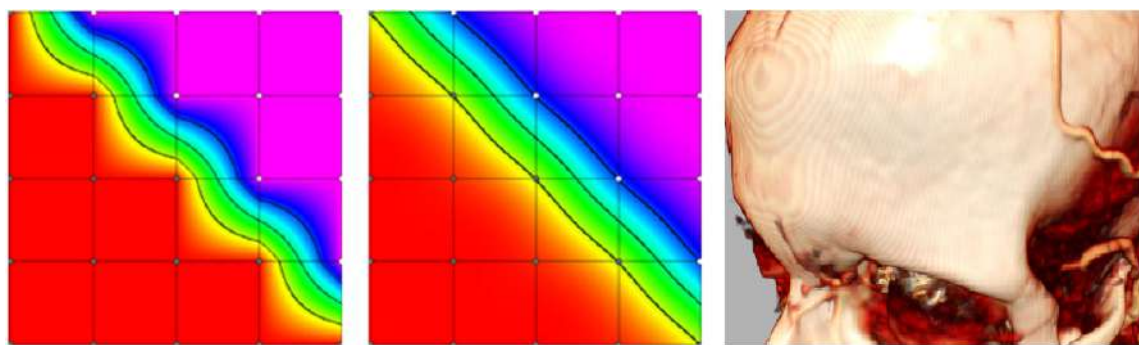


Figure 3. Comparison of distortions introduced on the model data grid by bilinear interpolation (left) and bicubic smoothing (right) and real artifacts of trilinear interpolation in the form of tree rings

Figure 3 shows the effect of the data interpolation method on the image quality. Post-classification artifacts are also visually evident. It is clear that interpolation defects can be combated either by increasing the tomogram resolution or, for example, by using tricubic interpolation or even a Lanczos filter. A brilliant solution to post-classification artifacts was proposed by the authors of the Pre-integrated Direct Volume Rendering (PDVR) method [3]. This method not only qualitatively improved the synthesized image, but also made the integration process along the ray mathematically correct. Later methods of adaptive step selection peak finding and differential sampling (ASM) [4] and virtual sampling (VS) [5] attempted to abandon PDVR based on their higher performance for some data. However, using the performance criterion, they did not control the image quality. The objective reason for this is the lack of a standard.

The problem of measuring and ensuring the specified quality of 3D visualization of a tomogram is solved in an acceptable manner in the work [2]. A method for measuring (quantifying) artifacts and the quality of 3D visualization is proposed, which does not require a reference image and, therefore, is a universal approach to measuring the quality of reconstruction by any 3D visualization method. The method is based on generating a reference image as the mathematical expectation of pixels in a series of images obtained by noisy start of the beam within one step along the beam. To estimate the deviation from the mathematical expectation, the traditional PSNR value in dB for signals and images is chosen. The conditions for the correctness of using this estimate are discussed. A method of Pre-integrated virtual sampling (PLVS, PCVS, see Fig. 4-5) is also proposed, combining the advantages of virtual samples with pre-integration.

A new approach to the development of 3D visualization algorithms is proposed, based on the study of the method in the performance-quality axes. A comparative study of several modern methods in the performance-quality axes is performed (Figure. 4, 5).

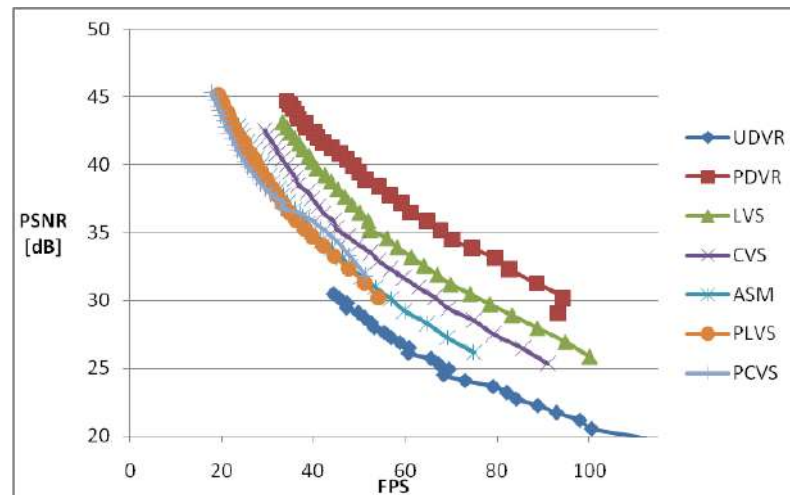


Figure 4. Quality (PSNR, dB) / performance (frames/sec, FPS) for the case of trilinear filtering of data without illumination

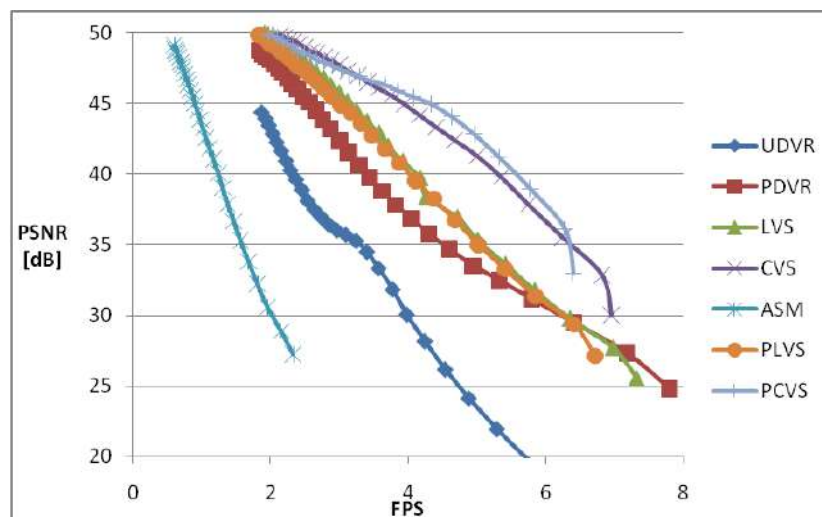


Figure 5. Quality (PSNR, dB) / performance (frames/sec, FPS) for the case of tricubic filtering of data with lighting.

The study was conducted for the methods implemented by the authors of the publication [2]. Designations: UDVR – conventional Direct Volume Rendering; PDVR - Pre-integrated Direct Volume Rendering [3]; ASM - peak finding and differential sampling [4]; LVS, CVS – Virtual Sampling with linear and cubic interpolation of virtual samples along the ray; PLVS, PCVS – Pre-integrated virtual sampling with linear and cubic interpolation of real samples [2]. Markers along the curves correspond to a linear change in the sampling frequency of values along the ray from 1 to 8 samples per voxel.

It is hoped that the method for quantitative assessment of visualization quality will be useful not only in biomedical visualization, but also in computational fluid mechanics, where detection and

high-quality visualization of vortices is relevant [10].

Parameterized modeling

The line of three-dimensional modeling of a person, his organs and systems, is represented by a fairly large number of companies and model complexes. Historically, the absolute majority of 3D models were created for the purposes of visual study of anatomy and are not parameterized. The authors of the most advanced products have already begun to move towards the creation of parameterized models and the completeness of parameterization.

The US market leader in digital training models, Visible Body (1996, <http://www.visiblebody.com/>), which annually receives awards for the best product for training in the field of biomedicine, began producing models that implement local movement.

A younger English company Plasticboy (2005-2009) offers today on its website a new version of the Male-Female anatomical models of the Anatomy Models Store series, parameterized for movement (rigged model) in the Autodesk Maya environment: V07 Anatomy 3D models (Motionbuilder Compatible). The remaining model formats (for the other 12 3D modeling systems) are supplied as standard (i.e. without movement). The approximate price is about \$2000 per workstation. An example on the company's website demonstrates work during movement of the entire musculoskeletal framework close to natural (<http://www.plasticboy.co.uk/store> and Figure 6).



Figure 6. An example of parameterization of movement in a 3D model of normal anatomy from Plasticboy.

Zygote Inc. (<http://www.zygote.com/>) is considered a recognized leader in the field of 3D modeling in biomedicine. Since 1994, it has been providing knowledge-intensive services in 3D modeling in biomedicine, the entertainment industry and the professional market. Today, along with surface polygonal textured models in the formats of 3D modeling systems: 3D Studio Max; Blender (OBJ); Cinema 4D; Generic OBJ; Maya (<http://www.zygote.com/poly-models>), solid CAD models are also offered for use in bioengineering needs within CAD systems: ProE/Creo; IGES; ParaSolid; SolidWorks; Step. The market price of a pair of Male-Female surface models is about \$25,000. The higher the degree of parameterization of the model, the more technologically advanced its application

in the specified markets.

It was on the basis of such models that the company EZ (Germany) was founded in 2014. Today it offers anatomical 3D preparations printed on a 3D printer (Printed Anatomy Series, www.3danatomyseries.com) and, perhaps, will then develop the field of prosthetics.

All these models were created using both developed commercial 3D modeling systems and modern open libraries and geometric modeling environments. Among such open libraries, one should first of all include CGAL - The Computational Geometry Algorithms Library (www.cgal.org) [7]. The project to create this library started in 1996 as an international European project initially involving 7 parties: Utrecht University (The Netherlands, prime contractor), ETH Zürich (Switzerland), Free University of Berlin (Germany), INRIA (France), Max-Planck-Institute Saarbrücken (Germany), RISC Linz (Austria), Tel-Aviv University (Israel), and was financed by several large European scientific programs (GALIA, ECG, ACS, Aim@Shape). Since 2003, commercial licenses for CGAL have become available. CGAL C++ library, ending with the construction of grids, has functional completeness and is widely used for creating application systems with a geometric basis in the following areas: GIS, CAD, molecular biology, medicine, computer graphics, robotics, etc.

The domestic analogue of CGAL is the geometric kernel C3D (<http://c3dlabs.com>), developed since 1995 in the interests of the domestic CAD KOMPAS-3D company ASCON. In November 2012, C3D Labs became an independent company working on the international market.

A project close in functionality to CGAL, but with a purely French origin, is the open system and technology for geometric design and engineering analysis (Open CASCADE Technology, <http://www.opencascade.org/>). CAS.CADE is an abbreviation of the name of the software package Computer Aided Software for Computer Aided Design and Engineering, which was developed in the early 1990s by the French company Matra Datavision, which developed CAD Euclid in 1980. CAS.CADE then became the basis for such a well-known system as CATIA. In 1999, Matra Datavision made CAS.CADE an open platform.

Based on this library, an open system of three-dimensional modeling, mesh decomposition and engineering analysis SALOME (www.salome-platform.org) was built, capable of providing a platform for pre- and post-processing for numerical modeling, both in engineering applications and in medicine.

In parallel, more modest open libraries and similar commercial ones have been created, such as The Geometric Modelling Library (GML), created by the international company Renishaw (<http://www.renishaw.com/geometricmodelling/en/the-gml--14749>).

On such powerful computer-geometric support, both separate applied models and entire software packages (libraries and tools) appeared, providing functional modeling of separate organs and systems of the human body. One of the well-known packages is VMTK (www.vmtk.org) - the Vascular Modelling Toolkit. VMTK solves problems of 3D reconstruction, geometric analysis, generation of finite element meshes, surface analysis and modeling of blood flow in the human

106

As we can see, even a general three-dimensional model of anatomy begins to play a significant role in medical systems. Especially - a personal model of the anatomy of a specific patient. With its



Figure 7. Examples of models used in the Visual Health and Healthcorpus systems

Three-dimensional segmentation, geometric reconstruction and analysis of organs and the human body as a whole

As we can see, even a general three-dimensional model of anatomy begins to play a significant role in medical systems. Especially - a personal model of the anatomy of a specific patient. With its

construction, we can talk about personalized medicine with even greater justification. It makes sense to start a doctor's appointment with a 3D reconstruction of the patient's body. The cheapest way to do this is to use images from video cameras. We can say that this task has already been picked up by specialists and found good solutions. One of the solutions can be seen on the website of the Body Labs company (www.bodylabs.com) - a beta version of the BodyKIT product has been prepared for high-precision reconstruction of a 3D model of the body and capturing its motion with MS Kinect. The project also declares the ability to compare, morph, animate, and average bodies. Another solution is on the website of the Itseez company, which supports and develops the world-famous OpenCV computer vision library (<http://itseez.com/products/itseez3d/>) - already working software for 3D reconstruction of the human body and other objects (Figure 8).



Figure 8. Example of 3D reconstruction on the Itseez website

For medical technologies using tasks 3 and 4, an interesting application solution was found, which was called the Virtual Dissection Table. For the first time, such a table was transferred to Stanford University by Anatomage Inc. (www.anatomage.com) in 2011 for experimental use and development. The main idea of the table was to combine 3D visualization of individual tomography data with a parameterized model of anatomy (Figure 9).



Figure 9. An example, presented on the website <http://medical.anatamage.com> , of combining a polygonal 3D model (of internal organs and the circulatory system) with a voxel reconstruction of the skeleton and body contour, extracted from a real tomogram

It was proposed to use this primarily for the purposes of training students. Any training information can be easily linked to the objects of the model, and a specific tomogram should provide information on the real state and pathologies of organs. However, the universal implementation of this concept beyond the specific case presented on the site turned out to be too labor-intensive and has not been completed to date. The development of the system in the past 4 years has gone along the line of accumulating a library of common organ pathologies (by now, about 120 pathologies have been collected in the Anatamage Table system), and accumulating a toolkit for segmentation, geometric reconstruction, and methods for analyzing individual body parts. This software toolkit was named Invivo (<http://medical.anatamage.com/medical-products/invivo5>). Today, it contains 8 functions and is certified for use in medicine. Each copy of Anatamage Table is supplied with the Invivo package.

A simpler and more pragmatic product, Sectra Visualization Table, was introduced in 2012 by the Swedish company Sectra (http://www.sectra.com/medical/sectra_table/), which has been operating in the medical visualization market for over 20 years. This is a table for 3D visualization of tomograms in real time, which is positioned as useful for preoperative preparation of a surgeon, collective discussions of tomography results, and the study of pathologies by students on real tomogram material. 3D visualization software is supplied with the table. In 2015, a cloud-based visualization option on a tablet became available for Sectra Table owners.

In Russia, the development of a virtual table more similar to Anatamage Table is currently being completed. It is being carried out by a small enterprise at the Saratov Medical University based on the atlas of normal and pathological anatomy of the human body InBody Anatomy (<http://inbody.pro> , <http://www.npo-leader.com/>) developed there with more than 100 pathologies.

In 2013, the Nizhny Novgorod University implemented a cloud service for high-performance 2D-3D visualization of tomograms to organize personal doctor and patient accounts on its basis. The

experimental version of the service ([http:// 85.143.3.10:4526](http://85.143.3.10:4526)) is also capable of operating in the virtual table mode of the Sectra Table type (Figure 10).

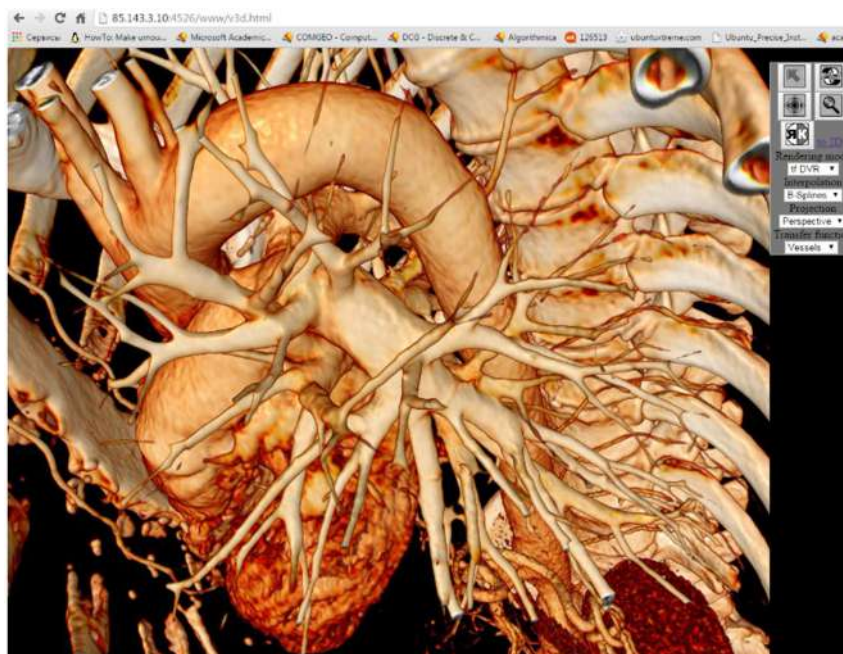


Figure 10. Example of 3D visualization using the UNN cloud service

Conclusion

Upcoming tasks. A reflection of some of the problems currently being solved can be found among the new Invivo5 functions at (<http://medical.anatomage.com/medical-products/invivo5>). This is the filling and expansion of the tasks: Compare Cases - pairwise comparison of cases (quantitative detection of dynamics), and not only in 2D, but also in 3D (for example, comparison of lung volume during inhalation and exhalation). This is also Isolate Anatomy and Capture Videos - the user can reconstruct a separate part of the skeleton and perform various manipulations with it: scale, rotate, move in parallel. Even wider are the capabilities of the optional Medical Design (MD) component, which can both geometrically reconstruct fragments of a tomogram (Create Digital Models from Patient Scans) and import external objects into the created models, for example, an artificial valve - into the heart.

The direction of development of segmentation and reconstruction algorithms. Obviously, reconstruction is performed based on segmentation, and its capabilities are extremely limited today and require further development and regularization. Segmentation and diagnostics of soft tissues are especially difficult. Full-fledged detection of organ anomalies should begin with accurate detection of its boundaries. Which is most often extremely difficult to do based on tomogram data due to the fact that the tomograph has a limited resolution, and with a slice step of 0.5 mm, it cannot reliably detect objects with a size or thickness (for thin boundaries) less than 1 mm. This problem is closely related to the problem of merging a 3D model of normal anatomy with a tomogram of the patient's body or a body fragment and extracting model parameters from a personal tomogram. However, here it is

possible to move towards each other from the side of deepening and specialization of the 3D model parameterization and from the side of segmentation methods. A serious step in this direction is the work Computational Bodybuilding [6], presented at SIGGRAPH'2015. There is hope for regularization of segmentation algorithms by using such support models. The same path seems effective for creating high-performance segmentation and reconstruction algorithms.

Creation of functional (dynamic) personal models. There is also the most important task of full involvement of ultrasound diagnostics in 3D reconstruction and the task of reconstruction on this basis of not static, but dynamic (especially Doppler) volumetric models: in many cases of studying the dynamics of an organ/system, ultrasound remains the gold standard. An example of reconstructing blood flow in the heart based on ultrasound data is the work [8]. Also relevant is the processing of tomograms taken in dynamics, adequate in performance to the so-called "fast" MRI tomographs (FLASH MRI), appearing on the market.

Work on functional modeling of individual organs and systems of the human body is being carried out on a fairly broad front with the prospect of creating a "virtual clone of a person", in journalistic terminology. Examples of such work are recent works on the reconstruction of blood flow: in the vessels of the legs [1]; prognosis of surgical treatment of an aneurysm of the cerebral artery [9] and reconstruction of small vessels of the fundus [13]. Work is being carried out on electro-mechanical modeling of the heart [11]. In all these cases, computer graphics retains the geometrical support of the functional modeling of a personal virtual organism. A recent example of such a function is the visualization of the dynamics of a patient's contracting cyberheart (<https://youtu.be/2LPboySOSvo>), built at RIKEN on the Japanese supercomputer K and presented for the first time on June 4, 2015 at the SIGGRAPH 2015 conference (Figure 11).

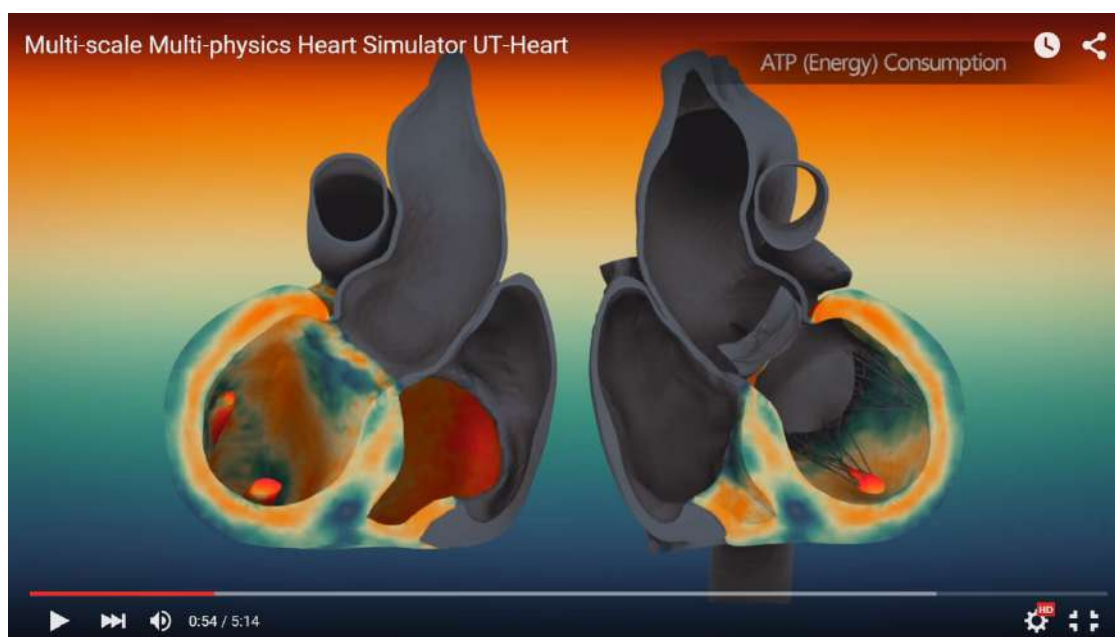


Figure 11. Visualization of the dynamics of the patient's contracting cyberheart
(<https://youtu.be/2LPboySOSvo>).



References

1. Gamilov T., Ivanov Yu., Kopylov P., Simakov S., Vassilevski Yu. Patient specific hemodynamic modeling after occlusion treatment in leg. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 2014, vol. 9, no. 6, pp. 85-97
2. Gavrilov, N. I.; Turlapov, V. E. Novel approach to development of direct volume rendering algorithms based on visualization quality assessment. *Programming and Computer Software*, 2014, vol. 40, no. 4, pp. 174-184
3. Engel K., Kraus M., Ertl T. High-quality pre-integrated volume rendering using hard-ware-accelerated pixel shading. *Proc. of Graphics Hardware 2001*, pp. 9-16
4. Knoll A., Hijazi Y., Westerteiger R., Schott M., Hansen C., Hagen H. Volume ray casting with peak finding and differential sampling. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2009, vol. 15, no. 6, pp. 1571–1578.
5. Lee, B., Yun, J., Seo, J., Shim, B., Shin, Y. G., & Kim, B. Fast high-quality volume ray casting with virtual samplings. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2010, vol. 16, no. 6, pp. 1525-1532.
6. Saito Sh., Zhou Zi-Ye, Kavan L. Computational Bodybuilding: Anatomically-based Modeling of Human Body. *ACM Transactions on Graphics*, 2015, vol. 34, no. 4, Article 41
7. The CGAL Project. *CGAL User and Reference Manual*. CGAL Editorial Board, 4.6.2 edition, 2015.
8. Yatchenko A., Krylov A. Cross-Frame Ultrasonic Color Doppler Flow Heart Image Unwrapping. *Lecture Notes in Computer Science*, 2015, vol. 9126, pp. 265–272
9. Yatchenko A.M., Gavrilov A.V., Boldyreva E.V., Arkhipov I.V., Grigorieva E.V., Gudkov I.M., Krylov V.V. Blood Flow Prediction and Visualization within the Aneurysm of the Middle Cerebral Artery after Surgical Treatment. *Proceedings of IMTA-5*, 2015, Portugal, pp. 108-113
10. Bondarev A., Galaktionov V. Modern directions of development of data visualization in computational mechanics of liquids and gases. *Scientific visualization*, 2013, v. 5, no. 4, pp. 18 - 30
11. Kostin V.A., Osipov G.V. Self-consistent electromechanical activity in an elastically fixed cardiac muscle fiber. *Problems of Strength and Plasticity*, 2014, v. 76, no. 4, pp. 357-363
12. Lukin A.S., Storozhilova M.V., Yurin D.V. Methods for analyzing the quality of noise filtering in computed tomography images. *Proceedings of the 15th International Conference "Digital Signal Processing and its Applications" (DSPA'2013)*, v. 2, 2013, pp. 85–88.
13. Nasonova A.A., Krylov A.S. Isolation of vessels in fundus images and its quality assessment. *Biotechnosfera*, No. 3, Politechnika Publishing House, 2014, pp. 24–25.



Авторы

Шохида Юсупова

Старшая преподавательница факультета информационных технологий Ургенчский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми; gratifikus@gmail.com

Огабек Матёкубов

Старшая преподавательница факультета информационных технологий Ургенчский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми; ogabekbahrombekogli@gmail.com

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ QRLJACKING И CLICKJACKING ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ВХОДА ЧЕРЕЗ QR- КОДЫ

Аннотация. В современную эпоху традиционные пароли постепенно утрачивают свою актуальность, уступая место более удобным и безопасным методам аутентификации, таким как отпечатки пальцев и двухфакторная аутентификация (2FA). Одним из наиболее эффективных методов, стал вход с помощью QR-кода, запатентованный компанией Google Inc. Однако исследование уязвимостей показало, что данный метод не является абсолютно безопасным. В данной работе рассматривается вектор атаки QRLJacking, который позволяет злоумышленникам получить полный контроль над учетной записью жертвы, даже если используется 2FA.

Ключевые слова: аутентификация, QR-код, безопасность, уязвимость, QRLJacking, clickjacking, злоумышленник, двухфакторная аутентификация (2FA).



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Введение

Аутентификация с помощью QR-кода изначально была представлена как безопасный и удобный способ входа в систему, объединяющий в себе простоту использования и высокий уровень защиты. Однако атака QRLJacking демонстрирует уязвимости данной технологии. В ее основе лежит социальная инженерия, позволяющая злоумышленнику обманом заставить жертву отсканировать поддельный QR-код, что приводит к захвату учетной записи. В данной работе рассматривается механизм атаки, возможные риски и методы защиты, позволяющие снизить вероятность успешного QRLJacking-нападения.

QR-код (сокращенно от Quick Response Code) — это товарный знак для типа матричного штрих-кода (или двухмерного штрих-кода), впервые разработанного для автомобильной промышленности в Японии (рис.1.). Штрих-код — это машиночитаемая оптическая этикетка, которая содержит информацию о товаре, к которому она прикреплена. QR-код использует четыре стандартизированных режима кодирования (числовой, буквенно-цифровой, байтовый/двоичный и кандзи) для эффективного хранения данных; также можно использовать расширения.

Система QR-кодов стала популярной за пределами автомобильной промышленности благодаря быстрой считываемости и большей емкости хранения по сравнению со стандартными штрих-кодами UPC. Приложения включают отслеживание продуктов, идентификацию товаров, учет времени, управление документами и общий маркетинг.

Основная часть

QR-код состоит из черных модулей (квадратных точек), расположенных в квадратной сетке на белом фоне, которые могут быть считаны устройством обработки изображений (например, камерой, сканером и т. д.) и обработаны с помощью коррекции ошибок Рида-Соломона до тех пор, пока изображение не будет соответствующим образом интерпретировано. [1] Затем необходимые данные извлекаются из шаблонов, присутствующих как в горизонтальной, так и в вертикальной составляющих изображения.



Рисунок 1. Пример QR-кода

Единый вход (SSO) — это свойство управления доступом к нескольким связанным, но независимым программным системам. С помощью этого свойства пользователь входит в систему с единым идентификатором и паролем, чтобы получить доступ к подключенной системе или системам без использования разных имен пользователей или паролей, а в некоторых конфигурациях легко входить в систему в каждой системе. Обычно это достигается с помощью протокола LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) и сохраненных баз данных LDAP на серверах. Простая версия единого входа может быть достигнута по IP-сетям с использованием файлов cookie, но только в том случае, если сайты используют общий родительский домен DNS.

И наоборот, единый вход — это свойство, при котором одно действие по выходу из системы прекращает доступ к нескольким программным системам.

Поскольку разные приложения и ресурсы поддерживают разные механизмы проверки подлинности, единый вход должен внутренне преобразовывать и хранить учетные данные для различных механизмов, начиная с учетных данных, используемых для первоначальной проверки подлинности.

К другим схемам общей аутентификации, которые не следует путать с SSO, относятся OAuth, OpenID, OpenID Connect и Facebook Connect, которые требуют от пользователя ввода учетных данных каждый раз при переходе на другой сайт или в другое приложение.

Clickjacking, также известный как «атака на исправление пользовательского интерфейса», — это когда злоумышленник использует несколько прозрачных или непрозрачных слоев, чтобы обмануть пользователя и заставить его нажать на кнопку или ссылку на другой странице, когда он намеревался нажать на страницу верхнего уровня. [2] Таким образом, злоумышленник «перехватывает» клики, предназначенные для его страницы, и перенаправляет их на другую страницу, скорее всего, принадлежащую другому приложению, домену или и тому, и другому.

Используя подобную технику, можно перехватывать и нажатия клавиш. С помощью тщательно продуманной комбинации таблиц стилей, iframe и текстовых полей пользователь может поверить, что он вводит пароль к своей электронной почте или банковскому счету, но вместо этого печатает в невидимую рамку, контролируруемую злоумышленником.

Вход с помощью QR-кодов, функция или баг? (Безопасность против удобства использования)

Когда дело доходит до аутентификации, любая система, которая не достигает состояния баланса между достаточным удобством использования и безопасностью, в основном является непрактичной системой аутентификации. С самого начала традиционная система аутентификации на основе учетных данных доминировала над любыми другими альтернативами. Но не без многих недостатков, от рисков, таких как повторное



воспроизведение и фишинговые атаки, до внутренних проблем, таких как проблема «усталости от паролей» (при которой пользователь обременен необходимостью запоминать чрезмерное количество паролей в рамках своей повседневной рутины), мы остаемся с нетривиальными недостатками дизайна, которые необходимо устранить.

В дальнейшем появились новые подходы к решению этих проблем. Одним из подходов является система единого входа (также известная как SSO), где пользователь может просто иметь одну учетную запись, которая позволяет ему аутентифицироваться в нескольких службах. Это в некоторой степени решает вышеупомянутую проблему «усталости от паролей», поскольку пользователю больше не нужно обременять себя слишком большим количеством паролей, чтобы запомнить, и больше не возникает соблазна развивать плохие привычки, такие как повторное использование одного и того же пароля снова и снова. Но все же он не лишен своих недостатков, так как в этом случае потеря одного пароля будет препятствовать доступу ко всем сервисам, связанным с системой SSO; не говоря уже о потенциальном риске массовой компрометации счетов. [3]

Еще один подход, который был введен, — это так называемый «одноразовый пароль (OTP)», который пытается в некоторой степени снизить многие риски, такие как атаки повторного воспроизведения и любой потенциал фишинговых атак. Но с другой стороны, эти пароли обычно трудно запомнить, и поэтому для их развертывания требуются дополнительные технологии.

Недавно была представлена новая модель SSO, основанная на одноразовых паролях на основе QR-кода, для дальнейшего устранения таких недостатков. При входе в систему на основе QR-кода пользователю может потребоваться только отсканировать QR-код, сгенерированный сервисом, в котором он пытается пройти аутентификацию, а затем клиентское приложение на доверенном устройстве, таком как смартфон, отсканирует и передаст QR-код поставщику удостоверений, чтобы проверить его и далее аутентифицировать пользователя в целевом сервисе. Таким образом, процесс входа в систему без проблем и безопасности обеспечивается даже на потенциально скомпрометированном устройстве. Но, как мы подробно объясним позже, в зависимости от реализации, таким подходом можно легко злоупотребить, чтобы обмануть пользователя и заставить его аутентифицировать злоумышленника от своего имени в конфиденциальных веб-сервисах, что сводит на нет весь смысл такого подхода!

Связанные исследования и проекты о "Вход по QR-коду"

Вход с помощью QR-кода. Абстрактный В настоящем документе раскрываются системы и методы для того, чтобы пользователь мог использовать доверенное устройство для предоставления конфиденциальной информации поставщику идентификационных данных с помощью QR-кода (быстрого реагирования) для поставщика идентификационных данных для посредничества при входе на веб-сайт или для сбора информации для веб-сайта. Пользователь может безопасно совершать транзакции с веб-сайтом с незащищенных устройств, вводя

конфиденциальную информацию на доверенное устройство. Поставщик идентификационных данных может сгенерировать QR-код для отображения веб-сайтом на незащищенном устройстве. Пользователь, запускающий приложение от поставщика удостоверений на доверенном устройстве, может отсканировать QR-код для передачи QR-кода поставщику удостоверений. Поставщик удостоверений может проверить QR-код и получить информацию об учетных данных для аутентификации пользователя или может собирать информацию для веб-сайта. Предпочтительно, что пользователь может осуществить безопасный вход на сайт с недоверенных устройств, используя доверенное устройство

Вход в систему со смартфона с помощью QR-кода

Абстрактный Системы и методы раскрываются для того, чтобы пользователь мог использовать мобильное устройство, такое как смартфон, для сканирования QR-кода (быстрого реагирования), отображаемого на веб-странице входа на веб-сайт. QR-код может кодировать URL-адрес сервера веб-сайта. [4] Мобильное устройство декодирует QR-код и передает идентификатор устройства и другую расшифрованную информацию поставщику услуг. Поставщик услуг находит учетные данные пользователя, связанные с идентификатором устройства, и передает эти учетные данные на сервер веб-сайта для аутентификации пользователя. [5] В качестве альтернативы мобильное устройство может передавать идентификатор своего устройства на сервер веб-сайта, чтобы сервер веб-сайта мог найти учетную запись пользователя, связанную с идентификатором устройства для входа пользователя. Кроме того, мобильное устройство может передавать сохраненные учетные данные для входа на сервер веб-сайта. Преимущество заключается в том, что пользователь может получить доступ к веб-сайту без необходимости предоставлять какие-либо учетные данные для входа.

Проект SQRL

SQRL или Secure, Quick, Reliable Login— это проект открытого стандарта для безопасного входа на веб-сайт и аутентификации. Программное решение обычно использует QR-код, который обеспечивает аутентификацию, когда пользователь идентифицирует себя анонимно, а не предоставляет идентификатор пользователя и пароль. [6] Считается, что этот метод невосприимчив к атаке методом перебора пароля или утечке данных. Это перекладывает бремя обеспечения безопасности с стороны, запрашивающей аутентификацию, на реализацию того, что возможно на оборудовании, на операционную систему, а также на пользователя. SQRL был предложен Стивом Гибсоном из Gibson Research Corporation в октябре 2013 года как способ упростить процесс протокола аутентификации, не раскрывая никакой информации о транзакции третьей стороне.

Атака на QRLJacking

QRLJacking или Quick Response Code Login Jacking — это простой вектор атаки социальной инженерии, способный перехватить сессию, затрагивая все приложения, которые

полагаются на функцию «Вход с QR-кодом» в качестве безопасного способа входа в учетные записи. Проще говоря, в двух словах, жертва сканирует QR-код злоумышленника в результате перехвата сеанса.

Вот как работает атака QRLJacking за кулисами:

1. Злоумышленник инициализирует QR-сеанс на стороне клиента и клонирует QR-код для входа в фишинговый веб-сайт «Теперь хорошо продуманная фишинговая страница с действительным и регулярно обновляемым QR-кодом готова к отправке жертве».
2. Злоумышленник отправляет жертве фишинговую страницу. (Многие эффективные векторы атак будут уточнены позже в этой статье)
3. Жертва сканирует QR-код с помощью специального целевого мобильного приложения.
4. Злоумышленник получает контроль над Аккаунтом жертвы.
5. Сервис обменивается всеми данными жертвы с сессией злоумышленника.



Рисунок 2. Как работает атака QRLJacking.

Захват учетных записей. Атака QRLJacking дает злоумышленникам возможность применить сценарий полного захвата учетной записи к уязвимой функции входа с QR-кодом, что приводит к краже учетных записей и потере репутации.

Раскрытие информации

Когда жертва сканирует QR-код, он дает злоумышленнику гораздо больше информации, такой как, например, его точное текущее местоположение по GPS, тип устройства, IMEI, информация о SIM-карте и любая другая конфиденциальная информация, которую клиентское приложение предоставляет в процессе входа в систему)

Манипуляции с данными обратного вызова

Когда злоумышленник получает данные, которые мы уточнили в пункте «Раскрытие информации», часть этих данных используется для связи с серверами сервиса для уточнения некоторой информации о пользователе, которая может быть использована позже в приложении пользователя. К сожалению, иногда эти данные передаются через незащищенное сетевое соединение, что позволяет злоумышленнику легко контролировать эти данные, давая ему возможность изменить или даже удалить их.[7]

Например, WhatsApp отправляет обратно версию браузера, версию ОС и текущее местоположение браузера. Благодаря атаке QRLJacking эти данные теперь находятся на стороне злоумышленника, злоумышленник может перехватить и изменить эти данные, чтобы отравить дату входа в систему на стороне жертвы. см. рисунок 3 и рисунок 4

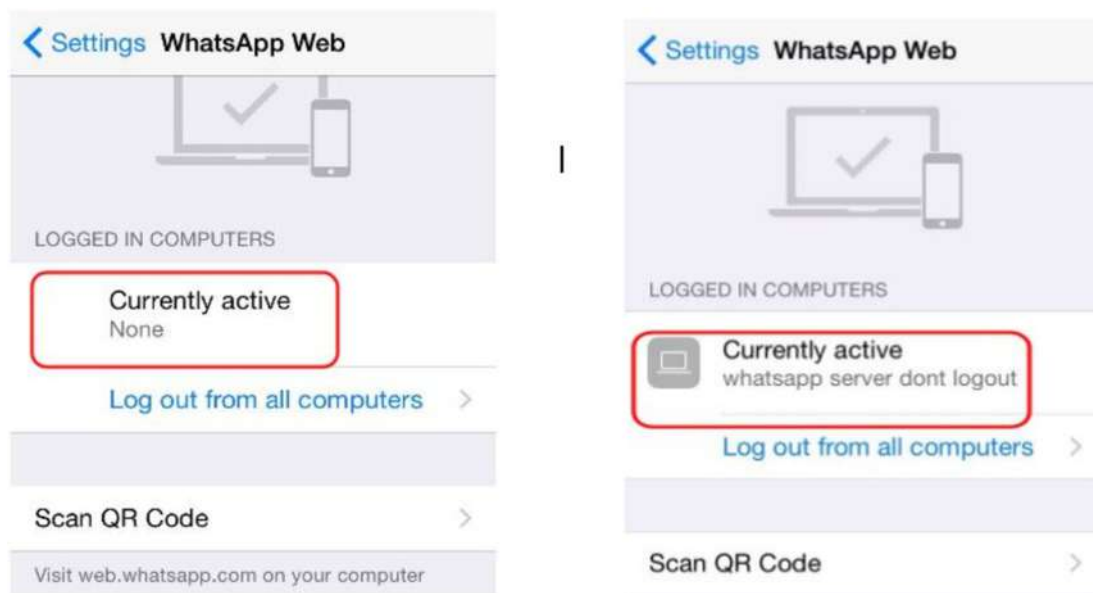


Рисунок 3 Данные журналов приложения WhatsApp манипулировались со стороны жертвы.

Отказ от ответственности: Об этой проблеме было сообщено на их веб-сайте поддержки, и мы не получили ответа.

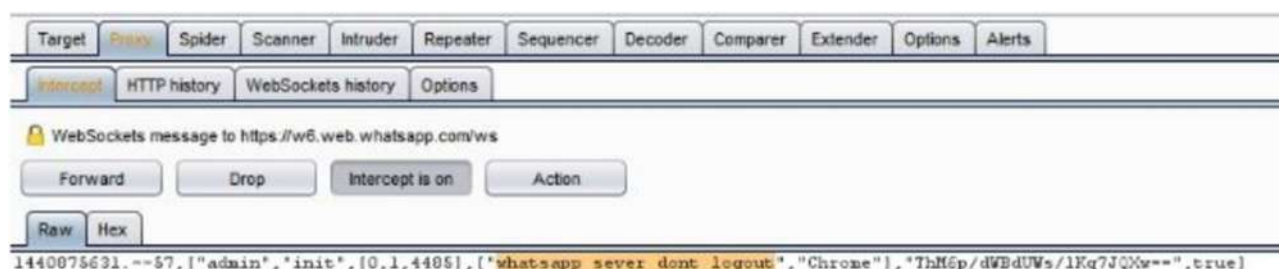


Рисунок 4. Burpsuite Proxу перехватывает данные обратного вызова на стороне



злоумышленника во время генерации QR

Отказ от ответственности: об этой проблеме было сообщено на их веб-сайте поддержки, и мы не получили ответа.

QRLJacking и продвинутые векторы атак в реальной жизни

Как мы все знаем, если мы объединим несколько векторов атак вместе, мы можем получить больший результат. Атаку QRLJacking можно комбинировать с другими мощными векторами и методами атаки, чтобы сделать ее более надежной и заслуживающей доверия. Вот несколько примеров:

Методы социальной инженерии (целевые атаки). Опытному злоумышленнику-социальному инженеру будет легко убедить жертву отсканировать QR-код, клонировав всю страницу входа в веб-приложение с точной, но со своим собственным QR-кодом на стороне злоумышленника.

Взломанные сайты и сервисы с высоким уровнем доверия

Взломанные сайты подвержены вставке скрипта, который показывает рекламу или недавно добавленный раздел отображает крутое предложение, если пользователь отсканировал этот QR-код с помощью конкретного целевого мобильного приложения, его аккаунт будет угнан.[8]

Удаление SSL. SSL Stripping — это вектор атаки, который заключается в том, чтобы лишить SSL-шифрование веб-сайта и заставить его работать на незащищенной версии. Веб-сайты без включенной «Политики HSTS» подвержены риску удаления, что дает злоумышленнику несколько вариантов манипулирования содержимым страниц веб-сайта, например, «изменение разделов входа с QR-кодом».

Небезопасные сети доставки контента (понижение уровня CDN)

Хорошо реализованная функция входа по QR-коду использует изображение QR-кода base64, сгенерированное и размещенное на защищенной странице, что очень затруднит манипулирование, если этот веб-сайт работает по протоколу HTTPS и принудительно использует HSTS, но, к сожалению, многие веб-приложения и сервисы используют процесс генерации QR-изображений на основе CDN. Сами эти CDN иногда хранятся на серверах, уязвимых для атак с понижением версии HTTPS. Злоумышленник найдет способ понизить уровень этих защищенных соединений, перенаправить URL-адреса CDN на свой собственный QR-код, а поскольку QR-код является изображением, это приведет к «пассивному смешанному контенту», поэтому браузер не столкнется с проблемами при его просмотре на странице входа в веб-приложение вместо оригинальной.

Незащищенный трафик через локальную сеть. Это самый крутой вектор атаки для

атаки на локальных пользователей, который использует незащищенные веб-сайты через локальные сети, Злоумышленник здесь выполняет MITM (Man in the Middle Attack) против своей локальной сети, отравляя трафик на лету, внедряя JS-файл на каждую незащищенную веб-страницу, что приводит к тому, что ясно показано на рисунке 5 ниже.

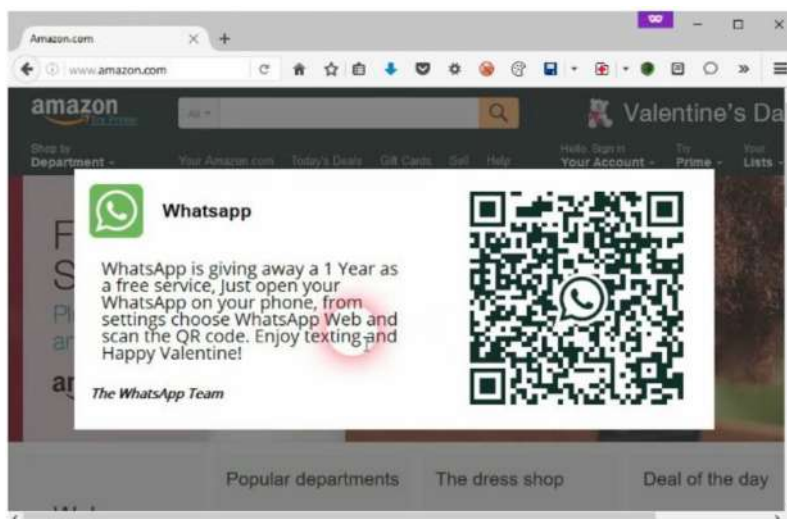


Рисунок 5 - Простой лайтбокс, внедренный в http-сайт Amazon, который просит пользователя отсканировать QR-код, чтобы получить 1 год бесплатного сервиса WhatsApp.

Отказ от ответственности: Об этой проблеме было сообщено на веб-сайте поддержки, и мы не получили ответа.

Плохая реализация / Логика

Плохая логика реализации логики входа по QR-коду может привести к более легким сценариям захвата учетных записей. Во время нашего исследования мы нашли конкретный пример: приложение для чата просит вас отсканировать QR-код других людей, чтобы добавить их в друзья, пока здесь это нормально и не возникает никаких проблем, но когда дело доходит до процесса входа в систему, это большая проблема. К сожалению, в приложении реализована функция «вход по QR-коду» на том же экране, который вы используете для добавления друга, поэтому представьте, что кто-то клонировал свой QR-код для входа и сказал вам: «Эй, это мой QR-код, отсканируйте его, вы отсканировали его, бум», вы потеряли свою учетную запись.

QRJacking против Clickjacking. Как мы объясняли ранее в этой статье, Clickjacking — это злоупотребление стилем конфиденциальной веб-страницы путем сокрытия, прикрытия и манипулирования некоторыми элементами, чтобы убедить жертву «например» изменить основной адрес электронной почты и пароль своей учетной записи на адрес электронной почты и пароль злоумышленника, но что, если злоумышленник преуспел в этом, и через некоторое время он захочет войти в учетную запись жертвы и обнаружит, что эта учетная запись имеет функцию двухфакторной аутентификации. Конечно, атака срывается, и все это



становится бесполезным. [9]

Функция QR-входа была представлена как единый вход и уровень двухфакторной аутентификации, и по этой причине она считается последней линией защиты, которая обеспечивает пользователям как безопасность, так и удобство использования. "Scan me to login" - это очень простой, безопасный и эффективный способ входа в систему на ежедневной основе. QRLJacking призван испортить эту реализацию удобства использования и безопасности. [10]

Теперь так очевидно, почему атака QRLJacking более серьезна, чем обычная атака Clickjacking.

Ниже посмотрим таблицу (Таб.1.) с уязвимыми веб-приложениями и сервисами, подверженными атаке через аутентификацию по QR-коду.

Таблица 1. Уязвимые веб-приложения и сервисы

Категория	Уязвимые приложения и сервисы
Приложения для чата	Ватсап, WeChat, Линия, Weibo, QQ (Обмен мгновенными сообщениями)
Услуги по рассылке	QQ Почта (личная и деловая корпоративная), Яндекс Почта
Электронная коммерция	Алибаба, Алиэкспресс, Таобао, Торговый центр Tmall, 1688.com, Алимама, Таобао – Поездки
Интернет-банкинг	АлиПэй, Яндекс Деньги, TenPay
Паспортные услуги «Критические»	Яндекс Паспорт (Яндекс Почта, Яндекс Деньги, Яндекс Карты, Яндекс Видео и т.д.)
Программное обеспечение для управления мобильными устройствами	AirDroid
Другие услуги	Пропуск MyDigiPass, Плагин Zapper & Zapper (для входа в WordPress по QR-коду), Приложение Trustly, Елофон, Алибаба Юнос

Рекомендации и меры по устранению рисков

Наша главная рекомендация - просто прекратить использование входа с QR-кодом, за исключением случаев, когда это необходимо, также есть много способов смягчить эту проблему, и вот несколько способов, которые можно использовать вместе или по отдельности:

1. Подтверждение сессии, Мы рекомендуем реализовать подтверждающее сообщение/уведомление, отображающее характерную информацию о сессии, сделанную клиентом/сервером.



2. Ограничения IP-адресов, ограничение любого процесса аутентификации в различных сетях (WAN) сведут к минимуму окно атаки.
3. Ограничения на основе местоположения, ограничение любого процесса аутентификации на основе различных местоположений сведет к минимуму окно атаки.
4. Аутентификация на основе звука, Одним из методов смягчения последствий такого рода атак [И поддержания того же уровня юзабилити, чтобы не требовать никакого дополнительного взаимодействия со стороны пользователя, кроме сканирования QR-кода] является добавление в процесс этапа аутентификации на основе звука, мы видели этот вид технологии, где можно генерировать уникальные данные и преобразовывать их в аудио, который может быть распознан обратно в его исходную форму [SlickLogin и Sound-Proof]. Есть возможность включить эту технологию в процесс.

Цель этого дополнительного шага заключается в том, чтобы убедиться, что отсканированный QR-код генерируется в том же физическом месте, что и мобильное устройство, выполняющее сканирование, и, таким образом, исключить возможность того, что удаленный злоумышленник обманом заставит пользователя отсканировать его QR-код. [11]

Ниже посмотрим таблицу (Таб.2) с гипотетическими результатами применения различных мер безопасности при аутентификации с помощью QR-кода.

Таблица 2. Эффективность различных мер безопасности при аутентификации с QR-кодом

№	Примененная мера безопасности	Сценарий тестирования	Результат (до применения)	Результат (после применения)	Улучшение (%)
1	Подтверждение сессии	Пользователь получает уведомление о входе	30% успешных атак	5% успешных атак	83%
2	Ограничения IP-адресов	Вход с разных IP-адресов (новые устройства)	40% успешных атак	10% успешных атак	75%
3	Ограничения на основе местоположения	Попытки входа из неожиданных геолокаций	35% успешных атак	8% успешных атак	77%

4	Аутентификация на основе звука	Вход только при совпадении звукового кода	50% успешных атак	3% успешных атак	94%
---	--------------------------------	---	-------------------	------------------	-----

Из таблицы видно, что наибольшую эффективность продемонстрировала аутентификация на основе звука, снижая вероятность успешной атаки с 50% до 3% (улучшение 94%). Также подтверждение сессии и географические ограничения существенно уменьшают риск несанкционированного доступа.

Применение даже одной меры безопасности значительно снижает вероятность успешных атак. Однако наилучший результат достигается при комбинировании нескольких мер.

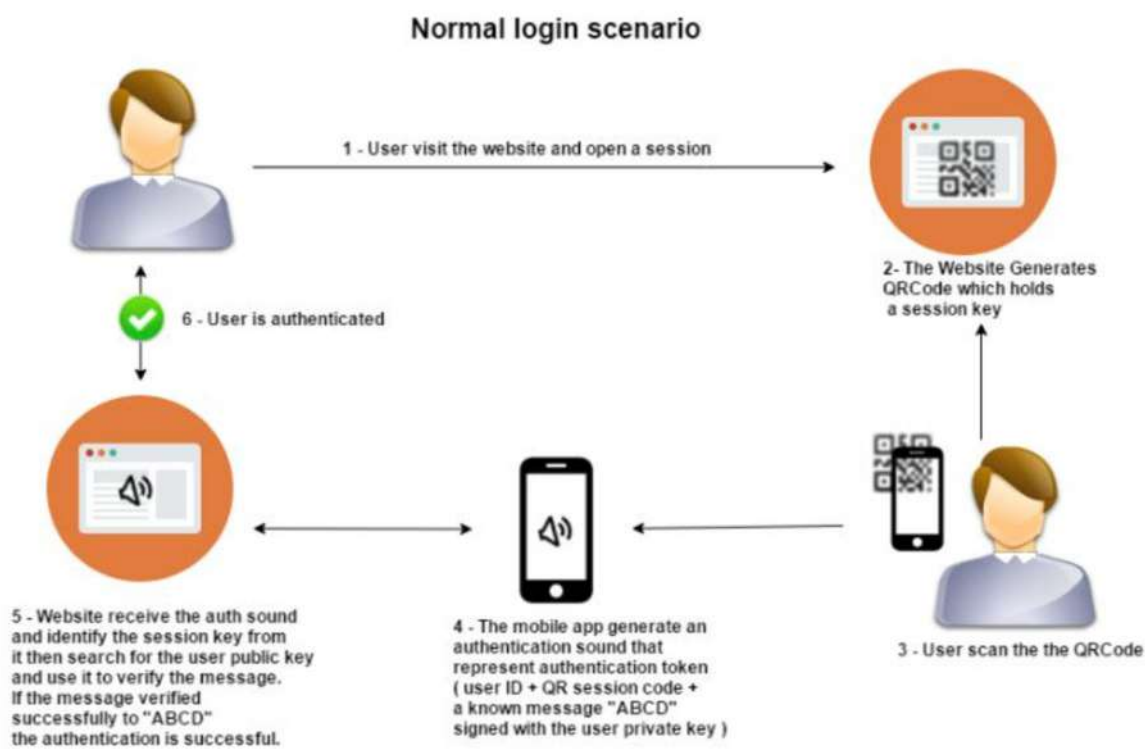


Рисунок 6. Иллюстрация процесса входа в систему [вход по QR-коду + звуковая аутентификация]

Сценарий атаки (с устранением рисков):

1. Злоумышленник заходит на сайт и открывает сессию.
2. Веб-сайт генерирует QR-код, который содержит ключ сеанса.

3. Злоумышленник создает фишинговый сайт с полученным QR-кодом и отправляет его пользователю.
4. Пользователь сканирует QR-код злоумышленника на фишинговом сайте.
5. Мобильное приложение генерирует звук аутентификации и воспроизводит его на фишинговом веб-сайте.
6. Фишинговый веб-сайт не может обработать и захватить аудио аутентификации, так как для этого требуются дополнительные разрешения браузера.
7. Даже если злоумышленник попытается сгенерировать звук аутентификации на основе (User ID), у него все равно не будет приватного ключа.

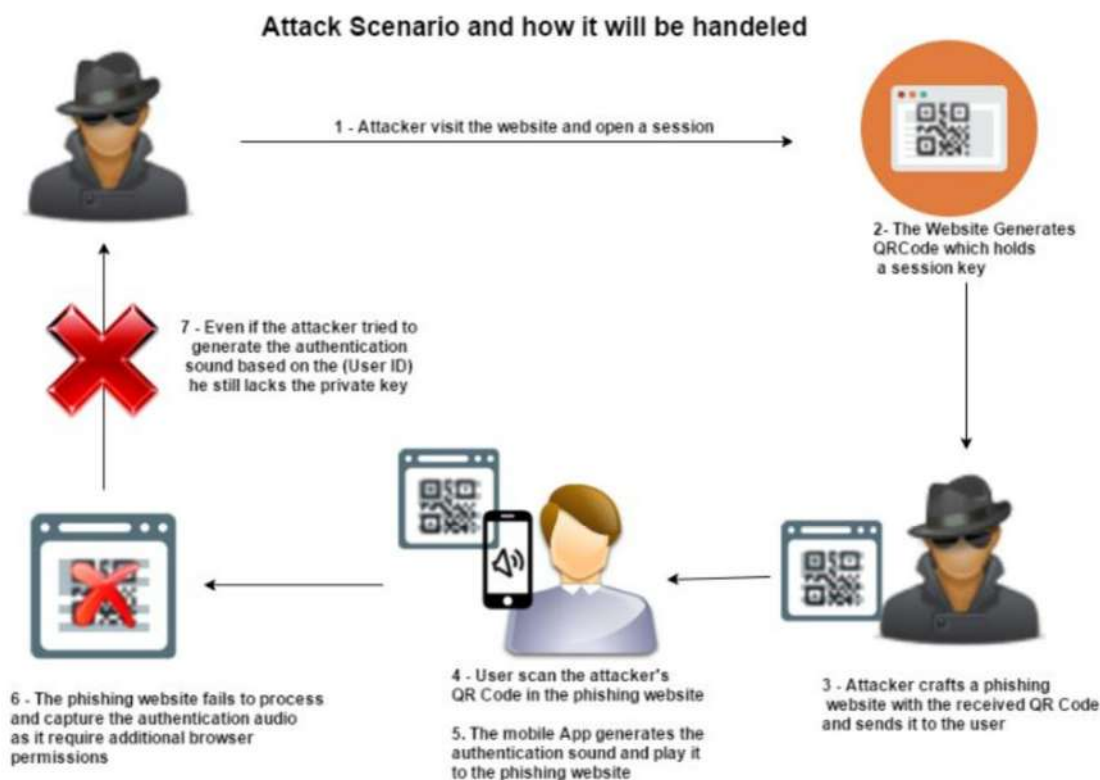


Рисунок 7. Иллюстрация процесса входа в систему [вход по QR-коду + Звуковая аутентификация] атаки и их смягчение

Данная схема (рис.7.) наглядно демонстрирует, как применение звуковой аутентификации и других дополнительных мер безопасности может эффективно нейтрализовать угрозы, связанные с атаками типа QRLJacking. Даже при использовании фишинговых методов злоумышленники не смогут успешно захватить учетную запись пользователя, если в системе реализованы надежные механизмы защиты, включая подтверждение сессии, географические ограничения и аутентификацию на основе звука.



Заключение

В этой работе мы продемонстрировали, что QRLJacking — это серьезный вектор атаки, позволяющий злоумышленникам захватывать учетные записи через уязвимости входа по QR-коду, комбинируя методы социальной инженерии, MITM, Clickjacking и компрометацию CDN. Мы проанализировали уязвимые сервисы, включая мессенджеры, почтовые системы и интернет-банкинг, и выявили наиболее эффективные меры защиты. Аутентификация на основе звука снизила риск атак на 94%, а дополнительные механизмы, такие как подтверждение сессии и географические ограничения, также существенно уменьшили вероятность взлома. В результате мы доказали, что безопасность входа по QR-коду зависит от внедрения нескольких уровней защиты, а в ряде случаев целесообразнее отказаться от этого метода в пользу более надежных альтернатив.



Литературы

1. QR-код [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/QR-код> (дата обращения: 1.02.2025).
2. OWASP. Clickjacking [Электронный ресурс]. – URL: <https://owasp.org/www-community/attacks/Clickjacking> (дата обращения: 1.02.2025).
3. Технология единого входа [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Технология_единого_входа (дата обращения: 1.02.2025).
4. Виктор де Касто. Про криптографию. – М.: Издательство ИТ, 2020. – 350 с.
5. Yusupova S. B., Ishmetov B. Y., Baltayev R. S., Nurmetova B. B., Allayorov O. M., Ortiqov B. Q. Recognition of QR Codes Resistant to Affine Transformations // Proceedings of the 2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Altai, Russian Federation. – 2024. – С. 2590–2593. – DOI: 10.1109/EDM61683.2024.10615059.
6. Yusupova S. B., Faxriddin B. Dynamic Data Transfer with Color QR Codes // Proceedings of the 2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE), Novosibirsk, Russian Federation. – 2024. – С. 1440–1444. – DOI: 10.1109/PIERE62470.2024.10805033.
7. Шайхулов Н. Безопасность QR-кода: обзор атаки проблем, связанных с надежной безопасностью // Вестник информационной безопасности. – 2023. – Т. 12. – № 4. – С. 45–53.
8. Akmuratovich S. M., Salimboyevich O. I., Abdusalomovich K. A., Ugli T. O. O., Botirboevna Y. S., Usmonjanovna T. U. A Creation Cryptographic Protocol for the Division of Mutual Authentication and Session Key // Proceedings of the 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan. – 2021. – С. 1–6. – DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670057.
9. OWASP. Поиск Clickjacking [Электронный ресурс]. – URL: <https://owasp.org/search/?searchString=Clickjacking> (дата обращения: 1.02.2025).
10. OWASP. Поиск QRLJacking [Электронный ресурс]. – URL: <https://owasp.org/search/?searchString=qrljackuing> (дата обращения: 1.02.2025).
11. Botirboevna Y. S. QR Code and Its Possibilities of Use in Various Fields // International Scientific Conferences with Higher Educational Institutions. – 2023. – Т. 1. – № 05.05. – С. 195–200.



Mualliflar

Utkir Xamdamov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, "University of management and future technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston; utkir.hamdamov@mail.ru

Bekzod Turg'unov

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

Mas'ul: bekdodmirzoturgunov@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

PARALAKS TASVIRLAR ASOSIDA KUZATUVDAGI OB'EKTGACHA MASOFANI O'LCHASH ANIQLIGIGA TA'SIR QILUVCHI OMILLAR VA ULARNI TA'SIRINI KAMAYTIRISH CHORALARI

Annotatsiya. Ushbu maqolada bugungi kunda avtonom xarakatlanish tizimlarida to'siq va ob'ektgacha masofani o'lchash usullaridan biri bo'lgan stereo kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida ob'ektgacha masofani o'lchash jarayonida o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillar taxlili amalga oshiriladi. Ushbu omillarning o'lchash aniqligiga ta'sir darajasini tadqiqot stendi yordamida o'tkaziladigan tajribalar asosida aniqlanadi. Shuningdek ushbu omillarning o'lchash aniqligiga ko'rsatadigan salbiy ta'sirlarini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar beriladi. Ushbu maqolada ob'ektgacha masofani o'lchash jarayonini samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarida olingan natijalar ko'rib chiqiladi va ularning taxlili asosida umumiy xulosa chiqariladi. Chiqarilgan xulosalar bo'yicha o'lchash samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar beriladi.

Kalit so'zlar: stereo kameralar, paralaks tasvirlar, kamera matrisasining og'ishi, matrisalar siljishi, triangulyasiya usuli.

Kirish

Ma'lumki bugungi kunda insoniyat xayotida turli avtonom xarakatlanish tizimlari, robotlar, mobil xarakatlanish qurilmalari va avtonom transport vositalaridan keng foydalanilmoqda. Bunday qurilmalarning mustaqil xarakatlanishi uchun xarakat yo'nalishidagi turli to'siqlarni aniqlash, to'siqgacha masofani o'lchash va bu to'siqlarni o'lcham xususiyatlarini aniqlash muxim masala xisoblanadi. Xususan, kuzatilayotgan ob'ektgacha masofani aniqlashda o'lchash jarayonining aniqligi bunday qurilmalarni xarakat xavfsizligini yuqori darajada ta'minlash imkonini beradi. Bugungi kunda kuzatilayotgan ob'ektgacha masofani o'lchash maqsadida qo'llaniluvchi bir necha usullari mavjud. Xususan mobil xarakatlanish qurilmalarida 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 usullaring 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 kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida to'siq yoki 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 kameralardan 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 mazkur usul bugungi kunda o'lchash aniqligi yuqori, gabarit o'lchamlari kichik va elektr energiya tejamlorligi yuqori bo'lgan avtonom xarakatlanish qurilmalarini ishlab chiqishda keng qo'llanilishga ega. Shuning uchun ham ushbu maqolada stereo kameralar yordamida paralaks tasvirlar asosida to'siq yoki ob'ektgacha masofani o'lchash usulining samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi tavsiyalarni ishlab chiqish uchun bu usulda o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillarni ta'sirlarini baxolash maqsadida eksperimental tajribalar natijalari keltiriladi.

Maqolada avvalo maqsadi va natijalari stereo kameralar yordamida kuzatuvdagi ob'ektgacha masofani o'lchashning fizikaviy va texnikaviy asoslari, ushbu usul asosida o'lchash jarayoning samaradorligini oshirishga qaratilgan tadqiqot ishlari taxlili amalga oshiriladi. So'ngra turli omillarning ushbu usuldagi o'lchash jarayonining aniqligiga ta'sirining fizikaviy va texnikaviy asoslari keltiriladi. O'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillarni ta'sirlarini baxolash maqsadida eksperimental tajribalar o'tkaziladi. Taxlil va tadqiqotlar natijasida olingan ma'umotlar taxlil qilinadi. O'lchash aniqligiga ta'sir qiluvchi omillarning ta'sirini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqiladi va yakuniy xulosa qilinadi.

Adabiyotlar tahlili

Yuqorida takidlanganidek stereo kamerlar 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 tamoillarini yoritganlar. Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatida keltirilgan [2, 3] adabiyotlarda bugungi kundagi uch o'lamli 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'ekning ma'lum bir nuqtasi umumiy gorizonta 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 tavsiyalar ishlab chiqish muximdir.

Tadqiqot metodologiyasi

Stereo kameralar tizimi yordamida fazodagi ob'ektgacha bo'lgan masofani o'lchash aniqligiga ta'sir qiluvchi omillarning aniqlash uchun avvalo bunday tizimning ishlashini fizikaviy va texnikaviy asoslarini tushunish lozim. Masofani bunday o'lchash usuli ob'ektgacha masofani o'lchashda kuzatilayotgan ob'ekt (masalan nuqtaviy yoki ob'ektdagi nuqtalardan biri) ning stereo juftlikni tashkil qiluvchi kameralarning matrisalarida xosil bo'lgan tasvirlarini koordinatalarini farqini aniqlashga asoslanadi. Aynan shu qo'shni kameralar matrisalaridagi tasvir xosil bo'lgan foto sezuvchi elementning koordinatalari farqi (disparantilik) ning qiymatiga bog'liq ravishda algoritm ob'ektgacha bo'lgan masofani xisoblash usulida aniqlaydi. Bu paralaks tasvirlar asosida ob'ektgacha masofani o'lchashda ob'ektdagi nuqtaning kameralar matrisalaridagi koordinatalirini to'g'ri aniqlash qay darajada muxim ekanligini anglatadi. Chunki paralaks tasvirlar asosida stereo triangullasiya usulida xisoblashlar orqali aniqlashda xosil qilinadigan uchburchakning o'lchamlari aniq bo'lishi lozim. Aks xolda xisoblashlar xatolik bilan amalga oshiriladi [2].

Avvalo paralaks tasvirlar asosida stereo triangulyasiya 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 gorizontal OX o'qidagi x_1 va x_2 koordinatalaridagi fotosezuvchi elementlarida xosil bo'ladi. Bunda shuni tushunish kerakki har bir matrisaning OX o'qining koordinata boshi 0 nuqtadan boshlanadi va bu erda x_1 va x_2 bu matrisalardagi ob'ektning tasviri xosil bo'layotgan foto sezuvchi elementlarning koordinatalari yoki tartib raqamidir. Matrisalardagi koordinata boshlari (0) matrisalarning chap tomonida joylashgan. Ushbu koordinatalarni uzunlik o'lchov birligiga (1-rasmda a_1 va a_2 kabi belgilangan) o'tkazish uchun matrisadagi foto sezuvchi elementlar orasidagi masofa ω_x - ni (yoki foto sezuvchi elementning OX o'qi bo'yicha o'lchami ham deyish mumkin) shu koordinata (x_1 va x_2) ga ko'paytirish lozim. Shuningdek kameralar matrisalarini gorizontal tekislikda o'lchamini l - deb belgalanib olinadi. Shunda ABC uchburchakning ostki BC qirrasini K deb belgilab olinsa, u quyidagiga teng bo'ladi (1-rasm) [3]:

$$K = L + b_1 + b_2 = L + \left(\frac{l}{2} - a_1\right) + \left(a_2 - \frac{l}{2}\right) = L + \left(\frac{l}{2} - w_x x_1\right) + \left(w_x x_2 - \frac{l}{2}\right) = L + w_x(x_2 - x_1) \quad (1)$$

ya'ni:

$$K = L + w_x(x_2 - x_1) \quad (2)$$

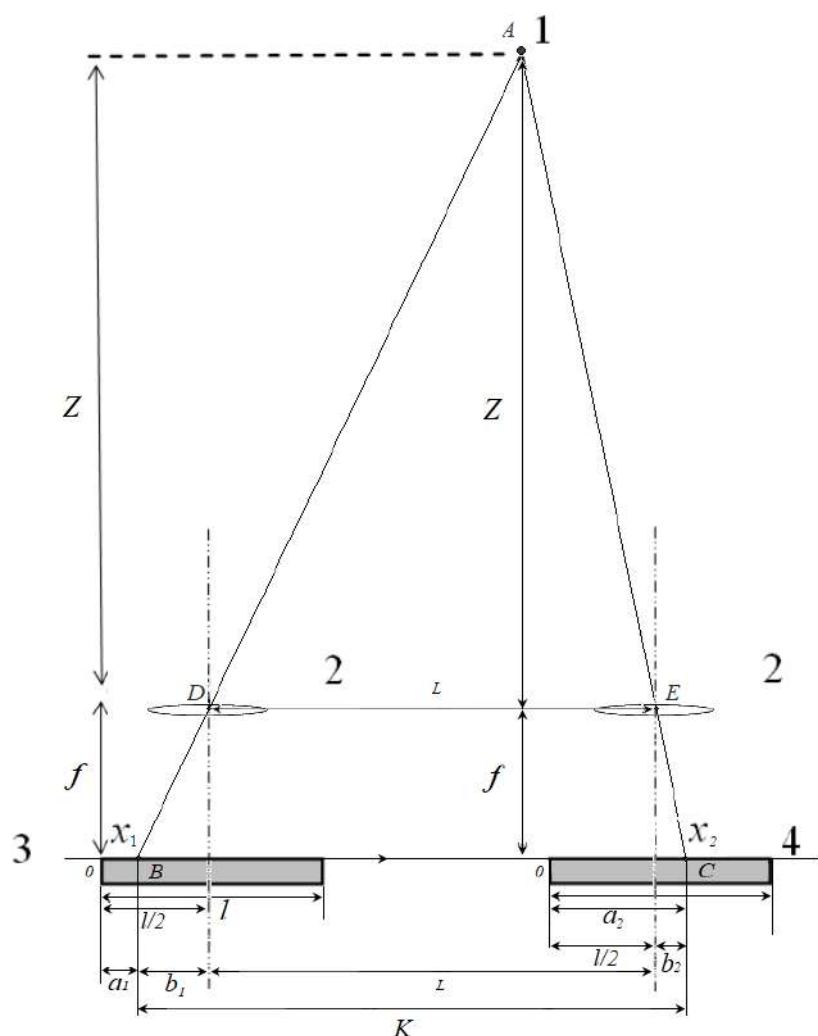
Rasmdagi ABC nuqtalarni birlashtirib ABC uchburchagini, ADE burchaklarini birlashtirib esa ADE uchburchagini xosil qilish mumkin. Bu uchburchakdagi DE va BC tomonlarning parallel ekanligini inobatga olib bu uchburaklarni o'xshash uchburchaklar deb xisoblash mumkin.

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

$$\frac{Z}{L} = \frac{Z + f}{K} = \frac{Z + f}{L + w_x(x_2 - x_1)} \quad (3)$$

Yuqoridagi (3) tenglikdan Z ni aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$Z = \frac{Lf}{w_x(x_2 - x_1)} = \frac{Lf}{(a_2 - a_1)} \quad (4)$$



masofani o'lchash uchun stereo optik tizim.

Demak yuqoridagi (4) formuladan ko‘rinadiki stereo kamerali tizim yordamida ob’ektgacha bo‘lgan masofani paralaks tasvir asosida o‘lchashda ob’ektning tasviri xosil bo‘ladigan kameralar foto sezuvchi elementlarini koordinatalari (x_1 va x_2) ni to‘g‘ri aniqlash va ular yordamida triangulyasiya usulida masofani xisoblash uchun uchburchakni to‘g‘ri shakllantirish lozim. Uchburchak to‘g‘ri shakllantirilgandagina xisoblashlar aniq natija beradi. Demak shunday ishlash tamoyiliga ega bo‘lgan stereo kamera tizimining ob’ektgacha masofani o‘lchashi aniqligiga qanday faktorlar ta’sir qilishini tadqiq qilish uchun yuqoridagi 1-rasmda tasvirlangan tizimning tuzilishiga turli o‘zgartirishlar kiritilgan xolatlarida o‘lchash aniqligini tekshirib ko‘rish lozim. Buning uchun tadqiqot stendini ishlab chiqish lozim. Mazkur ishda tadqiqot stendi IMX219-83 stereo kamerasi bilan jixozlangan Nvidia Jetson Nano B01 mikrokompyuteridan tashkil topadi (2-rasm) [4].



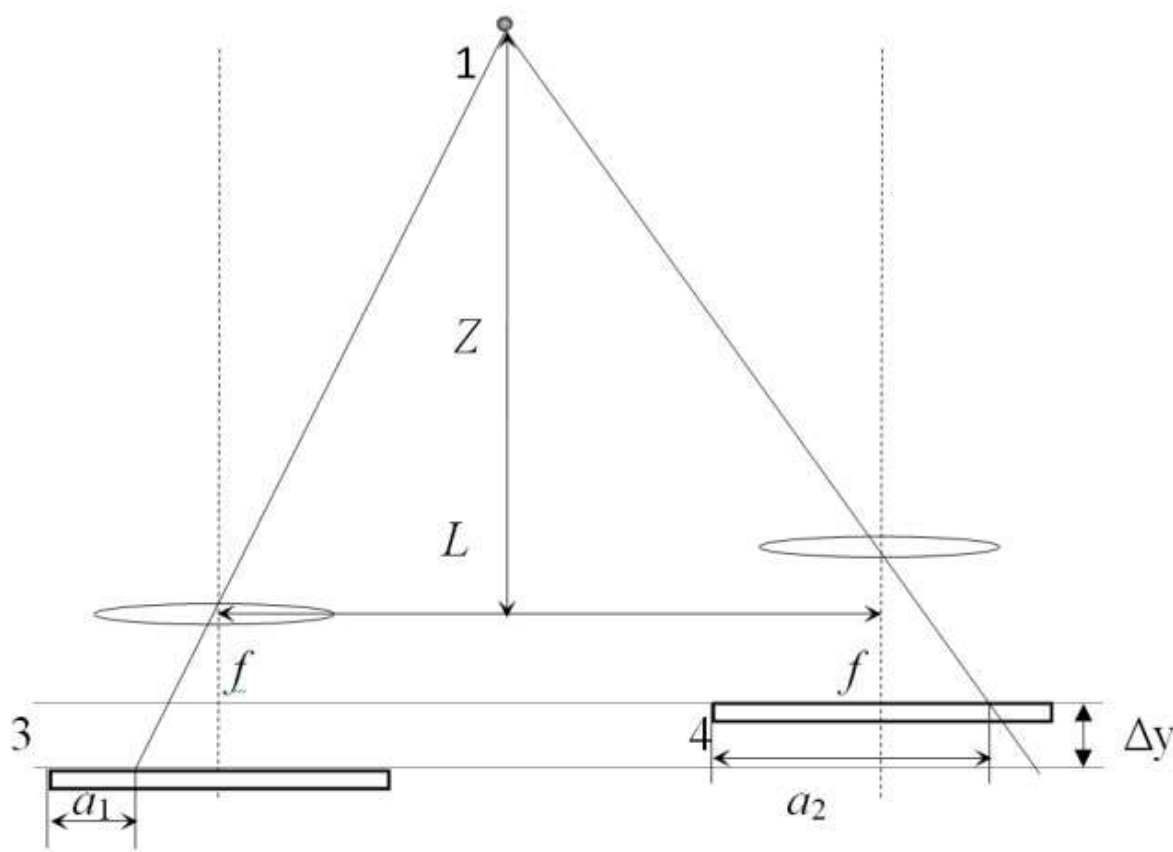
2-rasm. IMX219-83 stereo kamerasi bilan jixozlangan Nvidia Jetson Nano B01 mikrokompyuteridan tashkil topgan tadqiqot stendi.

Ushbu tadqiqot stendi yordamida stereo kameralar orqali masofani o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi turli omillarni ta'sir darajisini aniqlash mumkin. Bunda kuzatuv ob'ektini kameralarning ko'rish maydoniga joylashtiriladi va mikrokompyuterga o'rnatilgan maxsus dasturlar yordamida har ikki kamera matrisalardagi ob'ekt tasviri xosil bo'lgan foto qabul qiluvchi element koordinatalari olinadi. Olingan koordinatalarni foto sezuvchi element o'lchamiga ko'paytirish orqali koordinatalarning uzunlik o'lchov birligidagi a_1 va a_2 qiymatlari olinadi. Bu ma'lumotlar asosida yuqoridagi (4) formula yordamida ob'ektgacha masofa xisoblash usulida aniqlanadi. Ob'ektgacha real masofa esa tadqiqot stendi joylashgan o'lchov doskasi yordamida o'lchanadi. Natijalar solishtiriladi va kerakli xulosalar chiqariladi.

Tahlil va natijalar muhokamasi.

Stereo kamerali tizimlarda bunday o'lchashlarni aniqligiga salbiy ta'sir etuvchi bir necha omillar mavjud. Real stereo kamera tizimlarida doim ham ikki kameraning matrisalari bitta gorizontaal tekislikda yotmasligi mumkin. Natijada kuzatilayotgan ob'ektning tasviri xosil bo'ladigan matrisa foto sezuvchi elementlarini koordinatasi ham xatolik bilan aniqlanadi. Shuni unitmaslik kerakki har ikki matrisadagi tasvir xosil bo'layotgan elementning koordinatasi kameralar tizimi tomonidan beriladi. Chunki kamera matrisasidagi qaysi elementda tasvir xosil bo'lyotganligini kameraning elektron qurilmasiga yozilgan dasturiy vosita aniqlaydi. Demak stereo kamera tizimining ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi birinchi omil sifatida kamera matrisalarini o'rtasida OY o'qi bo'yicha vertikal siljish omilini keltirish mumkin.

Ushbu maqolada o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari keltiriladi. Masalan, eksperimental tadqiqot stendida fokus masofalari $f = 10 \text{ mm}$ bo'lgan ikkita bir xil kamera mavjud. Kameralar optik markazlari orqasidagi masofa $L = 60 \text{ mm}$.



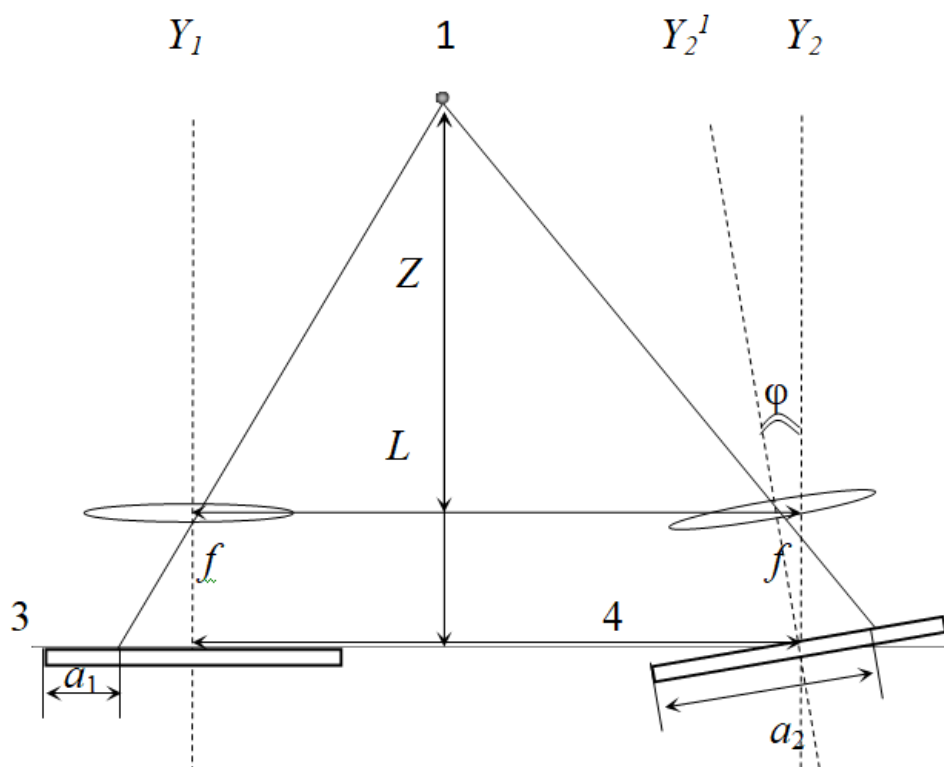
3-rasm. Kameralar matrisalari vertikal OY o'qi bo'yicha Δy masofaga siljigan stereo kamera tizimi.

Har ikki kamera gorizontaal tekislikdagi o'lchami $l = 12 \text{ mm}$ bo'lgan matrisalar joylashgan. O'ng tomondagi kamera chap tomondagi kameraga nisbatan vertikal OY o'qi bo'yicha Δy masofaga

siljigan bo'lsin. Kuzatuvdagi ob'ektning chap kamera matrisasidagi koordinatasi uzunlik o'lchovlarida $a_1 = 3.5$ mm bo'lgan foto sezgir elementda, o'ng kamerasida esa koordinatasi $a_2 = 9.5$ mm bo'lgan foto sezgir elementda xosil bo'lsin (3-rasm).

Agar ob'ektgacha bo'lgan masofani xisoblash jarayoni matrisalarning vertikal OY o'qi bo'yicha Δy masofaga siljishini xisobga olmagan xolda (4) formula yordamida amalga oshirilsa ob'ektgacha masofa $Z = 100$ mm ni toshakil qiladi. Real xolatda esa bu masofa uzunlik o'lchov asboblari yordamida o'lchanganda $Z = 105.8$ mm ni tashkil qildi. Demak ko'rish mumkinki o'lchash xatoligi xosil bo'lyapti va u $\Delta z = 5.8$ mm ni tashkil qilmoqda. Bu xatolik qiymati katta bo'lmasligi mumkin. Ammo ob'ektgacha masofaga nisbatan olinganda sezilarli xatolik yuz bergan o'lchashda. Agar ob'ektgacha masofa katta bo'lgan xolatlarda xatolik qiymati ham katta bo'ladi.

Shuningdek stereo kamerali tizimlar yordamida ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillardan yana biri bu kameralar optik o'qlarining o'zaro parallelligini buzilishidir. Bunda kameralardan birining optik o'qi ikkinchisiga nisbatan ma'lum burchakga og'gan xolatda bo'lishi mumkin va bu kuzatuvdagi ob'ektgacha masofani xisoblash jarayonida qo'llaniladigan triangulyasiya usulining noto'g'ri natija berishiga sabab bo'ladi. Chunki uchburchak to'g'ri tuzilmaydi. Bu omilning o'lchash aniqligiga ta'sirini tadqiq qilish uchun yuqoridagi tadqiqot stendidan foydalaniladi. Ammo endi kameralar o'zaro vertikal OY o'qi bo'yicha Δy masofaga siljigan emas balki o'ng tomondagi kamera optik o'qi vertikal o'qdan φ burchakga og'gan, chap tomondagi kamera optik o'qi esa vertikal o'qdan og'ishga ega emas (4-rasm).



4-rasm. Kameralar optik o'qlari vertikal o'qdan φ gradusga og'gan stereo kamera tizimi.

Agar stereo kamera tizimi yuqoridagi xolatda bo'lsa va undagi o'ng kamera optik o'qining φ burchakga og'ishini xisobga olinmaydigan bo'lsa o'lchash xatodigi yuz beradi. O'ng kamera optik o'qining vertikalga nisbatan φ burchakga og'ishi natijasida ob'ektning tasviri xosil bo'ladigan o'ng kamera matrisasi foto qabul qiluvchi elementning koordinatasi o'zgaradi. Tadqiqot stendidan olingan ma'lumotlarga ko'ra kamera matrisasidagi ob'ekt tasviri xosil bo'ladigan foto qabul qiluvchi elementning uzunlik o'lchov birligidagi koordinatasi $a_2 = 7.8$ mm ni tashkil qiladi. Agar bu optik og'ishni xisobga olmagan xolda kuzatuvdagi ob'ektgacha masofa (4) formula yordamida xisoblansa masofaning qiymati $Z = 139.5$ mm ni tashkil etadi. Kameralar optik linzalari markazlarini tutashtiruvchi chiziq va kuzatuvdagi ob'ekt orqasidagi masofa o'lchanganda yuqoridagidek $Z = 105.8$ mm ni tashkil qiladi. Demak bu omil ta'sirida o'lchash xatoligi yanada yuqori bo'ladi. Chunki o'ng kamera vertikal o'qdan ichki yoki tashqi tomon og'ganda bu kameradagi ob'ekt tasviri xosil bo'ladigan foto sezgir elementning koordinatasi a_2 ni kamayishiga yoki ortib ketishiga sabab bo'ladi. Bu esa mos (4) formula bo'yicha ob'ektgacha masofani xosiblashda xato natija olinishiga sabab bo'ladi.

Xulosa

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 bo'lsada 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 [5], yana birida o'lchov sifatiga ta'sir qiluvchi asosiy omil sifatida distorsiya keltirilgan va uni bartaraf etish echimlari taklif qilingan [7,8]. 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 tavsiyalar ishlab chiqish muximdir.

Xulosa o'rnida takidlash mumkinki stereo kamera tizimi yordamida paralaks tasvirlar asosida kuzatilayotgan ob'ektgacha masofani o'lchashda, o'lchash aniqligiga ta'sir qiladigan ko'plab omillar bor ularning eng asosiylari sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

- Stereo kamera tizimidagi kameralar va ularning matrisalarini bitta gorizont tekislikda yotmasligi, ya'ni o'ng (yoki chap) kamera tasvir tekisligida bo'lgan matrisasini chap (yoki o'ng) kamera matrisasi yotgan gorizont tekislikdan OY o'qi bo'yicha ma'lum bir qiytmaga siljishidir.
- Stereo kamera tizimidagi kameralarning optik o'qlarini o'zaro parallel bo'lmasligi. Bunda har ikki kameraning optik o'qlari vertikal o'qga nisbatan og'ishi yoki kameralardan birining optik o'qini vertikal o'qdan og'ishi mavjud bo'lishi mumkin.

Yuqorida keltirib o'tilgan omillarning stereo kamera tizimi yordamida kuzatilayotgan ob'ektgacha masofani o'lchash aniqligi qanday ta'sir qilishini eksperimental va xisoblash usullaridan



foydalanib olgan natijalarni o'zaro solishtirish orqali baxoladik.

Sanab o'tilgan omillarning bunday tizimlardagi o'lchov aniqligiga ta'sirini kamaytirish uchun kameralar matrisalari joylashgan gorizontaal tekisliklarni vertikal o'q bo'yicha farqi Δy va kameralar optik o'qlarini vertikal o'qqa nisbatan og'ishi φ ni xisobga olgan xolda ob'ektgacha masofani xisoblashning matematik echimlarini ishlab chiqish lozim. Ushbu omillarni xisobga olgan xolda masodfani xisoblash matematik ifodasi ishlab chiqilgach, ushbu matematik ifoda asosida ishlovchi dasturiy vosita tuzsh lozim. Natijada bu ishlab chiqilgan dasturiy vosita stereo kameralar yordamida kuztuvdagi ob'yektgacha masofani o'lchashdagi aniqlikka ta'sir qiluvchi omillarning salbiy ta'sirini kamaytiradi.



Adabiyotlar

1. Shapiro, L. Computer vision / L. Shapiro, D. Stockman – Moscow: BINOM, 2006. – 752 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. Kryzhanovskiy // 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. (Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatida keltirilgan [2,3] adabiyotlarda bugungi kundagi uch o'lamli ob'ektlarni fazodagi o'lcham parametrlari va koordinatilarini olishda stereo kamera juftliklaridan foydalanish echimlari bayon qilingan.)
4. U.R.Xamdamov, 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.
5. Hartley, R.I. Theory and practice of projective rectification / R.I. Hartley // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 35, no. 2. – P. 115–127.
6. D. N. Stepanov, A. V. Smirnov, Issledovanie prosessa kalibrovki i opticheskix xarakteristik stereo nasadki 3Dberry, Programmnii sistemi: teoriya i prilozheniya, 2018, tom 9, vipusk 3, 11–28 DOI: 10.25209/2079-3316-2018-9-3-11-28
7. Alemán-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.
8. 8. Bugaenko, EI 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).

**Author****Axmedova Xusniya**

Tashkent University of Information
Technology named after Muhammad
al-Khorezmi, Tashkent, 100200,
Uzbekistan; khusniya150586@gmail.
com

THE ISSUE OF PARAPHRASING SENTENCES IN UZBEK LANGUAGE

Abstract: Paraphrase is one of the most problematic concepts in computational linguistics. It has been shown that the narrow definition – “paraphrases must be exactly logically equivalent” – does not cover many cases that are usually considered paraphrases or quasi-paraphrases. In practice, a much looser definition of paraphrase is used, such as “alternative expressions that convey the same (or similar) meaning”. This concept of similar meaning encompasses a variety of linguistic phenomena that are “broad and multifaceted in nature”. Furthermore, in some cases it is difficult to distinguish the relationship between paraphrase and textual entailment, i.e. sentences.

This article examines the issues of paraphrasing sentences in the Uzbek language. In particular, problematic issues in the field of linguistics of the Uzbek language are analyzed. The article examines the tasks of paraphrasing sentences, popular paraphrasing corpora, and general processes in the development of an information system for paraphrasing sentences.

Keywords: paraphrase systems, paraphrase corpora, computational linguistics, semantics, information systems.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Introduction

Since it is difficult to develop a precise definition of paraphrase, a data-based approach may be a better choice. Rather than attempting to provide a formal definition of paraphrase, the focus is on determining whether a given sentence pair is a paraphrase based on the opinions of native speakers.

In practice, this data-driven approach requires the development of large paraphrase corpora, where sentences are manually or semi-automatically identified as paraphrases. This is, of course, a time-consuming process that must be implemented anew for each language. However, the growth of machine learning techniques in language processing in recent years has made such corpora a valuable resource for building automatic paraphrase detection systems.

In this article, we present information on the development of the ParaPhraser information system. The information system is aimed at developing a corpus of paraphrases in the Uzbek language, studying paraphrase phenomena in Uzbek news, and developing methods for automatic paraphrase detection and generation. In the field of world computational linguistics, one can find many studies on this topic [4,5,6,7]. For example, the Paraphraser project in Russian was launched in 2014 at St. Petersburg State University. By the beginning of 2016, 11 thousand pairs of manually collected Russian news headlines were collected and marked as paraphrases, partial paraphrases, or non-paraphrase pairs.

The corpus development process includes automatic extraction of paraphrase patterns and manual processing of these pairs, including crowdsourcing. To our knowledge, this is the first sentence-level paraphrase corpus in the Russian language. The corpus has been made publicly available from the very beginning. The current state of the corpus allows for a variety of linguistic studies, including paraphrase studies and news flow analysis.

Sentence paraphrasing tasks.

In the design of paraphrase systems developed in the world NLP field, the issue of their separation and detection, namely, paraphrases, was initially considered. A detailed analysis of paraphrase and textual entailment studies can be found in the studies of Androutsopoulos, I. [7]. We will use this extensive work as a basis for this section, but we will also focus on some important developments in this area in recent years. According to Androutsopoulos and Malakasiotis, all tasks related to paraphrases can be divided into three main groups (Fig. 1).

Paraphrase extraction is a process aimed at finding mutually paraphrased sentences or phrases by processing large corpora, and this is a task that should be solved at the initial stage of creating the ParaPhraser corpus[8].

Paraphrase detection means that for a given sentence pair, the system determines whether the pair is a paraphrase or not. We believe that this task can be solved using the ParaPhraser corpus as training data.

Although paraphrase generation, i.e. creating an artificial paraphrase for a given sentence, is beyond the scope of this article, this issue is being further explored in our work as part of the ParaPhraser project.

Our paraphrase segmentation method is based on the approach proposed by Fernando and Stevenson [9]. They proposed a matrix similarity metric that measures the distance between two sentences based on the similarity of words in WordNet. Since a complete Uzbek WordNet is not available, we use a thesaurus instead of WordNet.

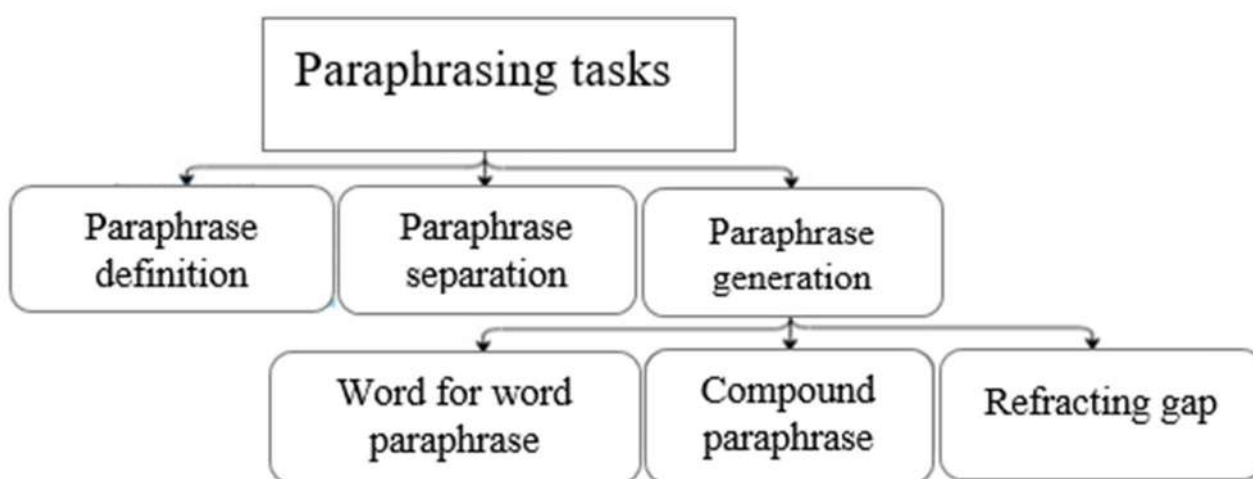


Figure 1. Sentence paraphrasing tasks

Androutsopoulos and Malakasiotis list several methods for paraphrase detection, including

- logic-based methods,
- vector-based methods,
- surface string (text) similarity-based methods,
- syntactic similarity-based methods,
- symbolic representation-based methods,
- machine learning methods, and
- decoding-based methods.

Pham et al. used a distributional semantics approach to identify paraphrases. Furthermore, some approaches are difficult to categorize [10].

In recent years, the development of deep learning methods has also influenced research on paraphrase detection. Attention-based LSTM (attention-based Long Short Time Memory) architectures have been used to automatically match pairs of sentences and measure their similarity [11]. Convolutional neural networks have achieved competitive results in the paraphrase detection

task [12].

The analysis by Androutsopoulos and Malakasiotis lists several natural language processing tasks where paraphrasing techniques can be applied, including question-answering systems, text reduction, information extraction, machine translation, and natural language generation. In recent years, more and more areas of application of paraphrasing have begun to emerge..

Barrón-Cedeño et al. have shown the importance of paraphrase in detecting plagiarism and have identified a corpus of plagiarism types [13]. Petrović used paraphrase in the task of first subject identification, i.e. finding the original source describing a particular news event. They have argued that in this task, as in many others, lexical variation is a major obstacle and can be overcome using paraphrase detection techniques..

Pavlick and Nenkova demonstrated the importance of stylistic changes in paraphrases in determining genre [15]. In a paper by Wieting et al., the authors used a corpus of paraphrases to train semantic groups of words (word embeddings) and improved results in a lexical similarity task [16]. Hintz argued that paraphrases can be used to provide stylistic coherence in multi-document text reduction systems [17].

Although most studies have been conducted on English data, there is also interest in research on paraphrase in other languages. For example, Eshkol-Taravella and Grabar studied paraphrased reconstructions in French spoken corpora [18]. Nevěřilová proposed a paraphrase generation system for Czech [19]. There are several publications on Russian paraphrase detection and text reuse [20,21, 22]. However, compared to other languages and natural language processing tasks for Russian, the amount of research in this area is relatively small..

Over the past five years, a number of general tasks on semantic text similarity have been organized within the framework of SemEval conferences [23,24]. Paraphrase detection is very similar to this task, the only difference being that in our task the classification is discrete (paraphrase is not paraphrase), while in textual similarity the semantic distance is required to be calculated on a continuous scale. The paraphrasing of texts can vary depending on the task of the corpus.

Paraphrase Corpus

Among the existing paraphrase corpora, the most famous is the Microsoft Research Paraphrase Corpus (MSRP) (Dolan et al., 2004). This corpus consists of 5801 sentence pairs collected from news clusters, of which 3900 are paraphrases. Although it is known for its vague definition of paraphrase, bidirectional labeling, and high lexical similarity between sentences (e.g., Rus et al., 2014, Triantafillou et al., 2016, Liang et al., 2016), it is widely used for paraphrase detection. It has also inspired the development of other paraphrase resources (including our own ParaPhraser corpus). MSRP is used as a dataset to track advanced results in paraphrase detection.

Other paraphrase corpora can be divided into several groups based on the level of paraphrase they cover. Some corpora are structured only at the sentence level, while others additionally include

word or phrase level annotations. There are also resources that only contain word and phrase level paraphrases.

Based on the origin of the paraphrases, corpora are classified as either automatic or manual. Automatic corpora include parallel corpora in multiple languages and comparative corpora in one language. For example, different translations of the same texts, news articles, answers to questions from social networks or students, social media, Wikipedia, or different descriptions of the same videos.

Many corpora have been developed in the world, which serve to increase the importance of natural language. Corpora can be divided into different categories: language, time, modern, future corpora

The types of corpora based on how they represent natural language data across languages are presented in the figure below.

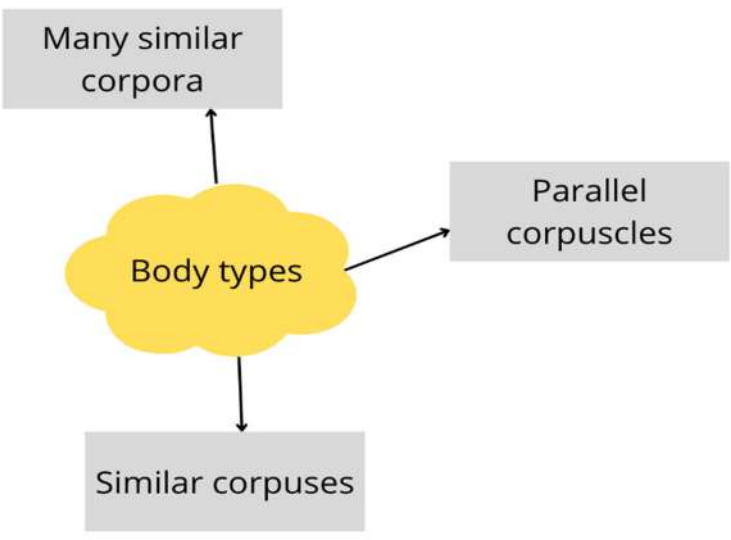


Figure 2. Types of corpora according to language representation

Monolingual corpora are also divided into different groups. They can also be divided into groups according to the type of information they contain: Textual, media, etc. Textual corpora can be divided into the following types: Sentence corpora, Phrase corpora, Word corpora.

Sentence corpora are corpora that consist of sentences grouped by category in the database. Table 1 provides information about sentence corpora.

Table 1. Examples of sentence corpora.

Nº	Naming sentence corpuses	Dataset view in the corpus	Year
----	--------------------------	----------------------------	------

1.	Corpus KMC	assembled from pairs of texts and their abbreviated forms	2002
2.	User Language Paraphrase Corpus	composed of student paraphrases of biology textbook sentences	2008
3.	Question Paraphrase Corpus	Includes sentence pairs taken from WikiAnswers and marked by social media users	
4.	Microsoft Research Video Description Corp	Compiled from short video descriptions set on the Amazon Mechanical Turk crowdsourcing platform	2011
5.	Regneri va Wang korpusi	compiled from the synopsis of TV show episodes	2014
6.	Twitter Paraphrase Corpus	from tweets related to the same events	2013
7.	Student Response Analysis Corpus	collected from students' answers to explanation and definition questions	2013
8.	Semantic Textual Similarity Corpus	collected from multiple sources, such as news texts, FrameNet-WordNet glossaries, and OntoNotes-WordNet glossaries	2013
9.	Japanese Paraphrase Corpus for Speech Translation	composed of travel conversational phrases and their variants paraphrased by humans	2004
10.	Turkish Paraphrase Corpus	compiled from translations of popular novels, subtitles, translations from the English-Turkish parallel corpus, and articles from news sites	2012

Phrase corpora are corpuses of phrases. Many phrase corpora can be found in the world of computational linguistics. WiCoPaCo is a corpus of French paraphrases compiled from Wikipedia's edit history. WRPA is also based on Wikipedia and uses its structure [25]. However, unlike WiCoPaCo, it only covers paraphrases between certain relationships (authorship, birth date, and person, etc.). The SEMILAR Corpus is also based solely on the MSRP (Microsoft Research Paraphrase Corpus) and is enriched with word-level similarity and concordance. The Paraphrase Database (PPDB) is a rich paraphrase resource, containing billions of paraphrase pairs. This database is compiled from bilingual parallel corpora for Russian and over 20 other languages. The authors use a language-independent method to extract paraphrases from bilingual parallel texts: paraphrases are found by "pivoting" from a common translation in one language to a common translation in the other [26]. This approach was proposed by scholars such as Bannard and Callison-Burch and has been successfully used by many researchers [27]. The PPDB includes lexical, phraseological, and syntactic paraphrases, all of which are marked with metrics derived from machine translation.

ParaPhraser systems. It is known that there are no publicly available paraphrase resources for many natural languages, including Uzbek. The only exception is the dataset published by Ganitkevitch and Callison-Burch as part of The Paraphrase Database project. Although this database

contains paraphrases at the word, phrase, and syntactic levels, it lacks information about the context of paraphrases [26]. Therefore, in this study, we aimed to develop a corpus of paraphrases at the sentence level..

The research aims to study the phenomenon of paraphrase in the Uzbek language, and includes the extraction of paraphrases, the creation of paraphrase corpora, and the construction of models for the detection and generation of paraphrases.

A two-step process is required to develop a corpus:

1. Automatically collect paraphrase pairs,
2. Manually tag them using crowdsourcing.

Below we describe both stages in detail..

Automatic collection of paraphrase pairs

In developing the ParaPhraser corpus, sentence pairs are collected in real time. We analyze the websites of several Uzbek news agencies and extract the headlines of the articles. The headlines are compared to each other according to the strategy proposed by Wubben et al. [28]. We add sentence pairs to the corpus whose similarity metric value is above a certain threshold value. In order to provide more negative samples, a small random subset of sentence pairs whose similarity metric value is below the threshold value is also added to the corpus.

Crowdsourcing

Sentence paraphrases are tagged by annotators. Annotators are native speakers of Uzbek, most of whom are ordinary speakers, but some also include linguistics specialists and students. The annotator tags two sentences according to the following classes:

Table 2. Classificationa of tegging sentences.

№	Classes	Teg
1	The sentences mean the same thing.	1
2	means similar meanings	0
3	means different things	-1

No special instructions are given during the tagging process, i.e. experts use their knowledge and intuition. We exclude pairs of sentences with opposite judgments (-1 and 1). The paraphrase class of a sentence pair in the corpus is calculated as the median of all the ratings given to this pair by experts.

The implementation of this task consists of two important tasks:

- Three-class classification: identifying given sentence pairs, predicting whether they are exact paraphrases, close paraphrases, or non-paraphrases.
- Two-class classification: Identifying a given pair of sentences, predicting whether they are paraphrases (exact or close paraphrases) or non-paraphrases. For each task, we allowed standard and non-standard tasks. For standard tasks, participants were allowed to use only the ParaPhraser corpus or any derivatives (e.g., embeddings) from these corpora. However, for standard tasks, we allowed the use of any language processing tools or manually constructed dictionaries. For non-standard tasks, any resources were allowed. Participants' submitted tasks were evaluated for accuracy and F1-score (F1-micro and F1-macro for the three-class classification task).
- The general processes in developing a sentence paraphrasing information system are shown in the figure below.

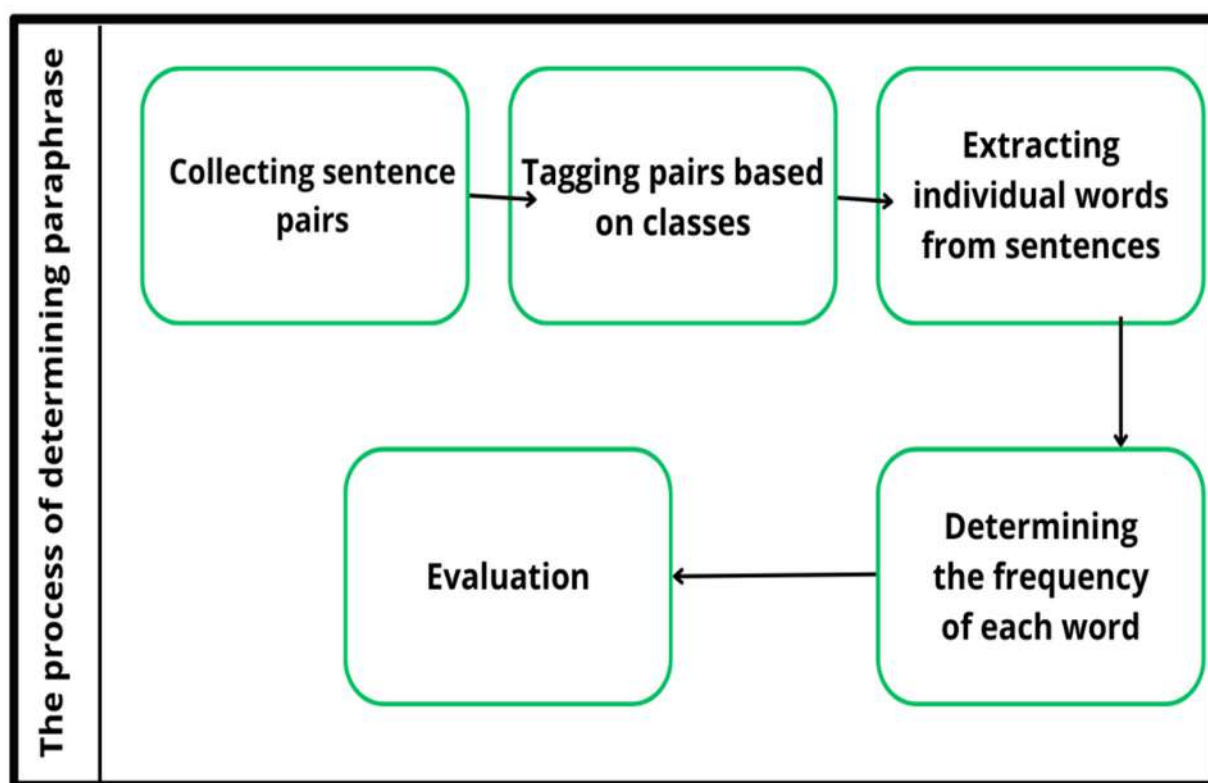


Figure 3. Processes of paraphrasing sentences

Each of these processes is performed using special algorithms and language models. The following algorithms are used to paraphrase Uzbek sentences:.

- Rule-based semantic parser

- SVM or Random Forest classifiers, on thesaurus-based similarity features
- SVM classifier on unigrams, bigrams, and trigrams of words and symbols
- Gradient Boosting classifier, on features derived from existing tools, including English machine translation and similarity detection tools
- Convolutional neural networks

The task organizers submitted work for both tasks as Team3448. Our approach to the paraphrase detection problem is based on using three types of sentence similarity measures as features in the paraphrase classification task [29]:

- 1) superficial or surface similarity measures, which are based on comparing n-grams, words, and symbols in sentences;
- 2) semantic similarity measures, which include the relationships of synonymy and derivational morphology;
- 3) distributional measures, which use vector representations of words and phrases.

Conclusion

The study presents the ParaPhraser corpus, which is available for independent use, and the first steps in paraphrasing Uzbek. This paper shows for which tasks the Paraphrasing corpus can be used, which means that practical applications that require a paraphrasing step, such as inter-document text reduction or information retrieval, are useful for increasing the volume of Uzbek resources. The overall task results show that paraphrasing methods developed for other languages can be applied to Uzbek, and the results may be only slightly inferior to the state-of-the-art approach in English. According to the overall task results, various methods, from rule-based systems to deep learning, can be used for paraphrasing, and most of them are quite successful in the given task. Since our training dataset is not large, it is reasonable to use the traditional (classifier + language features) approach to achieve higher results. To increase the level of accuracy, it is required to increase the size of the training data.

References

1. Bhagat, R., Hovy, E. What is a paraphrase? *Computational Linguistics*, 39 (3): 463–472 (2013).
2. Agirre, E., Banea, C., Cardie, C., Cer, D., Diab, M., Gonzalez-Agirre, A., Guo, W., LopezGazpio, I., Maritxalar, M., Mihalcea, R., Rigau, G.; Uria, L., Wiebe, J. SemEval-2015 Task 2: Semantic Textual Similarity, English, Spanish and Pilot on Interpretability. *Proceedings of SemEval 2015* (2015)
3. Vila, M., Martí, M. A., Rodríguez, H. Is this a paraphrase? What kind? Paraphrase boundaries and typology. *Open Journal of Modern Linguistics*, 4 (01), 205 (2014)
4. Pronoza E., Yagunova E., Kochetkova N. Sentence Paraphrase Graphs: Classification Based on Predictive Models or Annotators' Decisions?. In: Sidorov G., Herrera-Alcántara O. (eds) *Advances in Computational Intelligence. MICAI 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10061. Springer, Cham (2017).
5. Pronoza, E., Yagunova, E. Comparison of sentence similarity measures for Russian paraphrase identification. In *Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT)*, pp. 74–82, IEEE (2015a).
6. Pronoza, E., Yagunova, E. Low-Level Features for Paraphrase Identification. In: Sidorov, G., Galicia-Haro, Sofia N. (eds.) *MICAI 2015. LNCS*, vol. 9413, pp. 59–71. Springer, Cham (2015b).
7. Pronoza, E., Yagunova, E., Pronoza, A. Construction of a Russian Paraphrase Corpus: Unsupervised Paraphrase Extraction. *Proceedings of the 9th Russian Summer School in Information Retrieval*, August 24–28, 2015, Saint-Petersburg, Russia, (RuSSIR 2015, Young Scientist Conference), Springer CCIS (2015).
8. Androutsopoulos, I., Prodrornos Malakasiotis, P. A survey of paraphrasing and textual entailment methods. *Journal of Artificial Intelligence Research*, v. 38: 135–187 (2010).
9. Fernando, S., Stevenson, M. A semantic similarity approach to paraphrase detection. In *Proceedings of the 11th Annual Research Colloquium of the UK Special Interest Group for Computational Linguistics*, pp. 45–52, (2008).
10. Pham, N., Bernardi, R., Zhang, Y. Z., Baroni, M. Sentence paraphrase detection: When determiners and word order make the difference. In *Proceedings of the Towards a Formal Distributional Semantics Workshop at IWCS 2013*, pp. 21–29 (2013).
11. Rocktäschel, T., Grefenstette, E., Hermann, K. M., Kočiský, T., Blunsom, P. Reasoning about entailment with neural attention. *arXiv preprint arXiv:1509.06664*. (2015)
12. He, H., Gimpel, K., Lin, J. Multi-perspective sentence similarity modeling with convolutional neural networks. In *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp. 1576–1586 (2015).
13. Barrón-Cedeño, A., Vila, M., Martí, M. A., Rosso, P. Plagiarism meets paraphrasing: Insights for the next generation in automatic plagiarism detection. *Computational Linguistics*, 39(4), 917–947 (2013).
14. Petrović, S., Osborne, M., Lavrenko, V. Using paraphrases for improving first story detection in news and Twitter. In *Proceedings of the 2012 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, pp. 338–346. Association for Computational Linguistics (2012)
15. Pavlick, E., Nenkova, A. Inducing lexical style properties for paraphrase and genre differentiation. In *Proceedings of the 2015 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, pp. 218– 224 (2015)



16. Wieting, J., Bansal, M., Gimpel, K., Livescu, K. Transactions of the Association for Computational Linguistics, vol. 3, pp. 345–358 (2015)
17. Hintz, G. Data-driven Paraphrasing and Stylistic Harmonization. In Proceedings of NAACL-HLT, pp. 37–44 (2016).
18. Eshkol-Taravella, I., Grabar, N. Paraphrastic Reformulations in Spoken Corpora. In International Conference on Natural Language Processing, pp. 425–437, Springer International Publishing (2014).
19. Nevřilová, Z. Paraphrase and textual entailment generation in Czech. *Computación y Sistemas*, 18 (3): 555–568 (2014)
20. Bakhteev, O., Kuznetsova, R., Romanov, A., Khritankov, A. A monolingual approach to detection of text reuse in Russian-English collection. In Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT), pp. 3–10, IEEE (2015).
21. Khritankov, A., Botov, P., Surovenko, N., Tsarkov, S., Viuchnov, D., Chekhovich, Y. Discovering Text Reuse in Large Collections of Documents: a Study of Theses in History Sciences. In Artificial Intelligence and Natural Language and Information Extraction, Social Media and Web Search FRUCT Conference (AINL-ISMW FRUCT), pp. 26–32, IEEE (2015).
22. Malykh, V. Robust Word Vectors for Russian Language. In Proceedings of Artificial Intelligence and Natural Language AINL FRUCT 2016 Conference, Saint-Petersburg, Russia, 10–12 November 2016, pp.95–98 (2016).
23. Agirre, E., Cer, D., Diab, M., Gonzalez-Agirre, A SemEval-2012 Task 6: A Pilot on Semantic Textual Similarity. Proceedings of SemEval 2012 (2012).
24. Agirre, E., Cer, D., Diab, M., Gonzalez-Agirre, A., Guo. W. *SEM 2013 shared task: Semantic Textual Similarity, Proceedings of *SEM 2013 (2013).
25. Vila, M., Rodriguez, H., Marti, M. A. WRPA: A System for Relational Paraphrase Acquisition from Wikipedia. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, Revista No 45, septiembre 2010, pp. 11–19 (2010).
26. Ganitkevitch, J., Callison-Burch, Ch.: The Multilingual Paraphrase Database. In Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14). European Language Resources Association (ELRA). Reykjavik, Iceland (2014).
27. Bannard, C., Callison-Burch, Ch.: Paraphrasing with Bilingual Parallel Corpora. In Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the ACL, pp. 597–604 (2005).
28. Wubben, S., van den Bosch, A., Krahmer, E., Marsi, E.: Clustering and Matching Headlines for Automatic Paraphrase Acquisition. In: Proceedings of the 12th European Workshop on Natural language Generation, pp. 122–125, Athens, Greece (2009)
29. Pronoza, E., Yagunova, E., Pronoza, A. Construction of a Russian Paraphrase Corpus: Unsupervised Paraphrase Extraction. Proceedings of the 9th Russian Summer School in Information Retrieval, August 24–28, 2015, Saint-Petersburg, Russia, (RuSSIR 2015, Young Scientist Conference), Springer CCIS (2015).



Mualliflar

Asror Ulashev

Kompyuter ilmlari va dasturlash kafedrası, O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali, Jizzax, O'zbekiston; ulashevasror8@gmail.com

Aynakulov Toxir

Kompyuter ilmlari va dasturlash kafedrası, O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali, Jizzax, O'zbekiston; aynaqulovtohir@gmail.com

Mas'ul: ulashevasror8@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

KITOB SAVDOSI JARAYONINI OPTIMALLASH- TIRISHDA AVTOMAT- LASHTIRILGAN AXBOROT TIZIMINING O'RNI

Annotatsiya: Ushbu ilmiy tadqiqot maqolasida kitob savdosi jarayonlarini avtomatlashtirishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. Kitob do'konlari faoliyatini optimallashtirish uchun ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan axborot tizimlari sotuv, izlash va hisob-kitob jarayonlarini samarali tashkil etish imkoniyatini yaratadi. Tadqiqot axborot texnologiyalarining kitob savdosi sohasiga ta'siri, biznes jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qiluvchi ma'lumotlar bazasi va dasturiy ta'minot imkoniyatlari, shuningdek, avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligini o'rganishga qaratilgan.

Ish davomida C# dasturlash tili yordamida kitob do'konlari uchun mo'ljallangan avtomatlashtirilgan axborot tizimi ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Ushbu tizim kitoblarni izlash jarayonini osonlashtirish, sotuv va hisob-kitoblarda inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirish, mijozlar va sotuvchilar uchun qulay ma'lumot taqdim etish kabi muhim funksiyalarni o'z ichiga oladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, avtomatlashtirilgan axborot tizimlaridan foydalanish kitob savdosi jarayonining samaradorligini oshirish, vaqtni tejash va resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: C#, BPMN, UML, login, parol, ISBN, microservices, admin, Message.box, Menu, interfeys.



Kirish

Axborot texnologiyalarining tez rivojlanishi savdo va xizmat ko'rsatish tarmoqlarida avtomatlashtirish jarayonlarini muhim bosqichga olib chiqdi. Zamonaviy biznesda sotuv jarayonlarini optimallashtirish, ma'lumotlar almashinuvi tezligini oshirish va hisob-kitob tizimini soddalashtirish asosiy maqsadlarga aylandi. Kitob do'konlari bu jarayonlardan mustasno emas, chunki an'anaviy savdo tizimlarida kitoblarni qo'lda izlash, ombor hisobini yuritish, xaridorlarga tezkor ma'lumot taqdim etish va hisob-kitoblarni aniq yuritish katta vaqt va mehnat talab qiladi[3].

Kitob do'konlarining avtomatlashtirilgan axborot tizimiga o'tishi quyidagi muammolarni hal qilishga xizmat qiladi:

- Kitoblarni izlash jarayonini tezlashtirish va soddalashtirish;
- Sotuv jarayonlarida inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirish;
- Hisob-kitob va moliyaviy operatsiyalarni avtomatlashtirish;
- Ombor hisobini aniq yuritish va mavjud mahsulotlar to'g'risidagi ma'lumotni real vaqt rejimida yangilash;
- Mijozlarga ko'rsatiladigan xizmat sifatini oshirish va biznes jarayonlarini optimallashtirish.

Ushbu ilmiy tadqiqot kitob savdosi jarayonlarini avtomatlashtirish uchun dasturiy ta'minot va ma'lumotlar bazasi texnologiyalarini tadbiiq etish masalalarini o'rganishga qaratilgan. Shuningdek, C# dasturlash tili asosida ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan axborot tizimining tuzilishi, funksional imkoniyatlari va samaradorlik jihatlari tahlil qilinadi[7].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning asosiy maqsadi – kitob savdosi jarayonlarini avtomatlashtirish orqali savdo samaradorligini oshirish va ish jarayonlarini optimallashtirish masalasini ilmiy asosda o'rganishdir[6]. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi ilmiy va amaliy vazifalar belgilangan:

- Do'konlarda sotuv jarayonlarini avtomatlashtirish orqali navbatlarni kamaytirish;
- Kitoblarni izlash jarayonini tezlashtirish va chalkashliklarning oldini olish;
- Hisob-kitob ishlarida inson omilining ta'sirini kamaytirish;
- Dasturiy ta'minot orqali ombor boshqaruv tizimini soddalashtirish;
- Qo'lda bajariladigan hisob-kitoblarni avtomatlashtirish va bu orqali hisoblash jarayonlari uchun sarflanadigan vaqtni qisqartirish;
- Dasturiy ta'minot yaratish jarayonida algoritmlash va ma'lumotlar bazasi bilan ishlash bo'yicha nazariy va amaliy bilimlarni mustahkamlash.

Ilmiy asoslari

Kitob do'konlarida avtomatlashtirilgan axborot tizimlarining joriy etilishi savdo sohasida qo'llaniladigan zamonaviy texnologiyalar bilan bog'liq. Ushbu tadqiqot quyidagi ilmiy asoslarga tayanadi:

1. Axborot tizimlari va biznes jarayonlarini optimallashtirish

Zamonaviy biznesni avtomatlashtirishning BPMN (Business Process Model and Notation) va UML (Unified Modeling Language) kabi modellash tizimlari kitob do'konlari uchun axborot tizimini ishlab chiqishda qo'llanilishi mumkin.

2. Ma'lumotlar bazasi boshqaruvi

Ma'lumotlar bazasi dizayni va normalizatsiya jarayoni kitob do'konlarining ma'lumotlarni samarali saqlashi va ulardan tezkor foydalanishi uchun muhim ahamiyatga ega.

3. Dasturiy ta'minot arxitekturasini

Axborot tizimining klient-server modeli, uch pog'onali arxitektura (three-tier architecture) yoki mikroxizmatlar (microservices) modeli asosida ishlab chiqilishi uning kengayuvchanligini ta'minlaydi.

4. Savdo jarayonlarini avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligi

Ilmiy tadqiqotlarda savdo jarayonlarining avtomatlashtirilishi biznes samaradorligini 20-30% gacha oshirish mumkinligi aniqlangan. Bu kitob do'konlari uchun ham muhim omildir.

Amaliy yechim va tizimning tuzilishi

Tadqiqot doirasida C# dasturlash tili asosida kitob do'konlari uchun avtomatlashtirilgan axborot tizimi ishlab chiqildi[2]. Ushbu tizim quyidagi asosiy modullardan iborat:

- Ma'lumotlar bazasi – kitoblar, mijozlar, buyurtmalar, to'lovlar va hisobotlar haqida ma'lumotlarni saqlaydi.
- Izlash va filtr – kitob nomi, muallif, janr yoki ISBN bo'yicha tezkor qidirish imkonini beradi.
- Savdo moduli – buyurtmalarni qayd etish, hisob-kitob qilish va mijozlarga elektron hisob-faktura taqdim etish funksiyalarini o'z ichiga oladi.
- Statistik tahlil va hisobotlar – sotuv dinamikasi, ombordagi mahsulot qoldig'i va boshqa biznes ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida kuzatish imkonini yaratadi.

Avtomatlashtirilgan "Kitob do'koni" dasturiga login va parol orqali kiriladi. Dastur asosiy 2 qismdan iborat bular: admin va sotuvchi.



1-rasm. Kirish qism.

Ushbu rasm foydalanuvchi avtorizatsiyasi (kirish tizimi) interfeysini aks ettiradi. Tizim foydalanuvchilarni tanlash, parol kiritish va tizimga kirish yoki ma'lumotlarni tozalash imkoniyatlarini taqdim etadi.

Asosiy funksiyalar:

- Foydalanuvchi tanlash – Ro'yxatga olingan foydalanuvchilar ichidan biri tanlanadi (avazov, asadbek).
- Parol kiritish maydoni – Maxfiy parolni kiritish yoki parolni "ko'rmoq" opsiyasi bilan ochib ko'rish imkoniyati mavjud.
- "Kirish" tugmasi – Kiritilgan ma'lumotlar tekshiriladi va foydalanuvchi tizimga kiradi.
- "Tozalash" tugmasi – Kiritilgan ma'lumotlarni o'chirish va yangidan kiritish imkonini beradi.

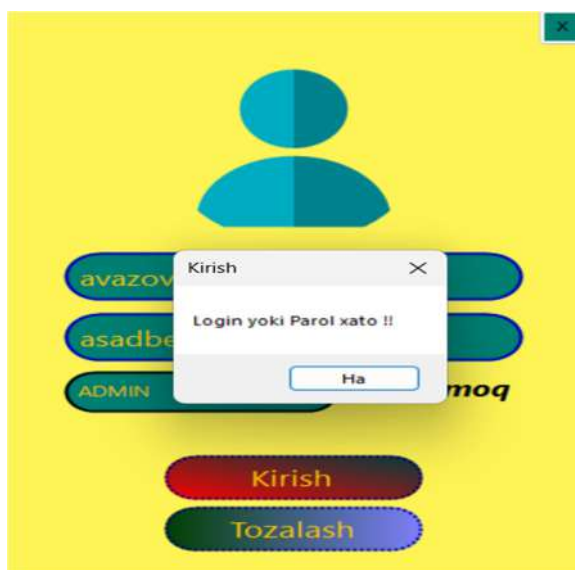


2-rasm. Foydalanuvchi interfeysi.

Ushbu rasm foydalanuvchi avtorizatsiyasi (kirish tizimi) interfeysini aks ettiradi. Tizim foydalanuvchilarga tizimga kirish, rollarni tanlash, parolni kiritish va boshqarish imkoniyatlarini taqdim etadi.

Asosiy funksiyalar:

- Foydalanuvchi tanlash – Ro'yxatdan mavjud foydalanuvchilar (avazov, asadbek) tanlanadi.
- Rol tanlash – Foydalanuvchi tizimga ADMIN yoki SOTUVCHI sifatida kirish imkoniyatiga ega.
- Parol kiritish maydoni – Foydalanuvchi o'z parolini kiritishi va “ko'rmoq” opsiyasi orqali parolni ko'rsatishi yoki yashirish imkoniyatiga ega.
- “Kirish” tugmasi – Kiritilgan ma'lumotlar tekshiriladi va foydalanuvchi tizimga kiradi.
- “Tozalash” tugmasi – Kiritilgan ma'lumotlarni o'chirish va yangidan kiritish imkonini beradi.

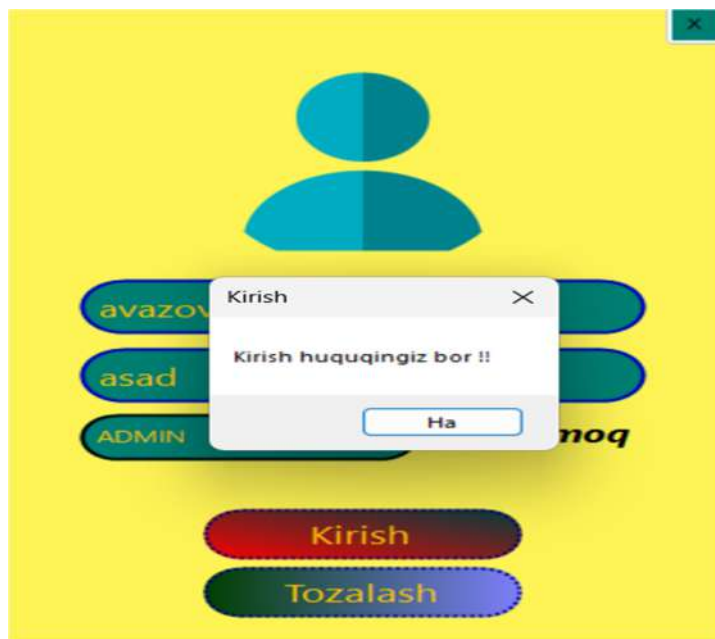


3-rasm. MessageBoxda xato xabarini berish.

Ushbu rasm foydalanuvchi avtorizatsiyasi (kirish tizimi) interfeysini aks ettiradi. Tizim foydalanuvchilarga tizimga kirish uchun login va parolni kiritish, rolni tanlash va autentifikatsiya qilish imkonini beradi.

Asosiy jihatlar:

- Foydalanuvchi tanlash – Ro'yxatda avazov va asadbek ismli foydalanuvchilar mavjud.
- Rol tanlash – ADMIN yoki boshqa rollar mavjud bo'lishi mumkin.
- Parol kiritish – Foydalanuvchi tizimga kirish uchun parolni kiritishi talab qilinadi.
- Xatolik xabari – Rasmda “Login yoki Parol xato!!” degan bildirishnoma aks etgan, bu foydalanuvchining noto'g'ri ma'lumot kiritganini bildiradi.
- Boshqaruv tugmalari:
 - “Kirish” – Kiritilgan ma'lumotlar asosida tizimga kirishga harakat qiladi.
 - “Tozalash” – Kiritilgan login yoki parolni o'chirish uchun ishlatiladi.



4-rasm. Messageboxda to‘g‘ri xabarini berish.

Rasmda foydalanuvchi avtorizatsiyasi bilan bog‘liq interfeys aks etgan. Unda tizimga kirish huquqini tekshirish va kirish yoki tozalash amallarini bajarish funksiyalari mavjud.

Interfeys tafsilotlari:

- Foydalanuvchi belgisi (ko‘k rangda joylashgan odam silueti).
- Foydalanuvchi nomlari (ehtimol, tizimda mavjud foydalanuvchilar):
 - evazov
 - esad
 - ADMIN
- Kirish huquqi haqida bildirishnoma:
 - Oyna sarlavhasi: “Kirish”
 - Xabar: “Kirish huquqingiz bor!!”
 - Tasdiqlash tugmasi: “Ha”
- Quyidagi tugmalar mavjud:
 - “Kirish” (qizil tugma) – Tizimga kirish uchun.
 - “Tozalash” (yashil tugma) – Ehtimol, foydalanuvchi nomini yoki parol maydonini tozalash uchun.



5-rasm. Menu admin bo'limi.

Ushbu rasm “Menu Admin” nomli dastur interfeysini aks ettiradi. Tizim kitoblarni boshqarish, sotish jarayonlarini kuzatish, buyurtmalarni yuritish va tarixiy ma’lumotlarni saqlash uchun mo’ljallangan.

Asosiy bo’limlar:

- Kitob kiritish – Yangi kitoblarni tizimga qo’shish va ma’lumotlarini saqlash.
- Sotuvchi – Kitob savdosini boshqarish va sotuv jarayonlarini nazorat qilish.
- Zakaslar – Buyurtmalarni qabul qilish va boshqarish.
- Tarix – Oldingi savdo va buyurtmalar tarixini ko’rish va tahlil qilish.



6-rasm. Menu Sotuvchi bo'limi.

Ushbu rasm “Menu Sotuvchi” nomli dasturiy interfeysni aks ettiradi. Bu tizim kitoblarni sotish

va buyurtmalarni boshqarish jarayonlarini yuritish uchun mo'ljallangan bo'lib, foydalanuvchilarga sotuv va buyurtmalar bo'limlari orqali ishlash imkonini beradi.

Asosiy bo'limlar:

1. Sotish – Kitob savdosini amalga oshirish, mavjud mahsulotlarni sotish va tranzaksiyalarni boshqarish.
2. Zakas (Buyurtma) – Kitoblarni oldindan buyurtma qilish va ularni kuzatish jarayonlarini boshqarish.

Dasturdan foydalanishning katta qismlari admin bo'limida joylashgan, sotuvchida esa faqat sotish va zakas qabul qilishdan iborat.



KITOB SOTISH OYNASI SOTUVCHI

Qidirish

Kitob nomi
Kitob muallifi
Kitob chop etilgan yili
Kitob chop etilgan nashriyot
Tur
Kelgan vaqt
Kelgan narx
Minimal narx
Sotish narx
0
Sotilgan narx:

8	FIZIKA	M.US...	2016	"NAV...	ILMIY	10	PAYS...	40000	45000	50000	ODDIY
9	JAHO...	M.LAF...	2018	"TUR...	ILMIY	10	JUMA...	30000	35000	40000	ODDIY
10	CHINOR	ASQA...	2018	"YOS...	BADIY	15	JUMA...	50000	55000	60000	ZAKAS

summa
Yangi savdo

7-rasm. Sotuvchi interfeysidagi kitob sotish oynasi

Sotuvchi bo'limidagi sotish qismini ko'rib chiqsak, uning vazifasi kitoblarni sotishdan iborat. Unda kitoblar haqida ma'lumotlar mavjud ular:

- Kitob nomi;
- Kitob muallifi;
- Kitob chop etilgan nashriyoti;
- Turi;
- Kelgan vaqti;
- Kelgan narxi;
- Minimal sotish narxi;
- Sotish narxi;

Sotiladigan kitoblar soni kiritiladi va kitob sotilayotgan narxni kiritamiz va sotish tugmasi bosilganda umumiy summa ko'rinadi.

ID	FIZIKA	M.US...	2016	'NAV...	ILMIY	8	PAYS...	40000	45000	50000	ODDIY
9	JAHO...	M.LAF...	2018	'TUR...	ILMIY	10	JUMA...	30000	35000	40000	ODDIY
10	CHINOR	ASQA...	2018	'YOS...	BADIIY	15	JUMA...	50000	55000	60000	ZAKAS

8-rasm. Kitob sotish.

Ushbu rasm "Kitob sotish o'yini sotuvchi" nomli dasturiy interfeysni aks ettiradi. Tizim kitob savdosini boshqarish uchun mo'ljallangan bo'lib, asosiy funksiyalari quyidagilardan iborat:

1. Kitob ma'lumotlarini kiritish
 - o Kitob nomi, muallifi, nashr yili, nashriyot, kitob turi, narx va sotish sanasi kabi ma'lumotlar qo'shiladi.
2. Qidirish tizimi
 - o Yuqori o'ng qismda kitoblarni turli mezonlar bo'yicha qidirish imkoniyati mavjud (masalan, oddiy yoki buyurtma asosida sotish).
3. Jadval
 - o Sotilgan kitoblar ro'yxati, to'lov turi, to'lov miqdori va sotuv turi (Oddiy/Zakas) haqidagi ma'lumotlar keltiriladi.
4. Summani ko'rsatish
 - o Umumiy savdo summasi hisoblab, foydalanuvchiga ko'rsatib turiladi.
5. Yangi savdo
 - o Oldingi ma'lumotlarni tozalab, yangi kitob sotish jarayonini boshlash funksiyasi.



ID	FIZIKA	M. US.	2016	"NAVRO'Z"	ILMIY	8	PAYS	40000	45000	50000	ODDIY
3	JAVO	M. LAF.	2018	"TULI"	ILMIY	10	JUMA	30000	35000	40000	ODDIY
10	CHINOR	ASGA.	2018	"YOS"	BADIIY	15	JUMA	50000	55000	60000	ZAKAS

9-rasm. Kitob turiga qarab izlash.

Ushbu dasturiy interfeys kitob savdosini avtomatlashtirish va boshqarish uchun mo'ljallangan. U foydalanuvchilarga kitob ma'lumotlarini kiritish, narxlarni belgilash, sotuv jarayonlarini kuzatish va turli to'lov usullarini qo'llash imkoniyatini beradi.

Asosiy xususiyatlar:

- Kitob haqida to'liq ma'lumotlar bazasi – Muallif, nashr yili, nashriyot, janr va narxlar kiritiladi.
- Qidiruv tizimi – Kitoblarni topish va sotuv turini tanlash imkoniyati mavjud.
- Sotuvlar jadvali – Sotilgan kitoblar, narxlar va to'lov usullari avtomatik ro'yxatga olinadi.
- Umumiy summa hisoboti – Jami savdo hajmi hisoblanadi va ko'rsatiladi.
- Yangi savdo boshlash imkoniyati – Yangi mijozlar uchun qayta savdo jarayoni qulay tarzda yo'lga qo'yiladi.

Bu tizim kitob do'konlari, elektron savdo platformalari va kutubxonalar uchun foydali vosita bo'lib, savdo jarayonlarini soddalashtiradi, samaradorlikni oshiradi va hisob-kitoblarni avtomatlashtiradi.

	FIZIKA	M.USMONOV	2016	'NAVRO'Z' TOSHKENT	ILMIY	PAYSHANBA, 9-MAY, 2024	40000	45000	50000	3	53000
8	FIZIKA	M.US...	2016	'NAV...			4000	50000	ODDIY		
9	JAHQ...	M.LAF...	2018	'TUR...			5000	40000	ODDIY		
10	CHINOR	ASQA...	2018	'YOS...			5000	60000	ZAKAS		

10-rasm. Kitob ma'lumotlariga qarab izlash.

Ushbu dasturiy interfeys kitob savdosini avtomatlashtirish va tartibga solish uchun ishlab chiqilgan. Foydalanuvchilar kitob ma'lumotlarini kiritish, qidirish, saralash va sotuv jarayonlarini kuzatish imkoniyatiga ega.

Asosiy funksiyalar:

- Kitob haqida to'liq ma'lumotlar – Muallif, nashr yili, nashriyot, janr va narxlar kiritiladi.
- Qidiruv tizimi – Foydalanuvchi kitoblarni nomi, muallifi, yili, nashriyoti, turi va soni bo'yicha qidirishi mumkin.
- Sotuvlar jadvali – Tizim orqali solingan kitoblar, ularning narxlari va to'lov usullari avtomatik ravishda ro'yxatga olinadi.
- Umumiy summa hisobi – Jami savdo miqdori hisoblab ko'rsatiladi.
- Yangi savdo boshlash imkoniyati – Yangi mijozlar uchun savdo jarayonini yangilash va ma'lumotlarni yangidan kiritish imkoniyati mavjud.



11-rasm. Zakas olish oynasi.

Zakas olish oynasida xaridorlarga kerak bo'lgan kitoblar topilmasa ulardan zakas olinadi va kerakli kitob olib kelinadi. Zakas olish tartibi quyidagicha bo'ladi.

Xaridordan quyidagi ma'lumotlar so'rab olinadi:

- Kitob nomi;
- Kitob muallifi;
- Kitob chop etilgan yili;
- Kerakli kitoblar soni;
- Qachon olib ketilishi.

Ma'lumotlar dasturga kiritiladi va saqlash tugmasi bosiladi.

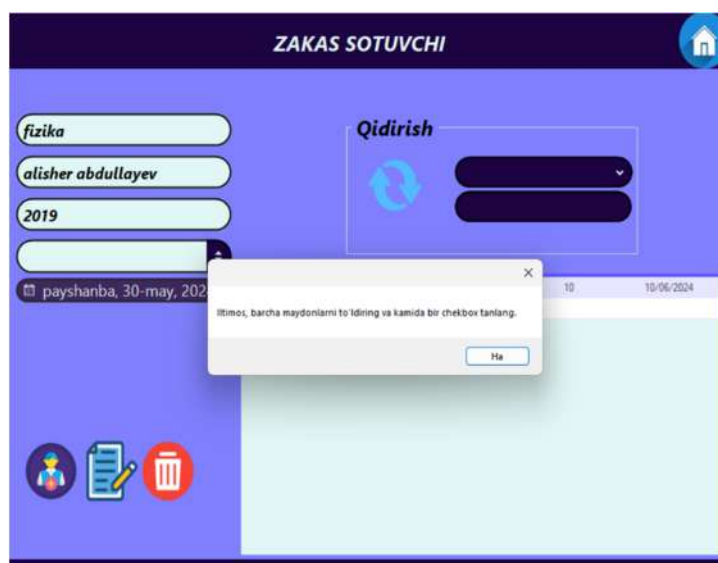


12-rasm. Xaridordan olingan zakasni bazada saqlash

Ushbu rasm Zakas sotuvchi nomli tizim interfeysini aks ettiradi. Bu tizim kitoblarni buyurtma qilish, ma'lumotlarni kiritish, qidirish va boshqarish uchun mo'ljallangan.

Asosiy funksiyalar:

- Kitob ma'lumotlarini kiritish – Kitob nomi, muallifi, chop etilgan yili va nusxa soni bazaga qo'shiladi.
- Buyurtma qo'shish – Rasmda “Kitoblar muvaffaqiyatli qo'shildi” degan tasdiqlovchi bildirishnoma mavjud.
- Qidiruv tizimi – Kitoblarni nomi, muallifi va yili bo'yicha qidirish imkoniyati mavjud.
- Boshqaruv tugmalari – Ma'lumotlarni qo'shish, tahrirlash va o'chirish funksiyalari mavjud.
- Sanani belgilash – Buyurtma sanasi avtomatik ravishda kiritiladi (dushanba, 10-iyun, 2024).



13-rasm. Xaridordan olingan zakasni to'ldirmasdan bazada saqlash va xatolik.

Agarda xaridor kiritgan ma'lumotlarini o'zgartirmoqchi bo'lsa jadvaldan kiritilgan ma'lumot tanlanadi, ma'lumotlar o'zgartiriladi va tahrirlash tugmasi bosilganda ma'lumotlar bazasidagi ma'lumotlar tahrirlanadi.



14-rasm. Xaridordan olingan zakasni tahrirlash.

Zakas tahrirlangan bo'lsa Message.boxda “Kitoblar muvaffaqiyatli tahrirlandi.” degan xabar ko'rsatiladi. Ammo xaridor zakasni tahrirlashni emas balki uni bekor qilishni hoxlasa, yana jadvaldan ma'lumotni belgilaymiz va o'chirish tugmasini bosamiz.



15-rasm. Xaridor olingan zakasni o'chirish.

Ushbu dasturiy interfeys “Zakas sotuvchi” nomli kitob savdosini boshqarish tizimini aks ettiradi. Bu tizim foydalanuvchilarga kitoblarni saqlash, qidirish, buyurtmalarni boshqarish va ma'lumotlarni tahrirlash yoki o'chirish imkoniyatini taqdim etadi.

Asosiy funksiyalar:

- Kitob ma'lumotlarini saqlash – Kitob nomi, muallifi, nashr yili va buyurtma miqdori kiritiladi.
- Qidirish tizimi – Kitoblar ma'lum mezonlar bo'yicha qidirilishi mumkin.
- Sotuv va buyurtmalarni boshqarish – Kitoblarni buyurtma asosida yoki odatiy sotish rejimida saqlash imkoniyati mavjud.
- O'chirish funksiyasi – Oynada “Ma'lumot o'chirildi” degan bildirishnoma chiqib, foydalanuvchi ma'lumotni tasdiqlashi yoki bekor qilishi mumkin.
- Boshqaruv tugmalari – Yangi ma'lumot qo'shish, mavjud ma'lumotlarni tahrirlash yoki o'chirish uchun qulay interfeys.



16-rasm. Xaridordan olingan zakaslarni izlash.

Ushbu rasmda Zakas sotuvchi nomli kitob savdosini boshqarish tizimi tasvirlangan bo'lib, u kitoblarni buyurtma asosida sotish va boshqarish uchun mo'ljallangan. Interfeys kitob ma'lumotlarini kiritish, qidirish va boshqarish funksiyalarini o'z ichiga oladi.

Asosiy funksiyalar:

- Kitob ma'lumotlarini kiritish – Kitob nomi, muallifi va chop etilgan yili kabi ma'lumotlar qo'shiladi.
- Qidirish tizimi – Kitoblarni nomi, muallifi yoki chop etilgan yili bo'yicha qidirish imkoniyati mavjud.
- Buyurtmalarni boshqarish – Sotish yoki buyurtmalar bo'yicha kitoblar ro'yxati yuritiladi.
- Ma'lumotlarni tahrirlash yoki o'chirish – Chap pastki burchakda qo'shish, tahrirlash va o'chirish tugmalari mavjud.

Sanani ko'rsatish – Sotuv sanasi (dushanba, 10-iyun, 2024) tizimda aks etgan.

Natija va tahlil

Dasturning admin qismi asosiy bo'limlaridan biri bu – “Kitob kiritish” bo'limidir. Bu bo'limda admin olib kelingan har bir kitob ma'lumotlarini bazaga kiritib chiqadi va saqlaydi.

	FIDHA	IKUSM...	2016	"NAUR...	ILMEY	5	PAYS...	40000	45000	50000	OODIY
9	JAHOD...	M LAF...	2018	"TUR...	ILMEY	10	JUNA...	30000	35000	40000	OODIY
10	CHINOR	ASGA...	2018	"YOSH...	BADIY	15	JUNA...	50000	55000	60000	ZAKAS

17-rasm. Kitob kiritish oynasi admin bo'limi.

Bu yerga admin kitobning bir nechta ma'lumotlarini kiritishi zarur bular:

- Kitob nomi;
- Kitob muallifi;
- Kitob chop etilgan yili;
- Kitob chop etilgan nashriyoti;
- Kitob turi;
- Kitoblar soni;
- Kitob kelgan vaqti;
- Kitob olib kelingan narxi;
- Kitob sotilishi kerak bo'lgan minimal narx;

- Kitob sotilish narxi;
- Kitob zakas orqali yoki oddiy olib kelinganligi.

Kitobning mana shu ma'lumotlari kiritiladi va ma'lumotlar bazasiga saqlanadi.



KITOB KIRITISH OYNASI ADMIN

Qidirish

8	FIZIKA	MUSM...	2018	NAVR...	ILMIY	5	PAYS...	40000	45000	50000	ODDIY
9	JAHON	MLAF...	2018	TUR...	ILMIY	10	JUMA...	30000	35000	40000	ODDIY
10	CHINOR	ASQA...	2018	YOSH...	BADIIY	15	JUMA...	50000	55000	60000	ZAKAS
11	ODOB...	XUDO...	2020	TOSH...	ILMIY	20	JUMA...	40000	45000	50000	ZAKAS
12	JOMU...	JOMU...	2023	TOSH...	ILMIY	10	JUMA...	30000	32000	35000	ODDIY

18-rasm. Kitob ma'lumotlarini kiritish.

Ushbu dasturiy interfeys “Kitob kiritish oynasi – Admin” nomli kitoblar bazasini yuritish va sotish jarayonlarini avtomatlashtirish tizimini aks ettiradi. Bu tizim admin foydalanuvchilari tomonidan kitob ma'lumotlarini kiritish, tahrirlash, qidirish va sotuv jarayonlarini kuzatish uchun mo'ljallangan.

Asosiy funksiyalar:

- Kitob ma'lumotlarini kiritish va saqlash – Kitob nomi, muallifi, chop etilgan yili, nashriyoti va turi kabi ma'lumotlar qo'shiladi.
- Narxlarni boshqarish – Kelgan narx, minimal narx va sotish narxi tizimga kiritiladi.
- Qidiruv tizimi – Kitoblarni ma'lum mezonlar bo'yicha tezkor izlash imkoniyati mavjud.
- Sotuvlar jadvali – Oldin sotilgan kitoblar va ularning narxlari ro'yxatga olinadi.
- Buyurtmalar va oddiy sotuvni boshqarish – Kitob oddiy yoki buyurtma asosida sotilishi mumkin.
- Tahrirlash va o'chirish tugmalari – Foydalanuvchilar kitob ma'lumotlarini yangilashi yoki keraksiz yozuvlarni o'chirishi mumkin.

19-rasm. Kitob ma'lumotlarini bazaga saqlash.

Ma'lumotlarni tahrirlash kerak bo'lsa jadvaldan belgilaniladi va tahrirlash tugmasi bosiladi. Tahrirlaydigan ma'lumotlarimiz textboxlarda ko'rinadi va kerakli joyini o'zgartiriladi va tahrirlash tugmasi bosiladi. Tahrirlash jarayonida ham e'tibor berish kerakki hech qaysi ma'lumot bo'sh qolmasin aks holda Message.boxda "iltimos, barcha maydonlarni to'ldiring va kamida bir checkbox tanlang." degan xabar chiqadi.

20-rasm. Tahrirlash jarayonida hech qaysi ma'lumot bo'sh bo'lmisligi kerak.

Bu tizim kitob do'konlari, kutubxonalar va elektron savdo platformalari uchun samarali bo'lib, kitob ma'lumotlarini yuritish, sotuv jarayonlarini boshqarish va umumiy savdo hisobotlarini shakllantirish imkonini beradi. Tizimdagi xatolik tekshiruvi foydalanuvchilarning noto'g'ri yoki to'liq bo'lmagan ma'lumotlarni kiritishining oldini oladi, bu esa ma'lumotlar bazasining yaxlitligi va aniq hisob-kitoblarni yuritish uchun muhim ahamiyatga ega.



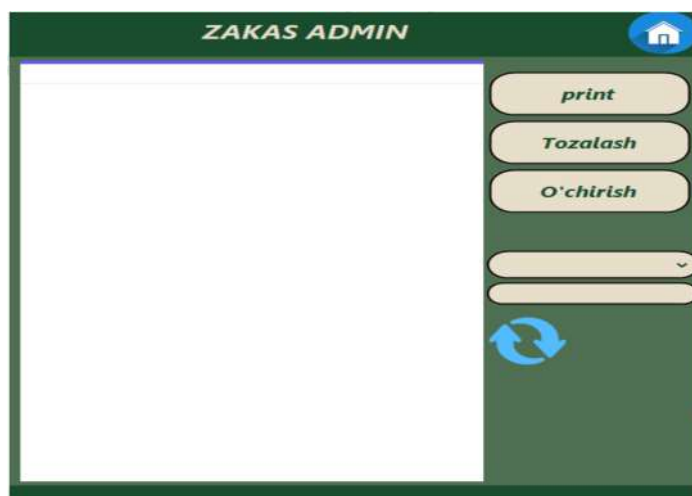
ID	Familiya	Ism	Sharif	Tug'ilgan sana	Telefon raqami	Oylik maosh	Rol
9	AVAZOV	ASADBEK	EGAMB	QASHQ	MUBOR	JUMA	+99891... 2000000 0a607b... defa565... ADMIN
10	XUDYOY	DIYORB	SHAKA	QASHQ	DEHQO	DUSHA	+99899... 2000000 cb10cd5... fc56820... ADMIN
11	URISHOV	ASADBEK	SHARO	TOSHK	BEKOB	DUSHA	+99891... 1500000 827396... 01f119e... SOTUV
12	YUSUP	SARDOR	SHERA	TOSHK	BEKOB	SHANB	+99891... 1500000 ab87bd... e791e0... SOTUV

21-rasm. Ishchi xodimlar qo'shish bo'limi.

Ushbu rasm "Ishchi xodimlar qo'shish" tizimining interfeysini aks ettiradi. Bu dastur korxonalar va tashkilotlarda kadrlar boshqaruvini avtomatlashtirish, ishchilar ma'lumotlarini kiritish, tahrirlash va qidirish uchun mo'ljallangan.

Asosiy funksiyalar:

- Xodim ma'lumotlarini kiritish – Familiya, ism, sharif, tug'ilgan sana yoki ishga qabul qilingan sana, telefon raqami, oylik maosh va tizimga kirish uchun login va parol kiritiladi.
- Qidiruv tizimi – Xodimlarni turli mezonlar bo'yicha qidirish imkoniyati mavjud.
- Ma'lumotlarni boshqarish – Yangi xodim qo'shish, mavjud ma'lumotlarni tahrirlash yoki o'chirish mumkin.
- Xodimlar jadvali – Ishchilar ro'yxati jadval shaklida saqlanadi, unda ism, sharif, lavozim, telefon raqami, oylik maosh va tizimdagi roli (Admin yoki Oddiy foydalanuvchi) ko'rsatilgan.



22-rasm. Zakas admin bo'limi.

Ushbu rasm Zakas Admin nomli tizim interfeysini aks ettiradi. Bu dastur ma'lumotlarni boshqarish, tozalash, chop etish va yangilash uchun mo'ljallangan. Administrator (Admin) foydalanuvchilari ushbu tizim orqali buyurtmalar yoki boshqa kiritilgan ma'lumotlarni nazorat qilishi mumkin.

Asosiy funksiyalar:

- Ma'lumotlar maydoni – Markaziy bo'limda ma'lumotlarni ko'rsatish yoki tahrirlash mumkin bo'lgan joy mavjud.
- Boshqaruv tugmalari (o'ng panel):
 - "Print" – Ma'lumotlarni chop etish imkoniyati.
 - "Tozalash" – Kiritilgan yoki ko'rsatilgan ma'lumotlarni o'chirish.
 - "O'chirish" – Ma'lumotlarni butunlay o'chirish yoki ro'yxatdan chiqarish.
- Filtr va yangilash tizimi – Pastki qismda tanlov maydoni va yangilash tugmasi mavjud bo'lib, foydalanuvchi turli ma'lumotlarni saralashi yoki yangilashi mumkin.



23-rasm. Tarix admin bo'limi.

Ushbu rasm "Tarix Admin" nomli tizim interfeysini aks ettirib, tarixiy yoki statistik ma'lumotlarni tahlil qilish, boshqarish va vizuallashtirish uchun mo'ljallangan. Interfeys diagrammalar, ma'lumotlar tahlili va boshqaruv tugmalari bilan jihozlangan bo'lib, foydalanuvchilarga ma'lumotlarni boshqarish va tahlil qilish imkonini beradi.

Asosiy funksiyalar:



- Diagrammalar – Chap va o'ng panelda ikkita doira diagrammasi mavjud bo'lib, ular ma'lumotlarni taqqoslash va tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin.
 - Amallar paneli (yuqori qism):
 - Ma'lumotlarni yangilash (aylana tugma).
 - O'chirish (qizil axlat qutisi belgisi) – ma'lumotlarni o'chirish imkoniyati.
 - Bosib chiqarish (printer belgisi) – natijalarni chop etish yoki hisobot yaratish.
 - Grafik va statistik tahlillar – turli ma'lumotlarni diagrammalar shaklida ko'rsatish imkoniyati.
- Qidiruv paneli – Foydalanuvchilar kerakli ma'lumotlarni qidirishi yoki filtrlay olishi mumkin.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, kitob do'konlari uchun avtomatlashtirilgan axborot tizimining joriy etilishi savdo jarayonlarini tezlashtirish, mijozlarga xizmat ko'rsatish sifatini oshirish va inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirish imkonini beradi. Shuningdek, dasturiy ta'minot orqali ma'lumotlarni boshqarish va hisob-kitoblarni avtomatlashtirish natijasida do'kon ish faoliyatining umumiy samaradorligi sezilarli darajada oshadi.

Ushbu ilmiy ish kelajakda elektron tijorat platformalari bilan integratsiya qilish, bulutli texnologiyalar yordamida ma'lumotlarni saqlash va sun'iy intellekt orqali savdo tahlilini rivojlantirish kabi yo'nalishlarni o'rganish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Kitob do'koni jarayonlarini optimallashtirishda avtomatlashtirilgan axborot tizimi ilmiy jihatdan puxta asoslangan yondashuv bo'lib, u korxona rentabelligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- Laudon, K.C., & Laudon, J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. Pearson, 2020.
- O'Brien, J. A., & Marakas, G.M. Introduction to Information Systems. McGraw-Hill, 2019.
- Date, C.J. An Introduction to Database Systems. Addison-Wesley, 2019.
- Sambhram, R. P., Nasriddinovich, U. A., Komiljon o'g, N. Z. Q., & Toxir Turg'un o'g, A. (2024). GUEST HOUSE WEBSITE. IJODKOR O'QITUVCHI, 4(40), 74-79.
- Nasriddinovich, U. A. (2024). AXBOROTLASHGAN PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR-TA'LIM SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING SAMARALI VOSITASI. TADQIQOTLAR. UZ, 37(3), 166-168.
- Mamasolievich, J. D., & Nasriddinovich, U. A. (2024). MATEMATIKA DARSLARIDA DASTURLASHTIRILGAN TA'LIM. Научный Фокус, 1(12), 384-388.
- Nasriddinovich, U. A. (2024, April). UMUMLASHGAN BAHOLAR ASOSIDA TIBBIYOT SOHASI EKSPERTLARINING MULOHAZALARINI QIYOSIY TAHLIL QILISH. In Proceedings of International Conference on Educational Discoveries and Humanities (Vol. 3, No. 5, pp. 235-238).
- Tojiyev A., Ulashev A., Abdualimov B. WINDOWS FORM ILOVASIDA MATEMATIK FUNKSIYALAR GRAFIGINI YASASH //International Scientific and Practical Conference on Algorithms and Current Problems of Programming. – 2023.
- Norqo'ziyev, Q., Aynakulov, T., Mahkamov, S., & Sodiqov, D. (2024). IMPLEMENTING MOBILE ROBOT WALKING PATH CONTROL AND TRACKING IN C# WINDOWS FORM APPLICATION. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 95-99.
- Mahkamov, S., Aynakulov, T., & Baratov, J. (2024). ANDROIDDA MODEL VIEW PRESENTER (MVP) ARXITEKTURASI. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 199-202.



Adabiyotlar

1. Laudon, K.C., & Laudon, J.P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. Pearson, 2020.
2. O'Brien, J. A., & Marakas, G.M. Introduction to Information Systems. McGraw-Hill, 2019.
3. Date, C.J. An Introduction to Database Systems. Addison-Wesley, 2019.
4. Sambhram, R. P., Nasriddinovich, U. A., Komiljon o'g, N. Z. Q., & Toxir Turg'un o'g, A. (2024). GUEST HOUSE WEBSITE. IJODKOR O'QITUVCHI, 4(40), 74-79.
5. Nasriddinovich, U. A. (2024). AXBOROTLASHGAN PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR-TALIM SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING SAMARALI VOSITASI. TADQIQOTLAR. UZ, 37(3), 166-168.
6. Mamasolievich, J. D., & Nasriddinovich, U. A. (2024). MATEMATIKA DARSLARIDA DASTURLASHTIRILGAN TA'LIM. Научный Фокус, 1(12), 384-388.
7. Nasriddinovich, U. A. (2024, April). UMUMLASHGAN BAHOLAR ASOSIDA TIBBIYOT SOHASI EKSPERTLARINING MULOHAZALARINI QIYOSIY TAHLIL QILISH. In Proceedings of International Conference on Educational Discoveries and Humanities (Vol. 3, No. 5, pp. 235-238).
8. Tojiyev A., Ulashev A., Abdualimov B. WINDOWS FORM ILOVASIDA MATEMATIK FUNKSIYALAR GRAFIGINI YASASH //International Scientific and Practical Conference on Algorithms and Current Problems of Programming. – 2023.
9. Norqo'ziyev, Q., Aynakulov, T., Mahkamov, S., & Sodiqov, D. (2024). IMPLEMENTING MOBILE ROBOT WALKING PATH CONTROL AND TRACKING IN C# WINDOWS FORM APPLICATION. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 95-99.
10. Mahkamov, S., Aynakulov, T., & Baratov, J. (2024). ANDROIDDA MODEL VIEW PRESENTER (MVP) ARXITEKTURASI. International Journal of scientific and Applied Research, 1(3), 199-202.



Mualliflar

Faxriddin Nuraliev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston; nuraliev2001@mail.ru

Nuriddin Tojiev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston; ntojiyev845@gmail.com

Behzod Tahirov

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100200,
O'zbekiston; b.n.tahirov@buxdu.uz

Mas'ul: ntojiyev845@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

ANIZOTROP TERMO- ELEKTRO-MAGNIT PLASTINALARNING NOCHIZIQLI KUCHLANLANGANLIK- DEFORMASIYALAN- GANLIK JARAYON- LARINI MATEMATIK MODELI VA HISOBLASH TAJRIBALARI

Annotatsiya: Murakkab shaklga ega bo'lgan anizotrop termo-elektro-magnit plastinalarning nochiziqli kuchlanganlik deformatsiyalanganlik jarayonlarini matematik modellashdirish. Gamilton-Ostrogradskiy variatsion tamoyili asosida ko'chishga nisbatan boshlang'ich va chegaraviy shartlarga ega, yuqori tartibli xususiy hosilali nochiziqli differensial tenglamalar tizimi shaklidagi matematik model ishlab chiqilgan. Matematik modelni qurishimizda biz Kirxgof-Lyav gepotizasidan foydalanib uch o'lchovli koordinatani ikki o'lchovli koordinataga o'tkazamiz bunda ko'chishlarning dastlabki ko'rinishiga ega bo'lamiz. Kinetik energiya, Potensial energiya va Tashqi kuchlar bajargan ishlarni variatsion ko'rinishi hisoblab chiqildi. Furening issiqlik o'tkazuvchanlik qonuni, Dyugamelya-Neymananing tenglamasi, Koshi munosabati, Guk qonuni, Lorens kuchi va Maksvell elektromagnit tenzor ko'rinishidan foydalanib, termo-elektro-magnit maydon ta'siri ostidagi, murakkab shaklga ega bo'lgan anizotrop termo-elektro-magnitelastik plastinalarning nochiziqli kuchlanlanganlik va deformatsiyalanganlik holati o'rganildi.

Kalit so'zlar: Model, Matematik model, Modellashdirish, Gamilton-Ostrogradskiy tamoyili, Kirgof-Lyav gipotezasi, Furening issiqlik o'tkazuvchanlik qonuni, Dyugamelya-Neymananing tenglamasi, Koshi munosabatlari, Guk qonuni, Maksvell elektromagnit tenzori, anizotrop, plastina.



Natija

Yupqa murakkab shaklga ega termo-elektro-magnit elastik anizotrop plastinaning matematik modeli

Gamilton-Ostrogradskiy variatsion tamoyili asosida yupqa murakkab konstruksiyaviy shakldagi termo-elektro-magnit elastik anizotrop plastinalarning geometrik nohiziqli deformatsiyalanish jarayonlarida termo-elektro-magnit maydon kuchlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan matematik modeli to'liq shaklini keltiramiz.

$$\left\{ \begin{aligned} & -\rho h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - h C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{h}{2} C_{1212} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{h}{2} C_{1111} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} - \frac{h}{2} C_{1222} \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} - \frac{h}{2} C_{1112} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{h}{2} C_{1222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \\ & - (h C_{1122} + \frac{h}{2} C_{1212}) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} - (\frac{h}{2} C_{1122} + \frac{h}{2} C_{1212}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} - (h C_{1211} + \frac{h}{2} C_{1112}) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - (\frac{h}{2} C_{1112} + \frac{h}{2} C_{1211}) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + \\ & + h \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_{11} (T - T_0)) + h \frac{\partial}{\partial y} (\alpha_{12} (T - T_0)) + N_x + R_x + q_x + T_{zx} + \theta_{Tzx} + \theta_T = 0, \\ & -\rho h \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - h C_{2222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \frac{h}{4} C_{1212} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{h}{2} C_{2212} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{h}{2} C_{1211} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{h}{2} C_{2222} \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} - \frac{h}{4} C_{1211} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} - \\ & - (h C_{2211} + \frac{h}{4} C_{1212}) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - (\frac{h}{2} C_{2212} + \frac{h}{2} C_{1222}) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} - (\frac{h}{2} C_{2211} + \frac{h}{4} C_{1212}) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} - (\frac{h}{2} C_{2212} + \frac{h}{4} C_{1222}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + \\ & + h \frac{\partial}{\partial y} (\alpha_{22} (T - T_0)) + \frac{h}{2} \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_{12} (T - T_0)) + N_y + R_y + q_y + T_{zy} + \theta_{Tzy} + \theta_T = 0, \\ & -\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \frac{h}{2} C_{1111} (\frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4}) - \frac{h}{2} C_{1122} \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \frac{h}{2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} (\frac{1}{2} C_{1122} + \frac{1}{2} C_{2211} + C_{1212}) - \frac{h}{4} C_{1112} \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \\ & - \frac{h}{2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} (\frac{1}{2} C_{1112} + C_{1211}) - \frac{h}{2} C_{2211} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \frac{h}{2} C_{2222} (\frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4}) - \frac{h}{4} C_{2212} (\frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}) - \\ & - \frac{h}{2} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} (\frac{1}{2} C_{2212} + C_{1222}) - h C_{1211} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - h C_{1222} \frac{\partial v}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{h}{2} C_{1212} (\frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}) + \\ & + \frac{h}{2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \alpha_{11} (T - T_0) + \frac{h}{2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \alpha_{22} (T - T_0) + h \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \alpha_{12} (T - T_0) + \frac{h}{12} C_{1111} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{h}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} (C_{1122} + C_{2212} + C_{1211}) + \\ & + \frac{h}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} (C_{1112} + C_{2211}) + \frac{h}{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} (C_{2222} + C_{1212}) + \frac{h}{12} C_{1222} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + N_z + R_z + q_z + T_{zz} + \theta_{Tzz} + \theta_T = 0, \\ & \lambda_{11} \frac{\partial^2 \theta_T}{\partial x^2} + \lambda_{12} \frac{\partial^2 \theta_T}{\partial x \partial y} + \lambda_{21} \frac{\partial^2 \theta_T}{\partial y \partial x} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 \theta_T}{\partial y^2} - C_\varepsilon \frac{\partial^2 \theta_T}{\partial t} - \theta_{T_0} \beta_{11} (\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} - z \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial t}) - \\ & - \theta_{T_0} \beta_{22} (\frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} - z \frac{\partial^3 w}{\partial y^2 \partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^3 w}{\partial y^2 \partial t}) - \theta_{T_0} \beta_{12} (\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial t} - z \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y \partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y \partial t}) = 0. \end{aligned} \right.$$

Boshlang'ich shartlar:

$$\rho h \frac{\partial u}{\partial t} \delta u \Big|_t = 0, \rho h \frac{\partial v}{\partial t} \delta v \Big|_t = 0, \rho h \frac{\partial w}{\partial t} \delta w \Big|_t = 0, \theta_T \Big|_{t=0} = T_0$$

$$\rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial x} \delta w \Big|_{x|_t} = 0, \rho \frac{h^3}{12} \frac{\partial^2 w}{\partial t \partial y} \delta w \Big|_{y|_t} = 0;$$

Chegaraviy shartlar:

$$h \left[C_{1111} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1122} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1112} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{11} (T - T_0) \right] \delta u \Big|_x = 0,$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{1211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{12} (T - T_0) \right] \delta v \Big|_x = 0,$$

$$h \left[C_{2211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{2222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{2212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{22} (T - T_0) \right] \delta v \Big|_y = 0,$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{1211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{12} (T - T_0) \right] \delta u \Big|_y = 0,$$

$$\frac{h^3}{12} \left(C_{1111} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + C_{1122} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + C_{1112} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_x = 0,$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{1111} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1122} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1112} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{11} (T - T_0) \right] \frac{\partial w}{\partial x} \delta w \Big|_x = 0,$$

$$-\frac{h^3}{12} \left(C_{1211} \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + C_{1222} \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + C_{1212} \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right) \delta w \Big|_x = 0,$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{1211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{12} (T - T_0) \right] \frac{\partial w}{\partial y} \delta w \Big|_x = 0,$$

$$\frac{h^3}{12} \left(C_{2211} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + C_{2222} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + C_{2212} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \delta \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_y = 0$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{2211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{2222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{2212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{22} (T - T_0) \right] \frac{\partial w}{\partial y} \delta w \Big|_y = 0,$$

$$\frac{h^3}{12} \left(C_{1211} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + C_{1222} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + C_{1212} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \delta \frac{\partial w}{\partial x} \Big|_y = 0,$$

$$\frac{1}{2} h \left[C_{1211} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right) + C_{1222} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right) + C_{1212} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \alpha_{12} (T - T_0) \right] \frac{\partial w}{\partial x} \delta w \Big|_y = 0,$$

$$h \left[\left(\Phi_{Px} + \Phi_{Txx} + \Phi_{\theta_{Txx}} \right) \delta u + \left(\Phi_{Py} + \Phi_{Txy} + \Phi_{\theta_{Txy}} \right) \delta v + \left(\Phi_{Pz} + \Phi_{Txz} + \Phi_{\theta_{Txz}} \right) \delta w \right] \Big|_x = 0,$$

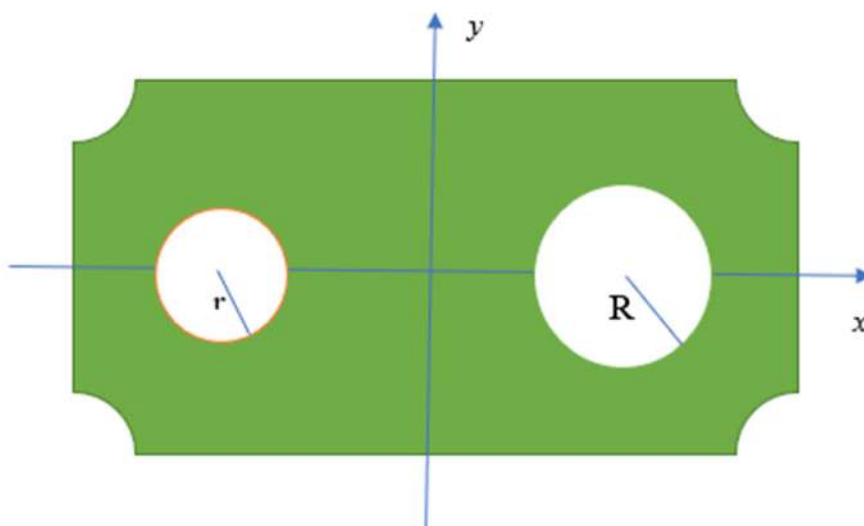
$$h \left[\left(\Phi_{Fx} + \Phi_{Tyx} + \Phi_{\theta_{Tyx}} \right) \delta u + \left(\Phi_{Fy} + \Phi_{Tyy} + \Phi_{\theta_{Tyy}} \right) \delta v + \left(\Phi_{Fz} + \Phi_{Tyz} + \Phi_{\theta_{Tyz}} \right) \delta w \right] \Big|_y = 0.$$

$$\frac{\partial \theta_T}{\partial n} + \alpha_{\theta_T} (\theta_T - T_0) = 0 \text{ chegarada};$$

Ushbu tenglamalar tadqiq qilinayotgan murakkab shaklga ega bo'lgan plastina chegaralarini mahkamlanish usullariga qarab tegishli chegaraviy shartlarga muvofiq yechiladi.

Hisoblash tajribasi-1

Chegaralari qattiq mahkamlangan holatidagi plastina tasviri ustida hisoblash ishlarini olib boramiz.



1-rasm. Murakkab shakldagi magnitelastik nosimmetrik yupqa plastina

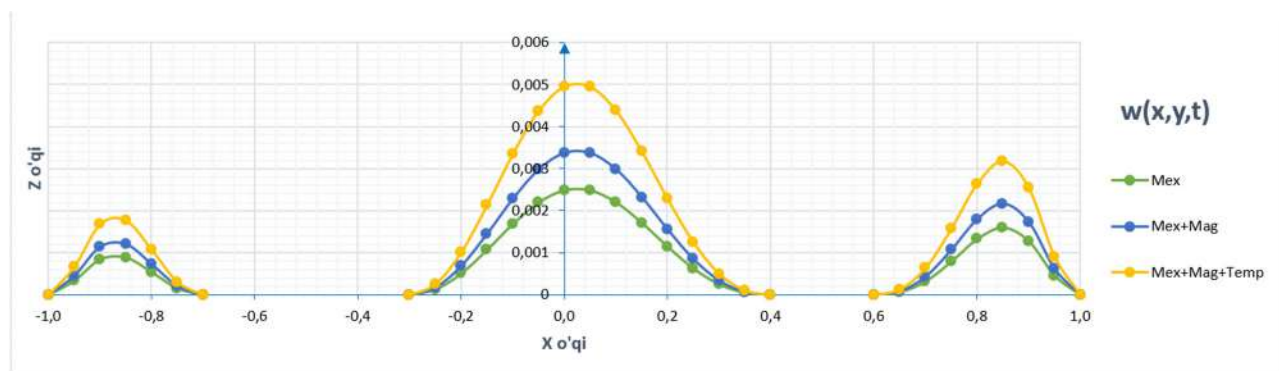
Hisoblash tajribasida geometrik va mexanik o'zgarmas qiymatlar quyidagicha keltirilgan:
 $a = 1m, b = 1m, h = 0.01m, c = 0.4m, d = 0.4m, R = 0.2m, r = 0.1m, \nu = 0.3, t = 1c,$
 $Q = 20, H_x = H_y = H_z = 10\kappa\mathcal{E}, T = 70C.$

Elektro'tkazuvchan murakkab shaklli yupqa plastinaga mexanik kuchlar va elektromagnit maydon kuchlar ta'siri hamda harorat tasirini qo'shib hisoblash ishlari olib borilganda 1-jadvaldagi sonli natijalar olindi va natijaning grafik ko'rinishdagi tasviri 2-rasmda ko'rsatib berildi.

1-jadval. Yupqa plastinaning chegaralari qattiq mahkamlangan shartlarda olingan natijalar.

X	y	Mexanik kuchlar ta'siri qaranganda $W(x,y,t) t=0.1$	Mexanik kuchlar va Elektromagnit maydon kuchlar ta'siri qaranganda $W(x,y,t) t=0.1$	Mexanik kuchlar va Elektromagnit maydon kuchlari, harorat ta'siri qaranganda $W(x,y,t) t=0.1$
-1	0	0	0	0
-0,9	0	0,000408	0,00044907	0,00052551
-0,8	0	0,000426	0,00046853	0,00054828
-0,7	0	0,000104	0,00011403	0,00013344

-0,6	0	0	0	0
-0,5	0	0	0	0
-0,4	0	0	0	0
-0,3	0	0,00008555	0,00009413	0,00011015
-0,2	0	0,000404	0,00044414	0,00051974
-0,1	0	0,00081488	0,00089658	0,00104919
0	0	0,001006	0,001107	0,00129507
0,1	0	0,00081488	0,00089658	0,00104919
0,2	0	0,000403	0,0004	0,00051974
0,3	0	0,00008555	0,00009413	0,00011015
0,4	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0
0,6	0	0	0	0
0,7	0	0,000104	0,000114	0,00013344
0,8	0	0,000426	0,000469	0,00054828
0,9	0	0,0004082	0,0004491	0,00052551
1	0	0	0	0

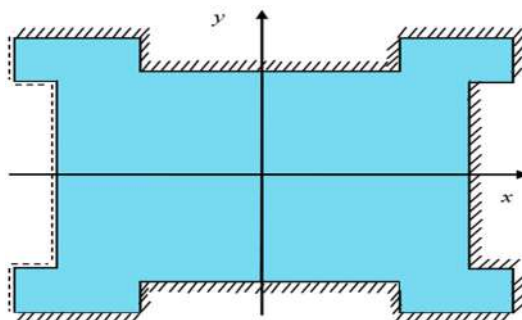


2-rasm. Magnit elastik nosimmetrik yupqa plastina chegaralari qattiq mahkamlangan sharti bo'yicha koordinata o'qidagi grafigi.

Xulosa qilib aytganda elektro'tkazuvchan yupqa plastinaga mexanik kuchlar ta'siri hamda mexanik kuchlarga magnit maydon kuchlar farqi 8.1 % va harorat ta'siri ham qo'shib hisoblash ishlari olib borilganda, va hisoblash tajribalar xulosasi shuni ko'rsatadiki ularning o'zaro farqi 13.5% ni tashkil qildi.

Hisoblash tajribasi-2

Yupqa plastinaning chegarasi bir tomoni erkin, qolgan tomonlari va qattiq mahkamlangan shartlar bilan olingan sonli natijalar grafik tasvir

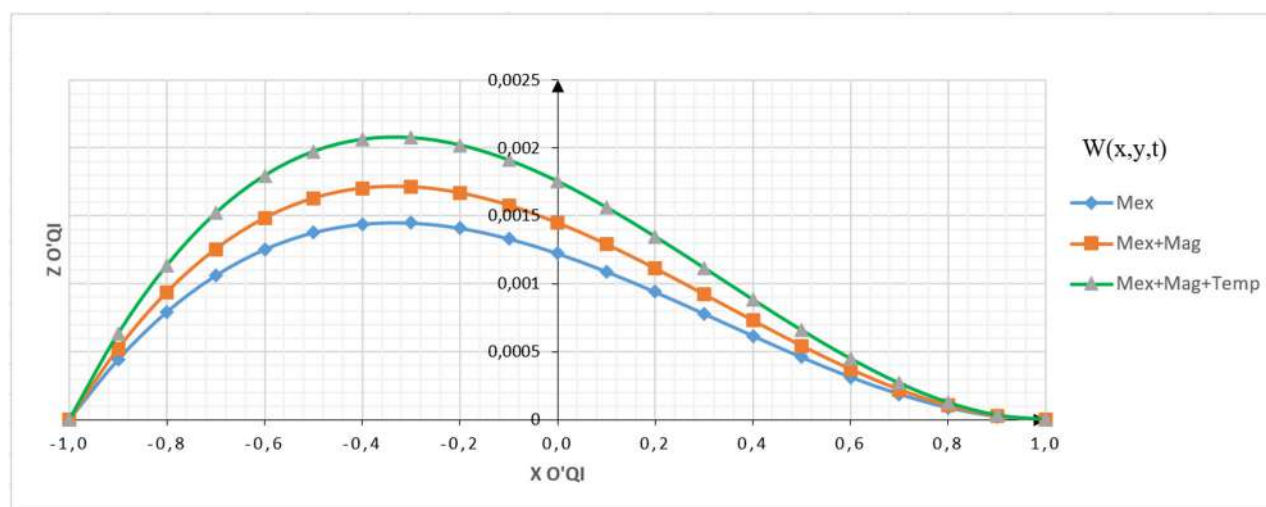


3-rasm. Chegaralari qattiq va sharnir mahkamlangan plastina

2-jadval. Yupqa plastinaning chegaralari aralash shartlarda olingan sonli natijalar.

x	y	Mexanik kuchlar ta'siri qaralganda $V(x,y,t) t=0.1$	Mexanik kuchlar va Elektromagnit maydon kuchlari ta'siri qaralganda $V(x,y,t) t=0.1$	Mexanik kuchlar va Elektromagnit maydon kuchlari, harorat ta'siri qaralganda $V(x,y,t) t=0.1$
-1	0	0	0	0
-0,9	0	0,000442	0,000523	0,000633
-0,8	0	0,000793	0,000938	0,001136
-0,7	0	0,001061	0,001256	0,00152
-0,6	0	0,001253	0,001483	0,001796
-0,5	0	0,001377	0,001629	0,001973
-0,4	0	0,001439	0,001703	0,002062
-0,3	0	0,001448	0,001713	0,002075
-0,2	0	0,00141	0,001668	0,00202
-0,1	0	0,001333	0,001577	0,00191
0	0	0,001224	0,001448	0,001754
0,1	0	0,00109	0,00129	0,001562
0,2	0	0,00094	0,001112	0,001346
0,3	0	0,00078	0,000923	0,001117
0,4	0	0,000617	0,00073	0,000884

0,5	0	0,000459	0,000543	0,000658
0,6	0	0,000313	0,000371	0,000449
0,7	0	0,000187	0,000222	0,000268
0,8	0	0,000088	0,00010428	0,000126
0,9	0	0,000023	0,0000275	0,000033
1	0	0	0	0



4-rasm. Plastinaning chegaralari (sharnir va qattiq mahkamlangan) aralash shartlarda olingan sonli natijalar uchun grafik tasviri.

Yupqa plastinaga mexanik kuchlar ta'siri hamda mexanik kuchlarga magnit maydon kuchlar ta'siri ham qo'shib hisoblash ishlari olib borilganda 16% (4.3.9-jadval, 4.3.10-rasm), va hisoblash tajribalar xulosasi shuniko'rsatadiki ularning o'zaro farqi 17% ni tashkil qildi.

Hisoblash natijalarini tahlil qilish natijalariga asoslanib xulosa qilish mumkinki, elektromagnit maydonlarning va harorat maydonini yupqa elektro'tkazuvchan plastinalarning deformatsiya holatiga ta'sirini ishonchli tarzda tasdiqlash imkonini beradi.

Xulosa

Termo-elektro-magnit maydonda joylashgan murakkab shaklga ega noxiziqli anizotrop plastinalar termo-elektro-manitlastiklik masalasining matematik modeli ishlab chiqildi. Bunda termo-elektro-magnitlastik yupqa anizotrop plastinaning geometrik noxiziqli deformatsiyalanish holatiga termo-elektro-magnit maydon ta'sirlari o'rganildi;



Gamilton-Ostrogradskiy variasion tamoyili asosida Kirxgof-Lyav gipotezasi, Koshi munosabatlari, Guk qonuni, Fure issiqlik o'tkazuvchanlik qonuni hamda Maksvell elektromagnit tenzor ko'rinishlaridan foydalanib, potensial energiya, kinetik energiya va tashqi kuchlar bajargan ishning variasion ko'rinishlari aniqlanildi. Natijada ko'chishga nibatan boshlang'ich va chegaraviy shartlarga ega, xususiy hosilali nochiziqli differensial tenglamalar tizimi ko'rinishidagi matematik modeli olindi.

Ishlab chiqilgan matematik modeldan termo-elektro-magnit maydonda joylashgan yupqa murakkab shaklga ega anizotrop plastinalarning termo-elektro-magnit elastiklik masalalarini tadqiq qilishda foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

- Амбарцумян С. А. Теория анизотропных пластин. - М: Наука, 1987.-360с.
- Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. - М.: Наука, 1977. - 272 с.
- Амбарцумян С.А., Белубекян М.В. Некоторые задачи электромагнитоупругости пластин. -Ереван: 1991.-144 с.
- Индиаминов Р.Ш. Математическое моделирование магнитоупругих колебаний анизотропной пластины на упругом основании // Пробл. мех. 2004. №5-6. – С. 15-20.
- Корнишин М.С. Нелинейная задача теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. - М: Наука, 1964. – 192с.
- Кронрод А.С. Узлы и веса квадратурных формул. -М.: Наука, 1964. - 144 с.
- Курпа Л.В. Методом R-функции для решения линейных задач изгиба и колебаний пологих оболочек. Харьков НТУ ХПИ 2009. 391 с.
- Рвачев В.Л. Теория R- функций и некоторые ее приложения. –Киев: Наукова думка, 1982.-552с.
- Рвачев В.Л., Курпа Л.В. R-функция в задачах теории пластин. - Киев: Наукова думка, 1987. - 176с.
- Рвачев В.Л., Курпа Л.В., Насриддинов Х.Ф. и др. Метод R-функций в задачах нелинейного деформирования пластин // Прикл. механика. - Киев. - 1987. - 23:N 9. - С.73-78.
- Рвачев В.Л., Курпа Л.В., Учишвили Л.А. Метод R-функций в задачах об изгибе и колебаниях пластин сложной формы. - Киев: Наукова думка, 1973. – 118с.
- Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, Методы, Примеры. -Москва: Физматлит, -2002. - 320 с.
- Селезов И.Т., Селезова Л.В. Волны в магнитогидроупругих средах. - Киев: Наукова думка, 1975. - 164 с.
- Халджигитов А. А., Бабаджанов М. Р., Худазаров Р. С. Об одном подходе численного решения упругопластических краевых задач // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2019. -Vol. 3, № 21. -С. 75-86.



Adabiyotlar

1. Амбарцумян С. А. Теория анизотропных пластин. - М: Наука, 1987.-360с.
2. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. - М.: Наука, 1977. - 272 с.
3. Амбарцумян С.А., Белубекян М.В. Некоторые задачи электромагнитоупругости пластин. – Ереван: 1991.–144 с.
4. Индиаминов Р.Ш. Математическое моделирование магнитоупругих колебаний анизотропной пластины на упругом основании // Пробл. мех. 2004. №5-6. – С. 15-20.
5. Корнишин М.С. Нелинейная задача теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. - М: Наука, 1964. – 192с.
6. Кронрод А.С. Узлы и веса квадратурных формул. -М.: Наука, 1964. - 144 с.
7. Курпа Л.В. Методом R-функции для решения линейных задач изгиба и колебаний пологих оболочек. Харьков НТУ ХПИ 2009. 391 с.
8. Рвачев В.Л. Теория R- функций и некоторые ее приложения. –Киев: Наукова думка, 1982.-552с.
9. Рвачев В.Л., Курпа Л.В. R-функция в задачах теории пластин. - Киев: Наукова думка, 1987. - 176с.
10. Рвачев В.Л., Курпа Л.В., Насриддинов Х.Ф. и др. Метод R-функций в задачах нелинейного деформирования пластин // Прикл. механика. - Киев. - 1987. - 23:№ 9. - С.73-78.
11. Рвачев В.Л., Курпа Л.В., Учишвили Л.А. Метод R-функций в задачах об изгибе и колебаниях пластин сложной формы. - Киев: Наукова думка, 1973. – 118с.
12. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, Методы, Примеры. -Москва: Физматлит, -2002. - 320 с.
13. Селезов И.Т., Селезова Л.В. Волны в магнетогидроупругих средах. - Киев: Наукова думка, 1975. - 164 с.
14. Халджигитов А. А., Бабаджанов М. Р., Худазаров Р. С. Об одном подходе численного решения упругопластических краевых задач // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2019. -Vol. 3, № 21. -С. 75-86.



Mualliflar

Maksud Sharipov

Kompyuter ilmlari kafedrası,
“Urganch davlar universiteti,
Urganch; m.sharipov@urdu.uz

Xushnudbek Adinayev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
TATU Urganch, Urganch;
hushnudbek.adinaev@gmail.com

Mas’ul: m.sharipov@urdu.uz

O‘ZBEK TILI MATNLARIDA SO‘ROQ GAPLARNI ANIQLASHNING QOIDAGA ASOSLANGAN ALGORITMINI ISHLAB CHIQUISH

Annotatsiya: Bu ishda biz o‘zbek tili matnlari so‘roq gaplarini aniqlashning qoidaga asoslangan algoritmini ishlab chiqishni ko‘rib chiqamiz. O‘zbek tili kam resursli til hisoblangaligi sababali hozirgacha bunday algoritmlar ishlab chiqilmagan. O‘zbek tili matnlaridagi gaplarning so‘roq belgilari to‘g‘ri yoki noto‘g‘ri qo‘yilganligini aniqlash masalasini yechishning qoidaga asoslangan algoritmi ishlab chiqilgan va qoidalar bazasi yaratilgan.

Kalit so‘zlar: Tinish belgilari, NLP, so‘roq belgisi, so‘roq gaplar, BLSTM modeli, CNN modeli, ASR.



Copyright: © 2024 by the authors.

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



Materiallar va usullar

Nutqni aniqlash tizimlari odatda matnni tinish belgilarisiz chiqaradi. Biroq, yozma matnni tushunish uchun tinish belgilari juda muhimdir. Ushbu muammoni hal qilish uchun tinish belgilarini bashorat qilish modellari ishlab chiqilmoqda. Ushbu muammoni hal qilish uchun tinish belgilarini bashorat qilish modellari ishlab chiqilgan. Ushbu maqolada Poleval 2022 1-topshiriq uchun yechim tasvirlangan: Polyak tilidagi matnlar uchun tinish belgilarini bashorat qilish, u F1 o'lchashda 71,44 ballni qo'lga kiritgan. Usul raqobat ma'lumotlari va tashqi ma'lumotlar to'plamiga moslashtirilgan yagona HerBERT modelidan foydalanadi.[2] ASR tizimi odatda tinish belgilari yoki bosh harflarni bashorat qilmaydi. Tinish belgilarining yetishmasligi natijalarni taqdim etishda muammolarni keltirib chiqaradi va o'quvchini ham, tabiiy tilni qayta ishlash algoritmlarini ham chalkashtirib yuboradi. Ushbu cheklovlarni bartaraf etish uchun biz tinish belgilarini bashorat qilish uchun chuqur neyron tarmog'i (DNN) ketma-ketligini belgilash modellarining ikkita variantini ko'rib chiqilgan - ikki tomonlama uzoq muddatli xotira (BLSTM) va konvolyutsion neyron tarmog'i (CNN). Modellar tinish belgilarini o'z ichiga olgan Fisher korpusida o'qitilgan. Tajribalarda ketma-ketlikni to'g'irlash algoritmidan foydalangan holda vaqtga moslashtirilgan va tinish belgisi Fisher korpusi transkriptlarini birlashtirgan. Neyron tarmoqlar Common Web Crawl GloVe-da suhbat tomoni ko'rsatkichlari va so'z vaqti ma'lumotlariga mos keladigan Fisher transkriptlarida so'zlarni kiritishga o'qitiladi. [3]CNN yaxshiroq aniqlikni bergan va BLSTMLar yaxshiroq eslab qolishga moyil. BLSTMLar kamroq xato qilsa-da, CNN tomonidan bashorat qilingan tinish belgilari aniqroq bo'lgan - ayniqsa so'roq belgilarida. Nutqni avtomatik aniqlash (ASR) tizimlari ko'pincha tinish belgilarini bashorat qilish modellarini chalkashtirib yuboradigan so'z xatolarini keltirib chiqaradi, bu esa tinish belgilarini tiklashni qiyin vazifaga aylantiradi. Biz domenga xos ma'lumotlarga so'z kiritishlarini o'zgartirish ASR xatolarini qanday kamaytirishi mumkinligini ko'rsatamiz. Bizning asosiy hissamiz - omonim qo'shimchalarini yaxshiroq moslashtirish usuli va tinish belgilarini bashorat qilish muammosi bo'yicha taqdim etilgan usulni sinab ko'rish. Biz tinish belgilarini bashorat qilish aniqligining eng zamonaviy modelga nisbatan 6,2% (so'roq belgilari uchun) dan 9% gacha nuqtalar uchun mutlaq yaxshilanishi qayd etilgan [4].

Tinish belgilarini tahlil qilishning ishlab chiqilgan modellari va usullari hind-evropa guruhini tashkil etuvchi tillar uchun qo'llaniladi[8].So'zlar orasidagi semantik bog'liqlik tabiiy tilni qayta ishlashning asosiy tushunchalaridan biri bo'lib, semantik baholashni muhim vazifaga aylantiradi [7].Boshqa barcha sohalaridagi kabi tilshunoslik ham raqamli texnologiyalarga moslashish jarayonini tezlashtirmoqda. Binobarin, kompyuter dasturlari va axborot tizimlari uchun tabiiy tilning an'anaviy lingvistik normalarini qayta ishlash muhim ahamiyatga ega[9].

Bugungi kunda sinonimatorlar butun dunyo bo'ylab foydalanuvchilar orasida mashhurlikka erishmoqda. Ular matnning originallik darajasini oshirishga, matnni avtomatik qayta ishlashga va takrorlanishning oldini olishga xizmat qiladi. So'nggi yillarda jahon tajribasida bunday dasturni shakllantirishning an'anaviy usullaridan foydalanish bilan bir qatorda, mashinani o'rganish ham ommalashdi[10].

Morfologik analizatorni loyihalashda bir qator vositalardan foydalanish imkoniyati, ularning

vazifasi va xususiyatlari batafsil yoritilgan[11]. O'zbekistonda taxminan ikki million kishi so'zlashadigan kam resursli qoraqalpoq tili uchun Natural Language Processing (NLP) tizimida to'xtab qolgan so'zlarni avtomatik ajratib olish muammosini hal qilishga qaratilgan[12].

Lemmatizatsiya tabiiy tilni qayta ishlashning asosiy tushunchalaridan biridir, shuning uchun lemmatizatsiya vositasini yaratish muhim vazifadir. Ushbu maqolada o'zbek tili uchun lemmatizatsiya algoritmini qurish haqida so'z boradi. Ishning asosiy maqsadi o'zbek tilidagi so'zlarning chekli holat mashinasi yordamida affiksalarini olib tashlash va so'zning lemmasini (lug'atda uchraydigan so'z) aniqlashdan iborat[13].

So'roq gaplarning tuzilishi

So'roq belgisi(?) -gap oxirida qo'llaniladigan tinish belgilaridan biri. Bu belgi aosan mazmunidan so'roq anglashilgan gaplar oxirida qo'yiladi va hu gapning ifoda maqsadiga ko'ra so'roq gap ekanligini ko'rsatadi. O'zbek tilida so'roq gaplar tarkibida so'roqni bildiruvchi leksik yoki grammatik vositalar: so'roq olmoshlari, so'roq yuklamalari va so'roq ohanggi ishtirok etadi. Quyidagi misollar orqali so'roq gaplarni ko'rib chiqamiz va qoidalarini tahlil qilamiz.

- 1) So'roq olmoshlari orqali ifodalanishi (*kim, nima, qayerda, qachon, nima uchun, qanday...*)- bu kim?, isming nima?
- 2) So'roq yuklamalari orqali ifodalanishi (-mi, -chi, -a, -ya)- ertaga universitetga boramizmi?, men universitetdaman, o'zingiz-chi?, shu universitetda o'qiyasiz-a?
- 3) Ayrim gaplar tarkibida so'roqni bildiruvchi olmoshlar yoki yuklamalar ishtirok etmasligi ham mumkin. Bunday vaqtda so'roq ma'nosi ohang yordamida ifodalanadi- Vazifani bajarib bo'ldim. Vazifani bajarib bo'ldim?[1]

Ba'zi hollarda gaplarda so'roq olmoshlari va so'roq yuklamalari qatnashsan ham, so'roq gap bo'lmasligi mumkin, quyidagi misollarda ko'rishimiz mumkin.

- 1) Avval kitobni o'qib ko'ray-**chi**, oh, naqadar so'lim joylar-a!.

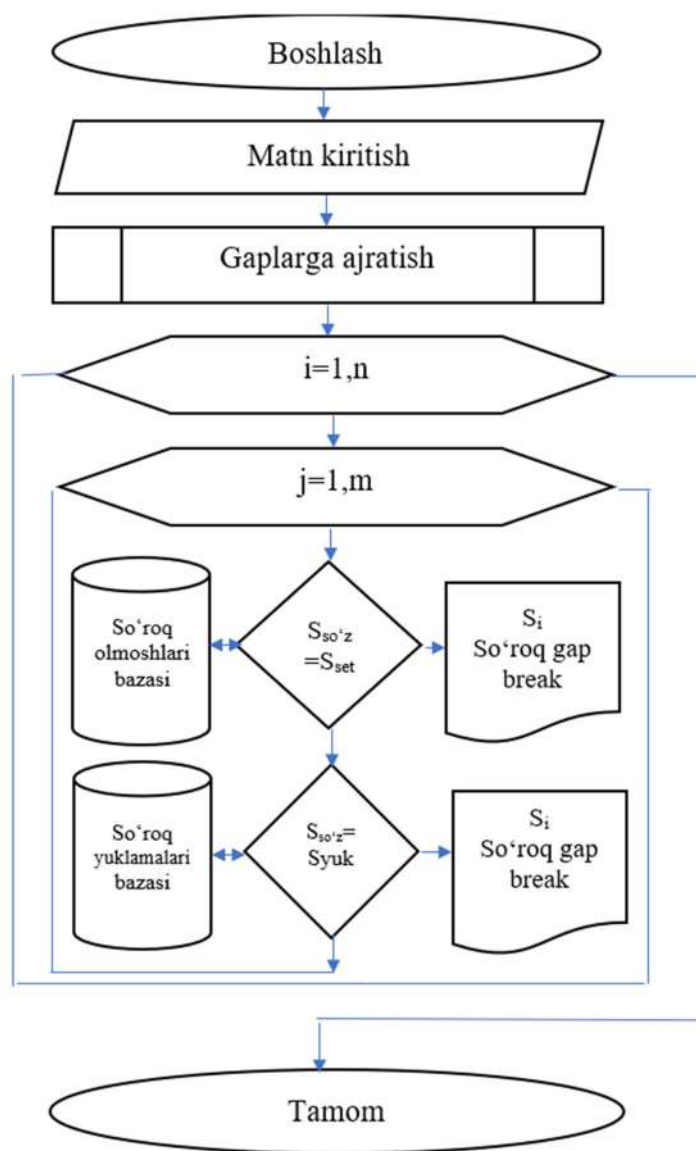
So'roq gaplarni aniqlash algoritmi

Ushbu maqolada matndagi so'roq gaplarni aniqlash algoritmi ishlab chiqildi. Dastlab dasturimizga o'zbek tili matnlari kiritiladi (Lotin alfbosida). Kiritilgan matlar gaplarga ajratilib chiqiladi. Aloritm matndagi so'roq gaplarni so'roq olmoshlari yoki so'roq yuklamalari orqali topadi va ekranga chiqarib beradi. Quyida algortmning ishlash jarayonini ko'ib chiqamiz.

1. Dasturni boshlash.
2. Dasturga matnni kiritish.
3. Tokenizatsiya jarayoni.
4. Ikkita sikl ochiladi. Dastlab sikl gaplarning sonigacha keying sikl gapdagi so'zlar sonigacha, Xar bir so'zni so'roq olmoshlari bilan tekshiradi, keyin xar bir so'z tarkibini

soʻroq yuklamalari bilan tekshiradi. Tekshirilgan soʻzlar va yuklamalar bizning soʻroq olmoshlari va soʻroq yuklamalari bazasidagi bilan bir xil boʻlsa, shu gap ekranga chiqariladi.

5. Dasturni yakunlash.



1-rasm. Matndagi soʻroq gaplarni aniqlash algoritmi.

Yuqoridagi 1-rasmda matndagi soʻroq gaplarni aniqlash algoritmi keltirilgan. Bu algoritmi oʻzbek tilidagi (lotin alifbosida yozilgan) matnlarda soʻroq gaplarni aniqlash algoritmi boʻlig, matndagi soʻroq gaplarni topib ekranga chiqarish uchun ishlatiladi. <https://uzsenttokenization.pythonanywhere.com/> shu xavola orqali dasturimizni ishlatib koʻrish mumkin.

Natija

O'zbek tili (lotin alifbosida yozilgan) matnlarida so'roq gaplarni aniqlash algoritmimizni sinovdan o'tkazib ko'rdik, buning uchun dasturga 30 turdagi o'zbek tili matnlari, bu matnlar 137 848 gaplar va 1 642 860 so'zlardan iborat. Uzbek korpusidagi matnlar kerak bo'ldi. Faylda 7480 ta so'roq gap mavjud. Dastur 7180 ta so'roq gapni topdi va 294 tasini so'roq gap emas deb topdi. Jami 130 368 so'roq gapning 554 tasini so'roq gap deb topdi. Bu 87.9% aniqlikni berdi. Bunday dastur oldin qilinmagan, bu natijani yaxshilash mumkin. Natijani yaxshilash uchun boshqa statistikaga asoslan N-gramm modelidan foydalanib qilsa bo'ladi. Keyingi ishlarimizda n-gramm modeli bilan qoidaga asoslangan algoritmimizni birgalikda ishlatib natijalar olinsa bundan ham yaxshi natijaga erishsa bo'ladi. Olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan, jadvalning birinchi ustuni tartib raqami, ikkinchi ustunida matn turlari keltirilgan, uchinchi ustunida xar bir matndagi gaplar soni keltirilgan. To'rtinchi ustunida algoritimiz so'roq gaplarni so'roq gap ekanligini aniqlaganligi keltirilgan, beshinchi ustunda esa algoritimiz so'roq gapni so'roq gap emas deb topgani keltirilgan. Oltinchi ustunda algoritimiz so'roq gaplardan so'roq gap deb topgani keltirilgan, ettinchi ustunda esa so'roq gap emaslarni so'roq gap emas deb topganlarining soni keltirilgan. Sakkizinchi ustunda esa har bir matn bo'yicha algoritimizning matnlarda so'roq gaplarni aniqlash foizi keltirilgan.

1-jadval. Matndagi so'roq gaplarni aniqlash algoritmining natijalari keltirilgan.

№	Matn turlari	Gaplar soni	So'roq gap		So'roq gap emas		F1 Score
			So'roq gap	So'roq gap emas	So'roq gap	So'roq gap emas	
1.	Adabiyot	11659	958	11	32	10658	97,8
2.	Anatomiya	10565	0	0	24	10541	0,0
3.	Biologiya	4757	211	11	25	4510	92,1
4.	Botonika	2717	217	12	27	2461	91,7
5.	Diniy	6079	195	14	24	5846	91,1
6.	Fizika	12078	1474	13	22	10569	98,8
7.	Geografiya	6237	236	14	19	5968	93,5
8.	Huquq	1964	102	18	20	1824	84,4
9.	Ijtimoiy soha	421	9	2	4	406	76,1
10.	Informatika	2512	70	12	12	2418	85,2
11.	Iqtisodiyot	520	0	0	5	515	0,0
12.	Kimyo	3566	313	21	20	3212	93,9
13.	Kino	668	1	0	1	666	59,6
14.	Matematika	7921	569	11	23	7318	97,1
15.	O'qish kitobi	3382	408	12	34	2928	94,7
16.	O'zbek tili kitob	11020	275	22	26	10697	92,0
17.	Qishloq xo'jaligi	1209	0	0	12	1197	0,0
18.	Qissa	10529	697	14	26	9792	97,2



19.	Qonun va qarorlar	4360	0	0	24	4336	0,0
20.	Rassomchilik	3673	25	4	12	3632	75,1
21.	Roman	1896	120	21	19	1736	85,7
22.	San'at	9570	189	12	23	9346	91,5
23.	Siyosat	1222	6	1	2	1213	79,6
24.	Sport	2565	71	5	26	2463	82,2
25.	Tabobat	421	5	1	2	413	77,9
26.	Tarix	4619	318	15	24	4262	94,2
27.	Texnologiya	796	66	12	8	710	87,1
28.	Tibbiyot	5490	201	14	23	5252	91,6
29.	Urush	1084	34	6	11	1033	80,2
30.	Zoologiya	4348	416	16	24	3892	95,4
	jami	137848	7186	294	554	129814	87,9

Xulosa

Hozirgi kungacha o'zbek tili matnlari uchun so'rq belgilarini tahlil qilish agoritmlari deyarli ishlab chiqilmaganligi sababli ushbu ishda taklif qilingan algoritmlar dolzarb hisoblanadi. O'zbek tilida tabiiy tilni qayta ishlash masalasi bo'lgan punktuatsion tahlil(so'rq belgilari) qilishishni qoidaga asosolangan algoritmlari ishlab chiqildi, punktuatsion tahlil(so'rq belgilari) uchun qoidalar bazasi yaratildi. Ishlab chiqilgan algoritmlar yordamida o'zbek tilining 30 ta kategoriyadan iborat 1 642 860 ta so'z va 137 848 ta gapdan iborat korpus tahlil qilinib natijalar olindi. Ushbu ishning davomi sifatida keljakda o'zbek tili matnlarini punktuatsion (so'rq gaplarni) tahlil qilish masalasini sun'iy intellekt modellaridan foydalanib yechish va yaxshiroq aniqlikdagi natijalarni olish maqsad qilingan.



Adabiyotlar

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. Želasko, 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. Vicic, "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. Vicic, "Dataset of stopwords extracted from Uzbek texts", Data in Brief, vol. 43, 2022.



Adabiyotlar

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. Mengliev, E. Akhmedov, V. Barakhnin, Z. Hakimov, and O. Alloyorov, "Utilizing Lexicographic Resources for Sentiment Classification in Uzbek Language," Jan. 2023, pp. 1720–1724. doi: 10.1109/APEIES9731.2023.10347765.
14. K. Madatov, S. Bekchanov, and J. Vivic, "Dataset of stopwords extracted from Uzbek texts", Data in Brief, vol. 43, 2022.

*Muallif***Sirojiddin Xalilov**

“University of management and future technologies” universiteti,
Toshkent, 100208, O‘zbekiston;
xalilov@umft.uz

SUN’IY INTELLEKT USULLARI YORDAMIDA VIDEOTASVIRDAN SHAXSNING YUZ TASVIRI HAMDA OBEYKTLARNI ANIQLASH ALGORITMLARI

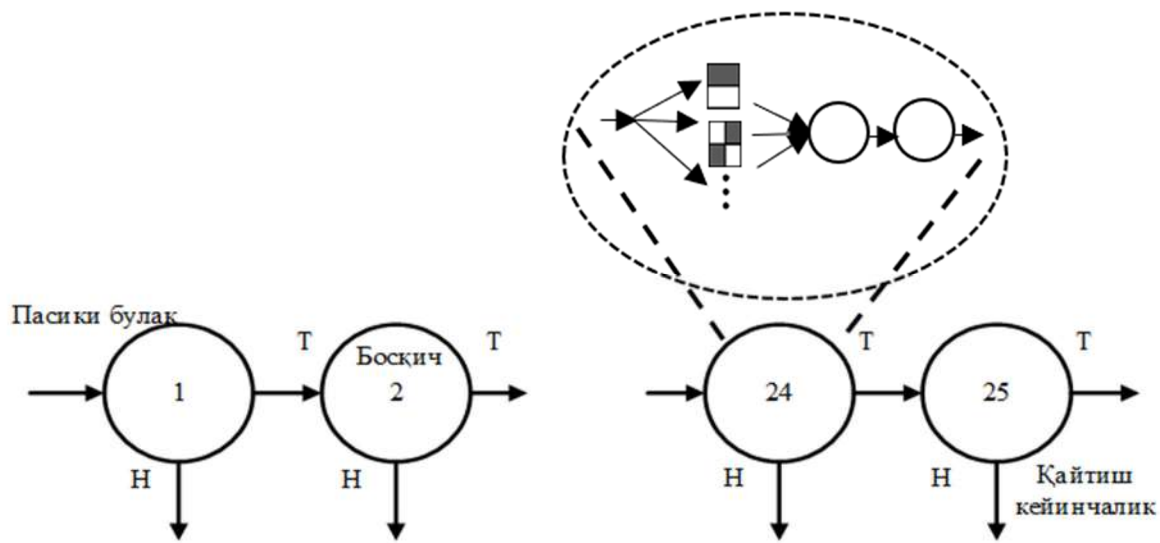
Annotatsiya: Dunyo tajribasi shuni ko‘rsatadiki, masofaviy ta‘lim jarayonlarini tashkil etishda uning uzluksizligini ta‘minlash hamda zam‘onaviy ta‘lim texnologiyalarini va kasbiy rivojlanishning yangicha shakllarini o‘zlashtirish orqali mustaqil malaka oshirishga yo‘naltirilgan malaka oshirishning variativ 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.



Copyright: © 2024 by the authors.

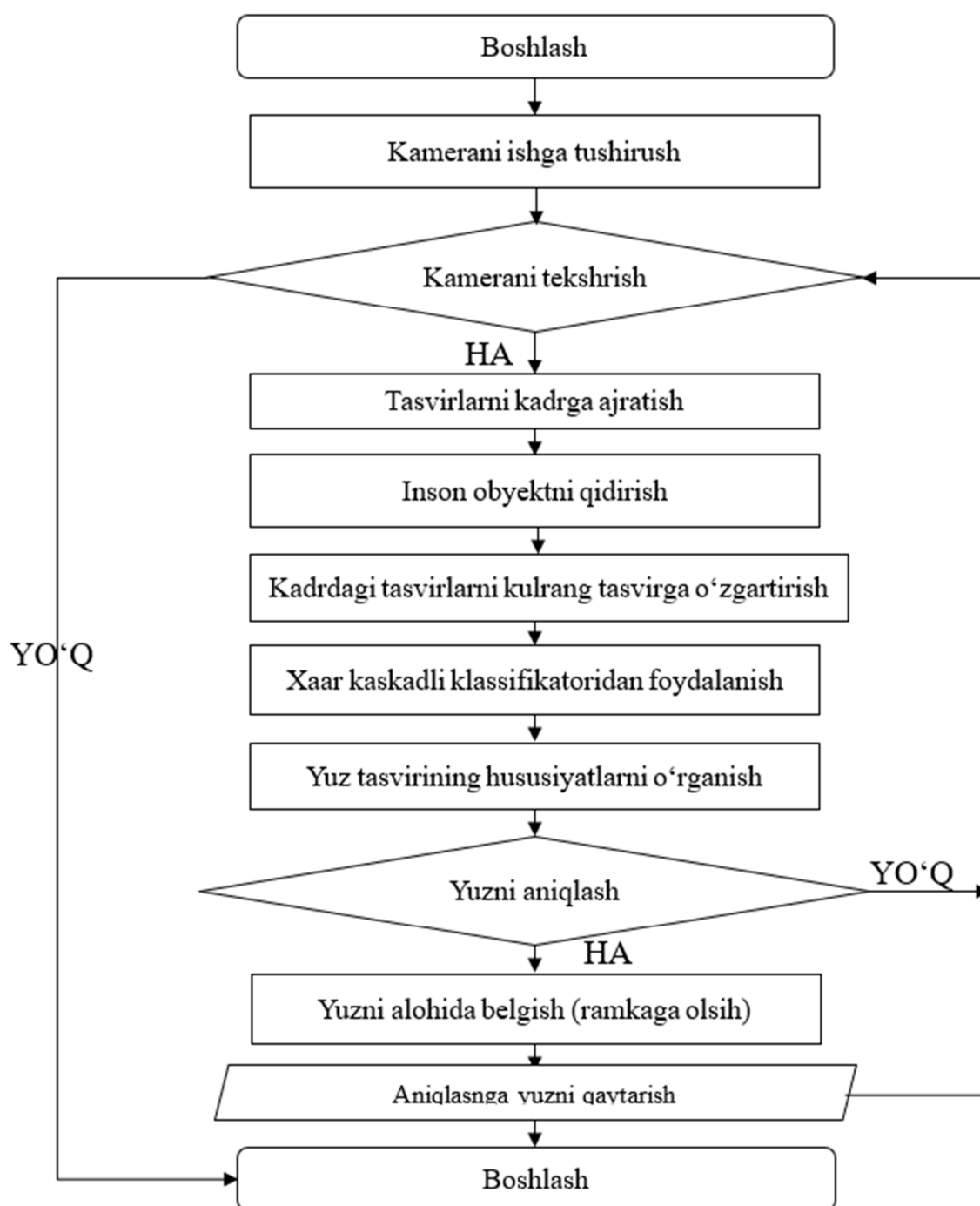
Ushbu maqola Creative Commons Attribution (CC BY) litsenziyasi shartlari asosida tarqatiladigan ochiq foydalanish maqolasi hisoblanadi (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1-rasm. 25 bosqichli kaskatli hususiyatlarni tasniflagich (T = True, F = False)

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.



2-rasm Tasvirdan yuzni aniqlash ketma-ketmaligi.

Xususiyatlarni ajratib olish uchun kulrang rang tanlov tasviri 3×3 oyna katakchalariga bo‘linadi va markaziy 8-pikseli soat o‘ynalishi bo‘yicha yoki soat milliga teskari yo‘nalishda pikselning har biri bilan taqqoslanadi. Agar atrofdagi piksellar 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 tavrining 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 algoritmda tekstura deskriptori sifatida ishlatiladigan gistogramma asosan kirish tasviri uchun barcha piksellarning LBP kodlari to'plamidir, ya'ni:

$$LBPH(h) = \sum_{x_c, y_c} \delta\{i, LBP(x_c, y_c)\}, i = 0, 1, \dots, 2^{p-1} \quad (1.3)$$

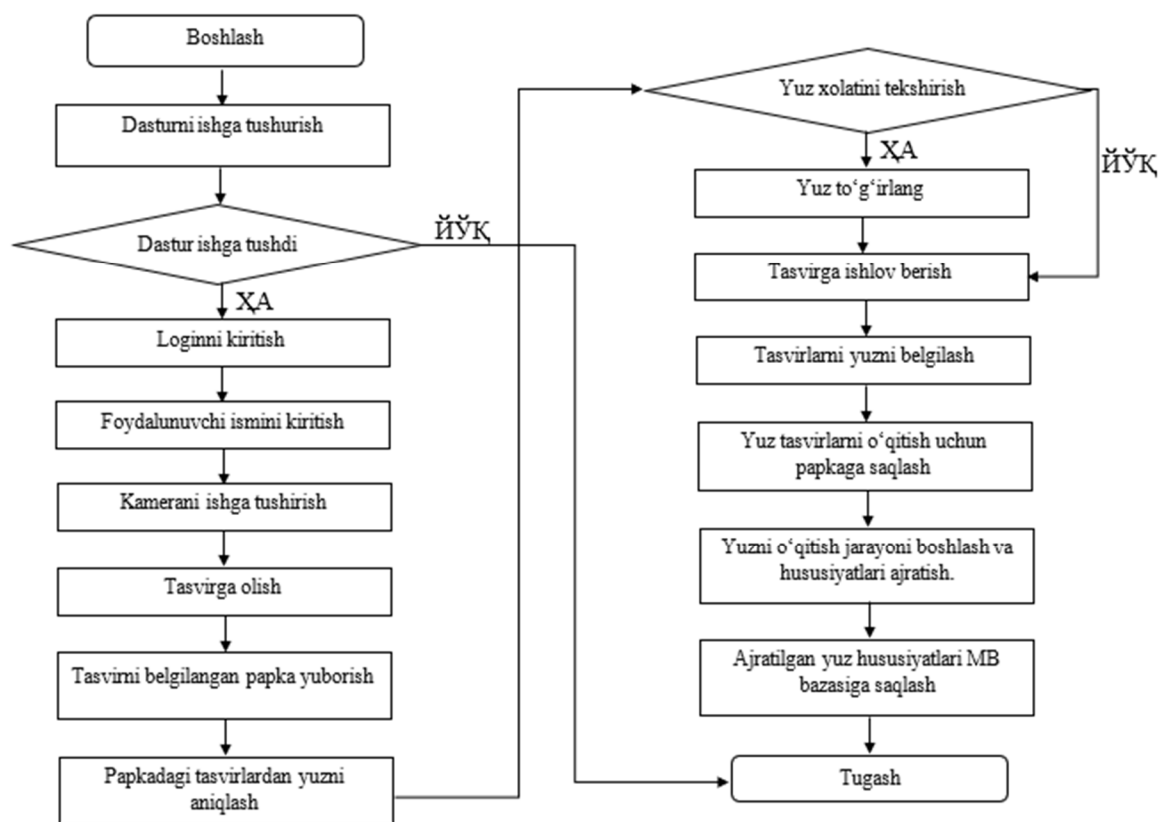
bu erda $\delta(i)$ Kroneck funksiyasi sifatida tanlangan.

Butun kulrang yuz tasviri LBPH algoritmda bir nechta kichik mintaqalarga bo'linadi va keyin har bir kichik mintaqaning LBP xususiyati vektorlari chiqariladi. Shundan so'ng, LBP hususiyat vektorlaridan har bir kichik hududning gistogrammasi hisoblanadi. Keyin pastki hududlarning barcha gistogrammalari birlashtirilib, olingan to'liq tasvirning katta o'lchamli gistogrammasi tasvirning asosiy hususiyatini 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.

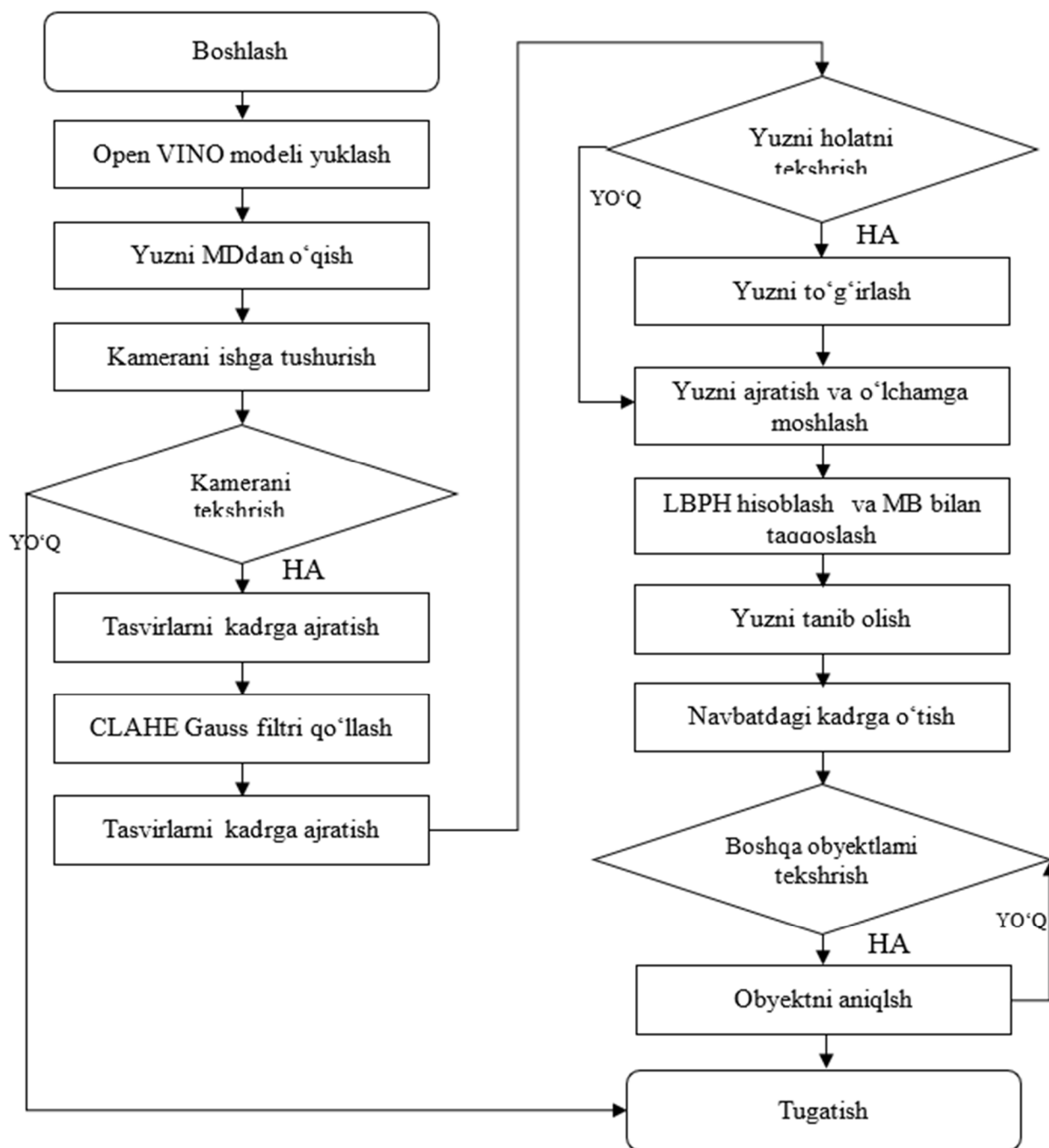
Yuzni aniqlash va tanib olish dasturini ishlab chiqish uchun biz JAVA dasturlash tili va Pythonning OpenVINO kutubxonasidan foydalandik. Ilova tasvirdan inson ob'ektni suratga olish jarayonida foydalanuvchidan shaxsning ismi familyasini kiritishni talab etiladi. Keyinchalik bu nom bilan yuzni tanib bosqichida 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 quyidagi 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 shaxsni aniqlash uchun chegara qiymati o'rnatiladi. Tasvir chegara qiymatlarni solishtirish uchun Evklid masofani aniqlash usulidan foydalaniladi.

Tasvirdan identifikatsiya qilish quydagicha amalga oshiralidi.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.

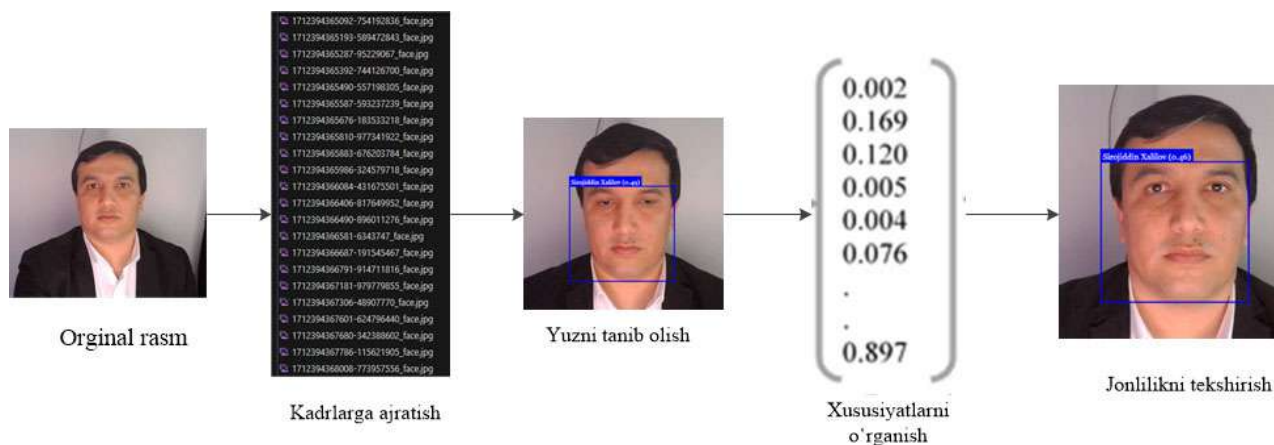


4-rasm Tasvirdan yuzni va obyekt aniqlash ketma-ketmaligi

Har safar tanib olish uchun tasvir kadrilari ichidan 200 ta tasvir ustida o'ndan ortiq sinoblar o'tkazildi. Tanib olish tezligi aniqlash uchun 2000 ta ajratilgan tasvirlar hisoblab ko'rildi.

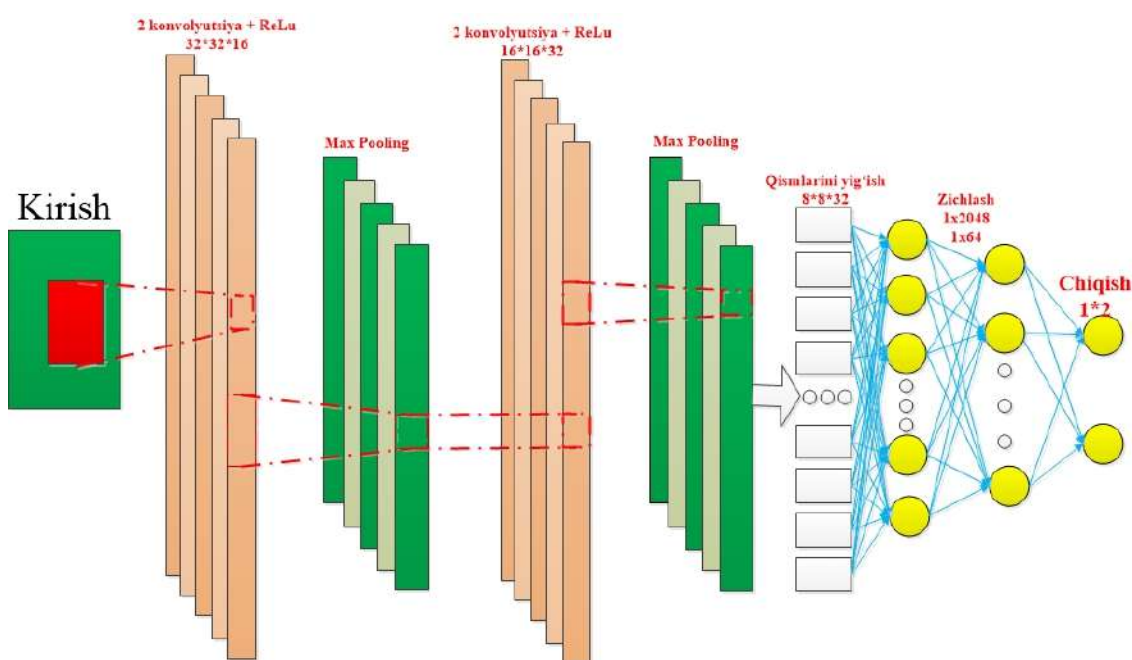
Ushbu bosqichda imtihon qatnashayotgan foydalanuvchining soxtaligini yoki imtihon topshiruvchisiga yordam beradigan boshqa shaxsni aniqlash lozim. Kadrda aniqlangan barcha yuzlar haqiqiy hisoblanadi va qolgan jarayonlarda amalga oshiriladi. Ammo tekshiruv paytida yuzlarni aldash ehtimoli katta bo'ladi. Yuzning haqoniyligini aniqlash uning jonlilik darajasini tekshirish orqali amalga oshiriladi. Quyidagi rasmda ko'rsatilganidek, yuzni aniqlash moduli kadrda 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 jonlilikini 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 arxitekturasida eksperiment o'tkazildi. Maqsad, turli shovqinlar va holatlar ostida yuzni hamda foydalanuvchi haqiqiyligini 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 arxitekturasida quyidagi qismlardan iborat:

1. Chiziqli diffuziya: Tasvirlar ustida bir xil sur'atda tekash 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 funktsiyasi ishlatildi. Har bir epochda modelning aniqlik darajasi va yo'qotish qiymati kuzatib borildi.

Modelni sinovdan o'tkazishda olingan natijalar quydagilar:

• **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.

1-jadval. Turli modellarning solishtirma natijasi.

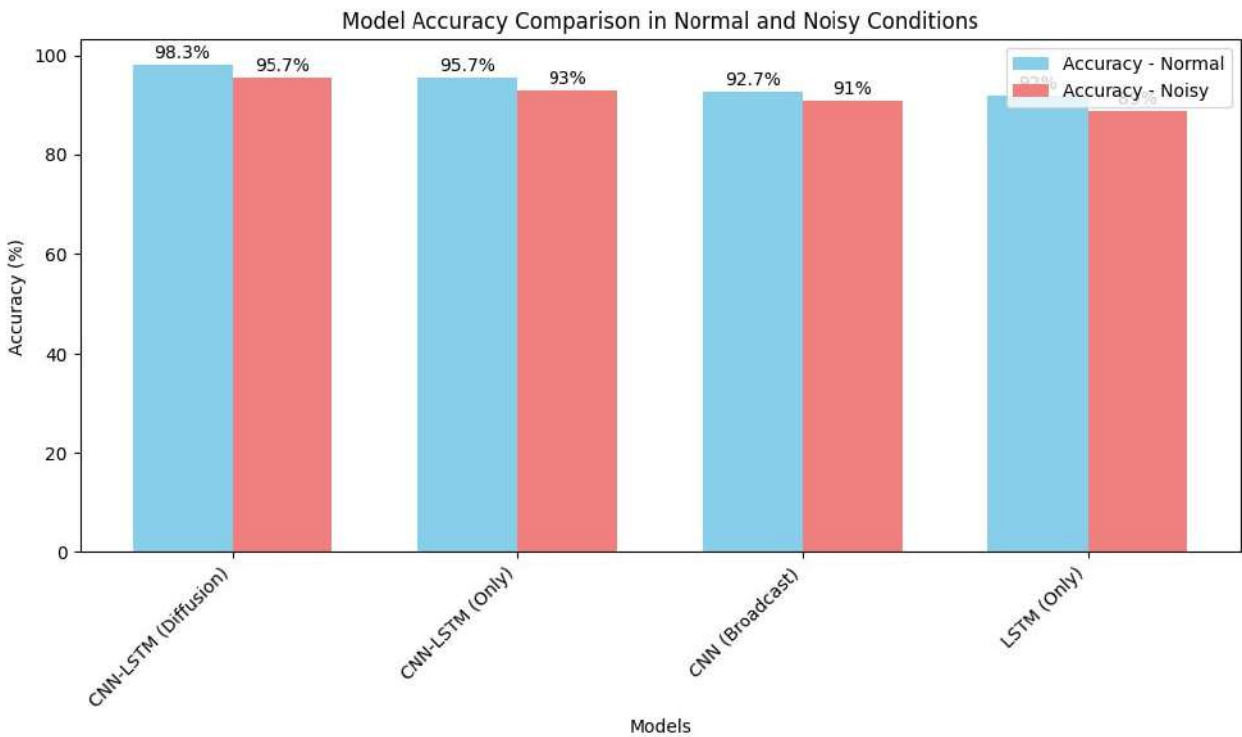
Model	Aniqlik (%)	Yo'qotish
CNN-LSTM (Diffuziya)	98.3	0.1
CNN-LSTM (faqat)	95.7	0.12
CNN (Diffuziya)	92.7	0.15
LSTM (faqat)	92	0.18

2-jadval. Turli modellarning shovqinli saroitlarda solishtirma natijasi.

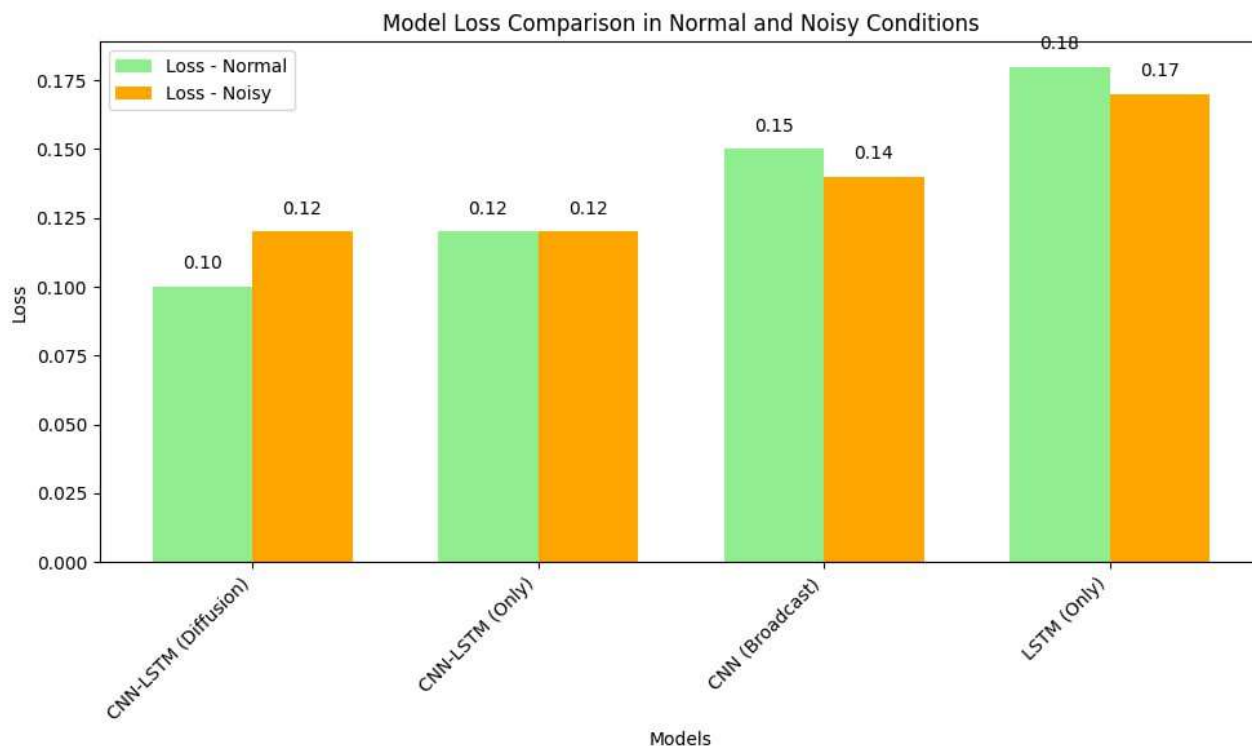
Shartlar	Aniqlik (%)	Yo‘qotish
Yorug‘lik yaxshi	93	0.12
Yorug‘lik o‘rtacha	91	0.14
Yorug‘lik yomon	89	0.17

3-jadval. Turli modellarning shovqinli saroitlarda aniqlik va yo‘qotish solishtirma natijasi.

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



7-rasm. Turli modellarning shovqinli saroitlarda aniqlik solishtirma natijasi.



8-rasm. Turli modellarning shovqinli saraitlarda yo‘qotish solishtirma natijasi.

- **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 arxitekturasida 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. Schroff F, Kalenichenko D, Philbin J (2015) FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
7. 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
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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:



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. Schroff F, Kalenichenko D, Philbin J (2015) FaceNet: a unified embedding for face recognition and clustering. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
7. 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
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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
15. 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.
16. Khamdamov, U., Abdullayev, A., Mukhiddinov, M., Xalilov, S. "Algorithms of multidimensional sig-



nals 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

17. 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.
18. 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.
19. 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
20. 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.



Mualliflar

Akmal Axatov

Sharof Rashidov nomidagi
Samarqand davlat universiteti,
Samarqand, O'zbekiston;
a-rustamovich@samdu.uz

Ma'ruf Tojiyev

Boshqaruv nazariyasi va axborot
xavfsizligi kafedrası, Sharof Rashidov
nomidagi Samarqand davlat
universiteti, Samarqand, O'zbekiston;
mrtojiyev6886@gmail.com

Mas'ul: mrtojiyev6886@gmail.com

TASHKILOTLARDA HUJJATLARNI QAYTA ISHLASH JARAYONLARINI BOSHQARISHNING IMITATION MODELI: OMMAVIY XIZMAT KO'RSATISH TIZIMLARI MISOLIDA

Annotatsiya: Ushbu maqolada tashkilotlarda hujjatlarni qayta ishlash jarayoni va uning samaradorligini oshirish usullari tahlil qilinadi. Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari asosida hujjat oqimining intensivligi, qayta ishlash tezligi va tizim yuklanishini baholash uchun imitatsion modellashtirish usuli qo'llaniladi. Hujjatlarni qabul qilish, qayta ishlash va saqlash bosqichlari tahlil qilinib, jarayon samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar beriladi. Modellashtirish natijalarining amaliy qo'llanilish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: hujjatlarni qayta ishlash, ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari (OXKT), imitatsion modellashtirish, xizmat ko'rsatish samaradorligi, hujjat oqimi, diskret-hodisali modellashtirish (DHM).



Copyright: © 2024 by the authors.

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



Metodologiya

Hujjat almashinuvi jarayonini modellashtirishda ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi (OXKN) va diskret-hodisali modellashtirish (DHM) usullari asosiy metodologik yondashuv sifatida qo'llaniladi. OXKN hujjatlarning tizimga kelish jarayonlarini, xizmat ko'rsatish vaqtlarini va tizimning umumiy samaradorligini matematik jihatdan tavsiflash imkonini beradi. Bu nazariya orqali hujjatlarning kelish tezligi, xizmat ko'rsatish tezligi, navbat uzunligi va tizimning to'liq ishlash vaqti kabi asosiy ko'rsatkichlarni aniqlanadi. Diskret-hodisali modellashtirish (DHM) usuli esa tizimdagi hodisalarni vaqt bo'yicha diskret nuqtalarda kuzatish va ularning o'zaro ta'sirini tahlil qilish imkoniyatini beradi[6-7]. Bu usul orqali hujjatlar almashinuvi jarayonidagi har bir bosqich (masalan, hujjatni qabul qilish, uni qayta ishlash, tasdiqlash va yuborish) alohida modellashtirilib, ularning o'zaro bog'liqligi va tizimga ta'siri chuqurroq tahlil qilinadi. DHM yordamida tizimning turli parametrlarini o'zgartirib, ularning samaradorlikka ta'sirini baholash va eng optimal ishlash sharoitlari aniqlanadi. Ikkala usulning kombinatsiyasi orqali hujjat almashinuvi jarayonining real vaqtda simulyatsiyasi amalga oshiriladi, bu esa tizimning zaif tomonlarini aniqlash va ularni optimallashtirish imkoniyatini beradi. Shuningdek, bu usullar yordamida tizimning turli sharoitlardagi ishlashini bashorat qilish va resurslardan samaraliroq foydalanish strategiyalarini ishlab chiqish imkonini beradi. Ushbu metodologiya asosida quyidagi asosiy komponentlar hisobga olinadi:

1. **Kelish jarayoni** – hujjatlarning tashkilotga qanday tezlikda kelib tushishini aniqlash uchun Puasson oqimi modeli qo'llaniladi. Bu model hujjatlarning kelish vaqtlarini tasodifiy hodisa sifatida tavsiflash imkonini beradi.
2. **Xizmat ko'rsatish tizimi** – hujjatlarni qayta ishlash tezligi va xizmat ko'rsatish vaqtining taqsimoti aniqlanadi. Ushbu jarayon M/M/n ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi modeli orqali ifodalanadi, bunda xizmat vaqti eksponensial taqsimotga bo'ysunadi.
3. **Navbat tizimi** – hujjatlarning qayta ishlash tartibi FIFO (First In, First Out) yoki LIFO (Last In, First Out) qoidalariga asosan tashkil qilinadi.
4. **Samaradorlik tahlili** – xizmat jarayoni samaradorligini baholash uchun o'rtacha kutish vaqti, xizmat ko'rsatish tezligi va tizim yuklanish darajasi hisoblab chiqiladi.

Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimida hujjat almashinuvi jarayonining analitik modeli

Hujjat almashinuvi jarayoni ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi (OXKT) doirasida matematik modellashtiriladi. Ushbu jarayon turli tizimlarda, xususan, axborot texnologiyalari, hujjat aylanishi boshqaruvi va avtomatlashtirilgan hujjat ishlash platformalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy axborot tizimlarida hujjatlar oqimini samarali boshqarish va qayta ishlashni optimallashtirish uchun xizmat ko'rsatish jarayonining statistik va ehtimollik xususiyatlarini aniqlash talab etiladi. Shu sababli, hujjatlar oqimining tavsiflanishi va xizmat ko'rsatish jarayonlarining modellashtirilishi ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Hujjat almashinuvi tizimlarining matematik modelini ishlab chiqishda ehtimollar nazariyasi, navbatlar nazariyasi hamda ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari (OXKT) bo'yicha ishlab chiqilgan

klassik modellardan foydalaniladi. Ushbu yondashuv hujjatlar oqimi, xizmat ko'rsatish tezligi va navbatda kutish ehtimolliklarini baholash imkonini beradi. Bunday modellar asosida tizimning ishlash unumdorligi tahlil qilinadi va xizmat ko'rsatish jarayonining optimallashtirilgan variantlari ishlab chiqiladi.

Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlari odatda M/M/n modeli asosida tavsiflanadi, bunda:

M – kelish jarayoni Poisson oqimi orqali ifodalanadi, ya'ni hujjatlarning tizimga kelishi tasodifiy bo'lib, Poisson jarayoniga bo'ysunadi.

M – xizmat ko'rsatish jarayoni eksponensial taqsimot bo'yicha modellashiriladi, ya'ni har bir hujjatga xizmat ko'rsatish vaqtlari mustaqil va eksponensial taqsimlangan.

n – xizmat ko'rsatish kanallari sonini bildiradi, ya'ni tizimda bir vaqtning o'zida nechta hujjatga xizmat ko'rsatish mumkinligini ifodalaydi.

Tizimga keluvchi hujjatlar oqimi **Poisson jarayoniga** bo'ysunib, quyidagi ehtimollik funksiyasi orqali ifodalanadi:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad (1)$$

bunda $P_n(t)$ – vaqt oralig'ida n ta hujjat kelib tushish ehtimoli, λ – hujjatlar oqimining kelish intensivligi (soatiga hujjatlar soni), t – vaqt oralig'i.

Kelish vaqtlari orasidagi taqsimot esa **eksponensial taqsimot** bilan tavsiflanadi:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \quad (2)$$

Xizmat ko'rsatish tizimining holatlari Markov jarayoni bilan tasvirlanadi, ya'ni kelayotgan va xizmat ko'rsatilayotgan hujjatlar soni tizimning joriy holatini belgilaydi[9].

OXKT holatlar grafi - bu “ko'payish va o'lim” sxemasi. Buning uchun tizim holatlarining chegaraviy ehtimolliklari uchun quyidagi ifodalardan foydalaniladi:

Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimining (OXKT) holatlar grafigi “ko'payish va o'lim” jarayoni sxemasi asosida quriladi. Bunday tizim uchun holatlarning chegaraviy ehtimolliklari quyidagi ifodalar yordamida aniqlanadi:

$$P_1 = \frac{\rho}{1!} P_0, P_2 = \frac{\rho^2}{2!} P_0, \dots, P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0, \quad (3)$$

$$P_{n+1} = \frac{\rho^{n+1}}{nn!} P_0, \dots, P_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} P_0, \quad (4)$$

Tizimning bo'sh holatda bo'lish ehtimoli P_0 esa quyidagi normalizatsiya sharti asosida aniqlanadi:

$$P_0 = \left[1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{nn!} + \frac{\rho^{n+2}}{n^2 n!} + \dots + \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} \right]^{-1}. \quad (5)$$

bunda P_i – tizimning i -holatda bo‘lish ehtimoli, P_0 – tizimning bo‘sh holatda bo‘lish ehtimoli (ya’ni, navbatda hech qanday ariza yo‘q), ρ – tizimning yuklanish darajasi, ya’ni $\rho = \lambda/\mu$ bu yerda λ – tizimga tushayotgan arizalar oqimining o‘rtacha kelish intensivligi, μ – bitta xizmat kanalining o‘rtacha xizmat ko‘rsatish intensivligi, n – tizimdagi xizmat ko‘rsatish kanallari soni, m – navbatning maksimal uzunligi (agar mavjud bo‘lsa).

Xizmat ko‘rsatish tizimida rad etish ehtimoli

Ushbu tizimda xizmat uchta mustaqil kanal orqali amalga oshiriladi. Agar barcha uchta kanal band bo‘lsa, kelgan hujjatlarga xizmat ko‘rsatish rad etiladi. Rad etish ehtimoli xizmat kanallarining to‘liq band bo‘lish ehtimoli P orqali hisoblanadi:

$$P_{xiz} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n / n!}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k / k!}. \quad (6)$$

Ushbu ifoda Erlang-B formulasiga asoslangan bo‘lib, tizimga kelgan hujjatlarning xizmat ko‘rsatilmay rad etilish ehtimolini aniqlash imkonini beradi.

Mazkur metodologiya asosida hujjat almashinuvi tizimining samaradorligi baholanadi va uning optimal ishlashi uchun zarur shartlar aniqlanadi.

Hujjatlarni qayta ishlash jarayonining imitatsion modeli

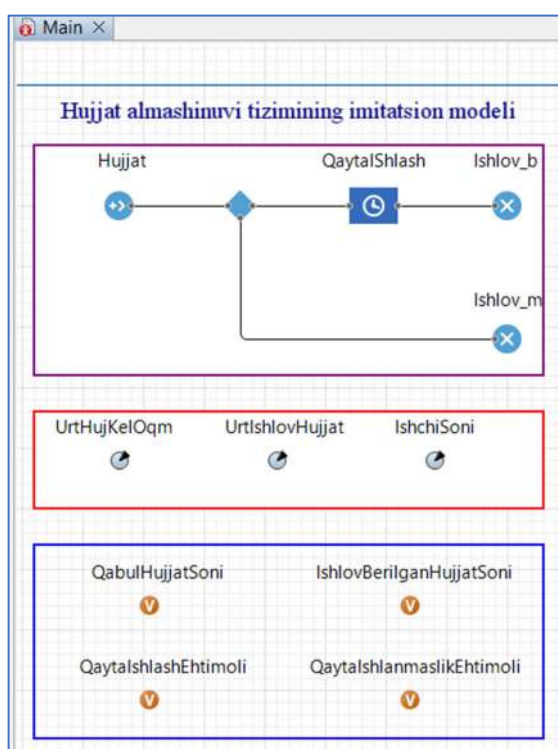
Hujjat almashinuv tizimini kompyuterda imitatsion modellashtirish real jarayonlarni tahlil qilish va ularning ishlash samaradorligini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday yondashuv hujjatlar oqimining xususiyatlarini chuqurroq o‘rganish, turli konfiguratsiyalar asosida tizimning optimal ishlash sharoitlarini aniqlash hamda xizmat ko‘rsatish jarayonini takomillashtirish imkonini beradi. Ushbu jarayonda zamonaviy imitatsion modellashtirish vositalaridan biri bo‘lgan **AnyLogic** dasturidan foydalanish ayniqsa samarali hisoblanadi[11]. AnyLogic agentlik modellashtirish, tizim-dinamik modellashtirish hamda hodisalar oqimiga asoslangan modellashtirish imkoniyatlarini o‘z ichiga olgan ilg‘or platforma bo‘lib, hujjat almashinuvi tizimining real holatini imitatsiya qilishga imkon beradi.

Mazkur modelda hujjatlar oqimi manba (source) dan kelib chiqadi, keyin tarmoqlash (selectOut) elementi orqali ajratiladi. Hujjatlar ushbu blok orqali ikki yo‘nalishga yo‘naltiriladi:

- Agar hujjat qayta ishlanishi kerak bo‘lsa, u kechikish (delay) komponentiga yo‘naltiriladi.
- Aks holda, hujjat bevosita chiqish-2 (sink2) orqali tizimdan chiqadi.

Modelning ishlash algoritmi

1. Source (Manba) elementi tizimga hujjatlar oqimini Puasson taqsimoti bo'yicha kiritadi.
2. SelectOut (Tarmoqlash) elementi har bir hujjatni shartli ravishda ikkita yo'nalishga ajratadi:
 - a. True (haqiqiy) yo'nalishda hujjat qayta ishlash jarayoniga o'tadi.
 - b. False (noto'g'ri) yo'nalishda hujjat bevosita chiqib ketadi.
3. Agar hujjat qayta ishlashi lozim bo'lsa, u Delay (Kechikish) blokiga yo'naltiriladi. Ushbu blok hujjatni qayta ishlash vaqtini hisobga olgan holda, tizimda ushlab turadi.
4. Delay (Kechikish) blokidan chiqqan hujjatlar Sink (Chiqish-1) orqali tizimdan chiqadi.
5. SelectOut (Tarmoqlash) blokida qayta ishlash sharti bajarilmagan hujjatlar Sink2 (Chiqish-2) orqali bevosita chiqib ketadi.



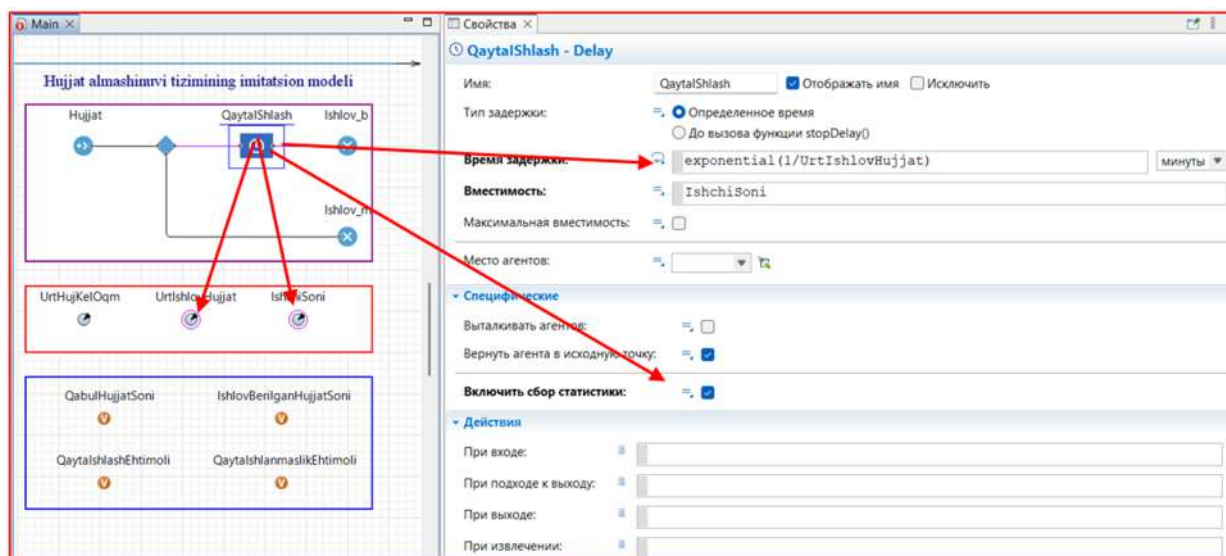
1-rasm. Modelning umumiy ko'rinishi

AnyLogic dasturida hujjatlarni qayta ishlash tizimini modellashtirish uchun ishlatiladigan asosiy elementlar va ularning xususiyatlari 1-jadvalda keltirilgan. Modelda **source** orqali hujjatlar kelib tushadi, **selectOutput** blokida ular qayta ishlashga yo'naltiriladi yoki rad etiladi. Agar xodimlar soni yetarli bo'lsa, **delay** orqali qayta ishlashga qabul qilinadi, aks holda, **sink** orqali rad etish ehtimoli hisoblab chiqiladi.

1-jadval. Hujjatlarni qayta ishlash modeli xususiyatlari.

Nomi	Turi	Qiymati / Sharti	Qo'shimcha harakatlar
Source (Hujjat)	Ariza turi: Agent	Kelib tushishlar orasidagi vaqt: $\text{exponential}(1/\text{UrtHujKelOqm})$;	$\text{QabulHujjatSoni}++$;
selectOutput	Shartli tanlov	$\text{QaytaIshlash.size()} < \text{IshchiSoni}$ bo'lsa, chiqish true, aks holda boshqa yo'nalish	-
delay	Belgilangan vaqt kechikishi	Kechikish vaqti: $\text{exponential}(1/\text{UrtIshlovHujjat})$	Sig'im: IshchiSoni, Statistika yig'ish: faol
Sink (Ishlov_b)	Natija tuguni	Hujjat qayta ishlangan deb hisoblanadi	$\text{IshlovBerilganHujjatSoni}++$; ; $\text{QaytaIshlashEhtimoli} = \text{IshlovBerilganHujjatSoni} / \text{QabulHujjatSoni}$; $\text{QaytaIshlanmaslikEhtimoli} = 1 - \text{QaytaIshlashEhtimoli}$;

Hujjatlarni qayta ishlash jarayonida **Delay** (Kechikish) elementi muhim rol o'ynaydi. Ushbu elementning asosiy xususiyatlari 2-rasmda keltirilganidek sozlanadi. Kechikish vaqtining taqsimoti tizimning ishlash shartlariga mos ravishda tanlanib, hujjatlarni qayta ishlash jarayoni real sharoitlarga yaqin modellashtiriladi. Bu esa tizim samaradorligini oshirish va natijalarni ishonchli tahlil qilish imkonini beradi.



2-rasm. Delay elementining xususiyatlari

Sink (Chiqish) elementi hujjatlarni tizimdan chiqarish jarayonida muhim rol o'ynaydi. Ushbu

elementga yetib kelgan har bir hujjatga ishlov berilgan deb hisoblanadi va quyidagi hisob-kitoblar amalga oshiriladi:

- IshlovBerilganHujjatSoni o'zgaruvchisi 1 birlikka oshiriladi, ya'ni tizim tomonidan qayta ishlangan hujjatlar soni hisoblab boriladi.
- QaytaIshlashEhtimoli o'zgaruvchisi quyidagi formulaga asosan yangilanadi:

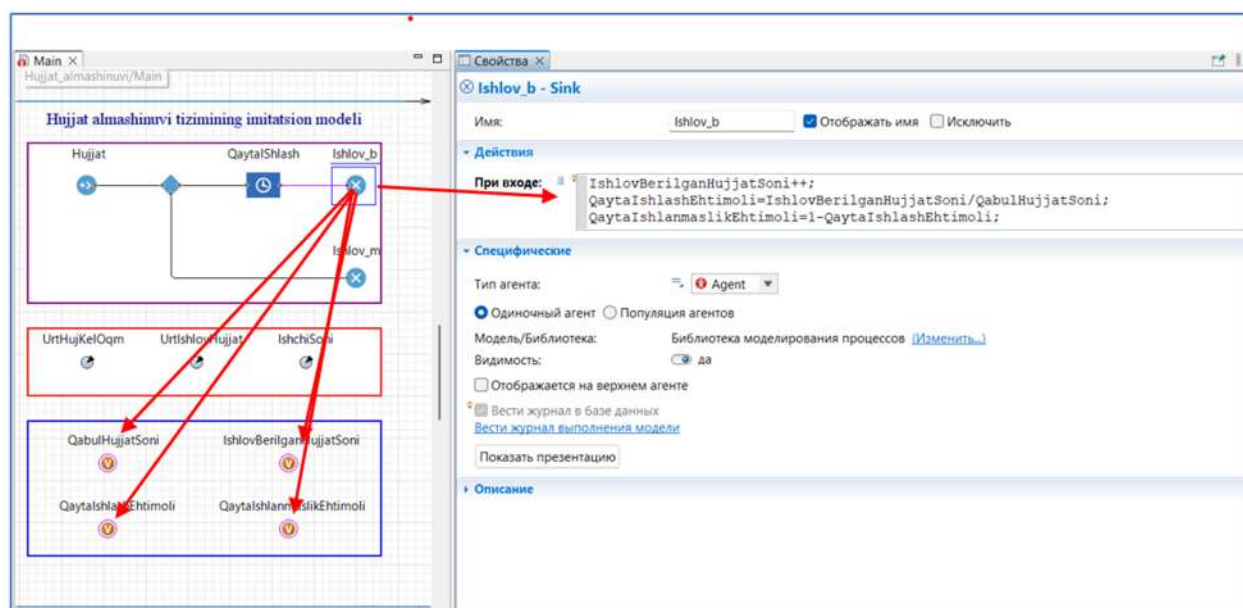
$$QaytaIshlashEhtimoli = \frac{IshlovBerilganHujjatSoni}{QabulHujjatSoni}$$

Bu qiymat tizimga kirgan barcha hujjatlar ichida qayta ishlangan hujjatlarning ulushini aks ettiradi.

- QaytaIshlanmaslikEhtimoli quyidagi ravishda aniqlanadi:

$$QaytaIshlanmaslikEhtimoli = 1 - QaytaIshlashEhtimoli$$
- Ushbu formula orqali tizimda qayta ishlanmagan hujjatlarning umumiy oqimga nisbatan ulushi hisoblanadi.

Bu jarayon Sink elementi orqali amalga oshiriladi va modelning umumiy natijalarini baholashda muhim rol o'ynaydi (3-rasm).



3-rasm. Sink elementining xususiyatlari

Modellashtirish natijalarini chiqarish uchun double turidagi o'zgaruvchi (Переменная) elementlari qo'llaniladi (4-rasm).

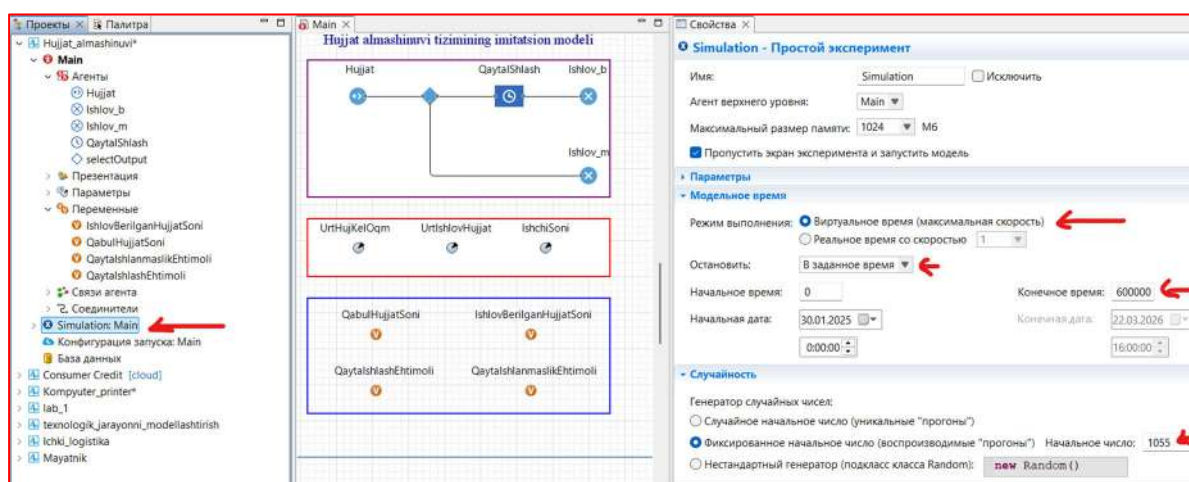
- QabulHujjatSoni – kelib tushgan hujjatlar soni;
- IshlovBerilganHujjatSoni – qayta ishlangan hujjatlar soni;
- QaytaIshlashEhtimoli – hujjatlarni qayta ishlash ehtimolligi;
- QaytaIshlanmaslikEhtimoli– hujjatlarning qayta ishlanmay qolish ehtimolligi.



4-rasm. O'zgaruvchilarning shakllanishi

Keyingi bosqichda modelning virtual muhitda ishga tushirilishini ta'minlash maqsadida **Simulation** (Simulyatsiya) bo'limida tegishli sozlashlar amalga oshiriladi (5-rasm). Bu jarayonda modelning bajarilish parametrlari aniqlanib, uning ishlash tartibi, vaqt rejimi va natijalarni qayd etish usullari belgilanadi. Sozlash jarayoni modelni optimal ishlash sharoitiga moslashtirish hamda uning dinamikasini real sharoitga yaqin holda kuzatish imkonini beradi.

1. "Loyihalar" (Проекты) oynasida Simulation:Main bo'limi ajratiladi.
2. "Model vaqti" (Модельное время) sahifasida "To'xtatish" (Остановить) parametri sifatida "Belgilangan vaqtda" (В заданное время) opsiyasi tanlanadi.
3. "Yakuniy vaqt" (Конечное время) sifatida 600000 qiymati kiritiladi.
4. "Ishlash rejimi" (Режим выполнения) "Virtual vaqt" (Виртуальное время) – maksimal tezlikda holatiga o'rnatiladi.
5. "Tasodifiylik" (Случайность) sahifasida "Fiksatsiyalangan boshlang'ich son" (Фиксированное начальное число) opsiyasi o'rnatiladi, bu esa qayta ishlab chiqish jarayonida takrorlanuvchi natijalarni ta'minlaydi.
6. "Boshlang'ich son" (Начальное число) sifatida 1055 qiymati belgilanadi.



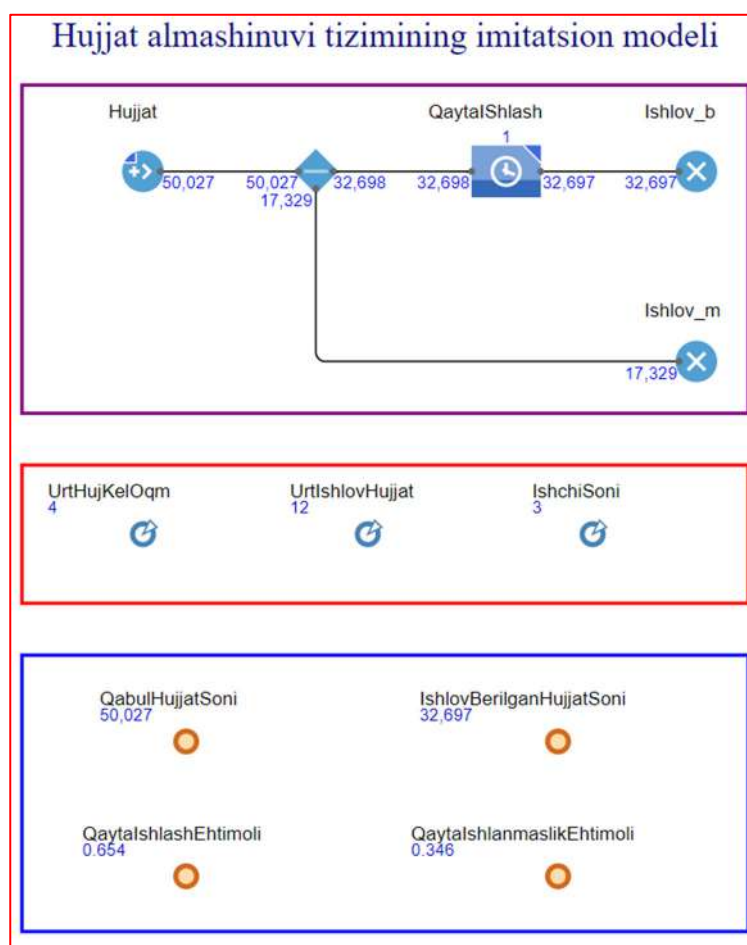
5-rasm. Simulation oynasining sozlamalari

Tahlil va natijalar

AnyLogic muhitida qurilgan hujjat almashinuv jarayonining imitatsion modeli to'liq shakllantirilib, ishga tushirishga tayyor holatga keltirildi. Endilikda modelni ishga tushirish va uning natijalarini tahlil qilish bosqichiga o'tish zarur. Modelning ishlash jarayoni davomida hosil bo'ladigan statistik natijalar va vizualizatsiya komponentlari tahlil qilinib, tizim samaradorligi baholanadi.

Mazkur tahlil jarayoni, birinchidan, hujjatlar oqimining vaqt bo'yicha taqsimlanishi, ikkinchidan, xizmat ko'rsatish jarayonidagi kechikishlarning o'rtacha qiymati hamda tizim yuklanish darajasi kabi parametrlarni o'z ichiga oladi. Ushbu natijalar eksperimental tekshirish va model parametrlarini optimallashtirish imkoniyatini taqdim etadi.

Shuningdek, model natijalari vizual tahlil qilish imkonini beruvchi grafik va diagrammalar yordamida tasvirlanadi. Kutilayotgan natijalar 6-rasmda keltirilganidek tizimning ishlash samaradorligi va parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishini aks ettirishi lozim. Bu jarayon modelni real tizim bilan taqqoslash va uning haqiqiy jarayonlarga mosligini aniqlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.



6-rasm. Imitatsion model natijasi

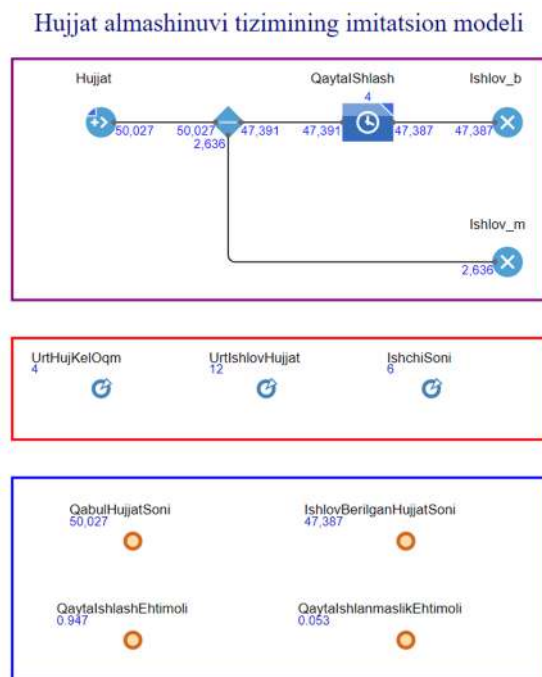
Modelning ishlash muddati 199535 ga yetgach, ya'ni 7-rasmda keltirilgan qiymatga erishilgandan so'ng, tizim 50000 ta dinamik agent chekloviga ko'ra avtomatik to'xtaydi.



7-rasm. Modelning ishlash muddati

Hisob-kitob natijalari asosida hujjatlarning qayta ishlanmaslik ehtimoli (QaytaIshlanmaslikEhtimoli) 0,346 ga teng ekani aniqlandi. Ushbu qiymat analitik usulda olingan natija bilan mos keladi, biroq ba'zi holatlarda uch xonali aniqlikdagi yaxlitlash natijasida kichik tafovutlar kuzatilishi mumkin.

Keyingi bosqichda tizim samaradorligini oshirish maqsadida xodimlar soni uch kishidan olti kishiga oshirildi. Bu optimallashtirish jarayoni IshChiSoni parametrining standart qiymatini 6 qilib belgilash orqali amalga oshirildi. Modelni qayta ishga tushirish natijasida hujjatlarning qayta ishlanmaslik ehtimoli 0,053 ga kamaydi, bu esa analitik hisob-kitob natijasidan atigi 0,001 ga farq qiladi. Ushbu natijalar modelning real tizim ishini aks ettirishdagi yuqori aniqligini tasdiqlaydi (8-rasm).



8-rasm. Ishchilar soni oshirilganda natija

Shunday qilib, olib borilgan imitatsion modelashtirish natijalari analitik hisob-kitoblar bilan yuqori darajadagi moslikni namoyon etdi. Olingan natijalar tizimning ishlash xususiyatlarini aniq aks ettirib, modelning real jarayonlarga yaqinligini tasdiqlaydi. Ushbu moslik imitatsion modelashtirishning ishonchliligi va amaliy qo'llash imkoniyatlarini tasdiqlaydi hamda ushbu yondashuvning tizim samaradorligini baholash va optimallashtirishdagi ahamiyatini ta'kidlaydi.

Xulosa

Imitatsion modelashtirish real tizimlarning ishlash jarayonlarini tahlil qilish va turli ssenariylarni sinovdan o'tkazish imkonini beruvchi samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv analitik usullar orqali yechish qiyin bo'lgan murakkab jarayonlarni modelashtirishga imkon yaratadi. Imitatsion modelashtirish yordamida real tizimni buzmasdan sinov o'tkazish, turli parametrlarning ta'sirini baholash va optimal ishlash sharoitlarini aniqlash mumkin. Bu usul ayniqsa, murakkab tizimlar uchun samarali bo'lib, qaror qabul qilish jarayonini soddalashtiradi va aniqligini oshiradi.

AnyLogic dasturi imitatsion modelashtirish uchun keng imkoniyatlar taqdim etadi. Uning grafik interfeysi yordamida modelashtirilgan jarayonlar vizual tarzda ifodalanib, natijalar diagrammalar va animatsiyalar shaklida taqdim etiladi. Bu esa foydalanuvchilarga tizimning ishlashini tushunishni osonlashtiradi va qaror qabul qilishda aniq tahlillarga tayangan holda harakat qilish imkonini beradi. Shuningdek, AnyLogic agentga asoslangan modelashtirish, tizimli-dinamik yondashuv va diskret hodisalar modeli kabi bir necha modelashtirish usullarini qo'llab-quvvatlaydi. Bu esa dasturdan turli sohalarda samarali foydalanish imkonini beradi.



AnyLogic dasturining yana bir muhim afzalligi – dinamik parametrlarni sozlash va model ish jarayonida ularning ta'sirini tahlil qilish imkoniyatidir. Modellashtirish natijalari statistik usullar yordamida chuqur tahlil qilinib, tizimning turli sharoitlarda qanday ishlashini aniqlash va optimal strategiyalar ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi. Buning natijasida, tizimning samaradorligini oshirish, resurslarni optimal taqsimlash va ehtimoliy muammolarni oldindan aniqlash imkoniyati yuzaga keladi.

Xulosa qilib aytganda, AnyLogic dasturida imitatsion modellashtirish real tizimlarning ishlash jarayonlarini batafsil tahlil qilish, ularni vizual tarzda ifodalash va optimal qarorlarni ishlab chiqish uchun qulay muhit yaratadi. Bu esa turli sohalarda, jumladan, ishlab chiqarish, logistika, xizmat ko'rsatish va boshqa jarayonlarni optimallashtirishda katta ahamiyat kasb etadi.



Adabiyotlar

1. Tako, A. A., & Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context.
2. Günal, M. M., & Pidd, M. (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature.
3. Brailsford, S. C., & Hilton, N. A. (2001). A comparison of discrete event simulation and system dynamics for modelling healthcare systems.
4. Chowdhury, M. S., & Sadek, A. W. (2012). Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning.
5. Liu, R., & Chen, Y. (2015). Simulation-based optimization for transportation systems: a review.
6. Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (2014). Discrete-Event System Simulation.
7. Боев В. Д. Об адекватности систем имитационного моделирования GPSS World и AnyLogic. Часть 2 // Прикладная информатика. № 4 (34). 2011. С. 50-62.
8. Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Zupick, N. B. (2014). Simulation with Arena.
9. Law, A. M. (2015). Simulation Modeling and Analysis.
10. Robinson, S. (2014). Simulation: The Practice of Model Development and Use.
11. Сайт компании разработчика системы имитационного моделирования AnyLogic www.anylogic.ru.



Adabiyotlar

1. Tako, A. A., & Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context.
2. Günal, M. M., & Pidd, M. (2010). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature.
3. Brailsford, S. C., & Hilton, N. A. (2001). A comparison of discrete event simulation and system dynamics for modelling healthcare systems.
4. Chowdhury, M. S., & Sadek, A. W. (2012). Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning.
5. Liu, R., & Chen, Y. (2015). Simulation-based optimization for transportation systems: a review.
6. Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (2014). Discrete-Event System Simulation.
7. Боев В. Д. Об адекватности систем имитационного моделирования GPSS World и AnyLogic. Часть 2 // Прикладная информатика. № 4 (34). 2011. С. 50-62.
8. Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Zupick, N. B. (2014). Simulation with Arena.
9. Law, A. M. (2015). Simulation Modeling and Analysis.
10. Robinson, S. (2014). Simulation: The Practice of Model Development and Use.
11. Сайт компании разработчика системы имитационного моделирования AnyLogic www.anylogic.ru.



Mualliflar

Azizbek Raximov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, "University of management and future technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston.

Baxtiyor Akmuradov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, "University of management and future technologies" universiteti, Toshkent, 100208, O'zbekiston; b.u.akmuradov@gmail.com

Mas'ul: b.u.akmuradov@gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

TELEKOM- MUNIKATSIYA TIZIMLARIDA AXBOROT XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHDA KONTEKSTGA ASOSLANGAN BO'LAKLI HASHING ALGORITMLARI

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlashning samaradorligini oshirishga qaratilgan algoritmlar, xususan, kontekstga asoslangan bo'lakli hashing algoritmlarini tadqiq qilish masalasi ko'rib chiqilgan. Bunda axborot xavfsizligini ta'minlash uchun qo'llanilayotgan algoritmlar, ularning afzalliklari va kamchiliklari batafsil tahlil qilingan. Kontekstga asoslangan bo'lakli hashing algoritmlarining nazariy asoslari va qo'llanilish imkoniyatlari o'rganilgan. tadqiqotning amaliy natijalari sifatida telekommunikatsiya tizimlari uchun ishlab chiqilgan algoritmlar sinovdan o'tkazilib, ularning samaradorligi tajriba natijalariga asoslanib baholangan. Olingan natijalar umumlashtirilib, telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlash uchun taklif etilgan algoritmik yondashuvlarning samaradorligi va amaliy qo'llanilishiga oid xulosalar hamda tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: algoritm, axborot xavfsizligini, Data Loss Prevention, Mrsh-v2, kiberxavfsizlik, hashing algoritmlari, Network Segmentation, shifrlash.

himoya qilishga yordam beradi.

Shulardan kelib chiqqan holda ushbu ishda telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlashning texnik va dasturiy yechimlari chuqur tahlil qilindi. Shuningdek, axborot xavfsizligini ta'minlash algoritmlari va texnologiyalari bo'yicha xalqaro tadqiqotchilarning ilmiy maqolalari hamda erishgan yutuqlari va tavsiyalari o'rganildi.

Ushbu tadqiqot telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlashning kontekstga asoslangan bo'lakli hashing algoritmlarini o'rganishga bag'ishlangan bo'lib, soha bo'yicha mavjud ilmiy manbalar va ilg'or tadqiqotlar tahlil qilindi. Xususan, F. Breitinger, I. Baggili, J. Beeskow, S. Gumaste, M. Thakare, R. Hiesh, A. Papadogiannakis, D. Antoniadis, Jain-Shing Wu, Chih-Ta Lin, Yuh-Jye Lee va boshqa xalqaro olimlarning tadqiqotlari o'rganilib tahlil qilindi.

Axborot xavfsizligini ta'minlashning texnik va dasturiy yechimlari

Telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlashning texnik yechimlari - bu turli usullar va vositalar orqali tarmoq va axborot tizimlarini himoya qilish, shuningdek, axborotning maxfiyligini, yaxlitligini va mavjudligini ta'minlashga qaratilgan texnik yondashuvlardir. Quydagi texnik yechimlar telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlashda keng qo'llaniladi:

Firewall: Tarmoqda xavfsizlikni ta'minlash uchun ishlatiladigan Firewall tarmoq trafikini filtrlaydi, shuningdek, zararli kirishlarni bloklaydi.

Firewall - bu tarmoq xavfsizligini ta'minlashga xizmat qiluvchi qurilma yoki dasturiy ta'minot bo'lib, u tarmoqdagi trafikni nazorat qiladi va ruxsat berilgan yoki ruxsat berilmagan ma'lumotlarni tarmoq orqali o'tkazadi. Asosiy maqsadi - tarmoqni xavfsizlik tahdidlaridan himoya qilish va zararli kirishlarni bloklashdir.

IDS/IPS (Intrusion Detection System / Intrusion Prevention System): Ushbu tizimlar tarmoqdagi noma'lum yoki shubhali faoliyatni aniqlash va to'xtatish uchun ishlatiladi. IDS tizimi tarmoqdagi yoki tizimdagi harakatlarni tahlil qiladi va ushbu harakatlarni normaga qarshi solishtiradi.

VPN (Virtual Private Network): Uzoq masofalardan yoki jamoat tarmoqlaridan xavfsiz ulanishni ta'minlash uchun ishlatiladigan texnologiya bo'lib, ma'lumotlarni shifrlash va tarmoq resurslarini himoya qilishda yordam beradi.

VPN - bu internet orqali ikki yoki undan ortiq tarmoqni xavfsiz va shifrlangan kanal orqali ulash imkonini beruvchi texnologiya. VPN yordamida foydalanuvchi yoki tashkilotlar internetda yoki boshqa tarmoqda xavfsiz aloqalarni amalga oshirishi mumkin. VPN internetda ma'lumotlarni uzatishdan oldin ularni shifrlash va ma'lum bir server orqali o'tkazish orqali tarmoqda yuqori darajadagi xavfsizlikni ta'minlaydi.

Telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini ta'minlash uchun quyidagi asosiy

algoritmlar va texnologiyalar keng qo'llaniladi:

1. *Shifrlash (Encryption) algoritmlari:*

○ *AES (Advanced Encryption Standard)*: Ma'lumotlarning maxfiylikni ta'minlashda asosiy algoritm sifatida ishlatiladi. U yuqori samaradorlik va xavfsizlikni ta'minlaydi. Advanced Encryption Standard (AES) - bu simmetrik kalitli shifrlash algoritmi bo'lib, axborotni himoya qilish va maxfiylikni ta'minlash uchun keng qo'llaniladi.

○ *RSA (Rivest-Shamir-Adleman)*: Asimmetrik shifrlash algoritmi bo'lib, ma'lumotlarni yuborishdan oldin ularni himoya qiladi. U ochiq va yopiq kalitlardan foydalanadi. Rivest-Shamir-Adleman (RSA) - bu asimmetrik shifrlash algoritmi bo'lib, kalit juftligi (ochiq va yopiq kalitlar) yordamida ma'lumotlarni shifrlash va autentifikatsiya qilish uchun ishlatiladi[10].

○ *ECC (Elliptic Curve Cryptography)*: Ayniqsa resurslarni cheklangan tizimlar uchun samarali va tez shifrlashni ta'minlaydigan asimmetrik algoritm. Elliptic Curve Cryptography (ECC) - bu asimmetrik kriptografiya usuli bo'lib, elliptik egri chiziqlar matematikasiga asoslangan.

2. *Identifikatsiya va avtorizatsiya algoritmlari:*

○ *OAuth*: Web-ilovalar uchun xavfsiz avtorizatsiya mexanizmi bo'lib, foydalanuvchi ma'lumotlarini boshqarishda foydalaniladi. OAuth (Open Authorization) - bu ochiq standarti bo'lib, uchinchi tomon ilovalarga foydalanuvchi parolini oshkor qilmasdan, himoyalangan resurslarga cheklangan kirish huquqini berish imkonini yaratadi.

○ *SAML (Security Assertion Markup Language)*: Xizmatlarni xavfsiz avtorizatsiya qilish uchun ishlatiladi, ko'pincha federativ tizimlarda qo'llaniladi. SAML (Security Assertion Markup Language) - bu identifikatsiya va autentifikatsiya ma'lumotlarini almashish uchun ishlatiladigan XML-ga asoslangan ochiq standart. SAML foydalanuvchilarga bir marta autentifikatsiya qilgan holda turli xizmatlardan foydalanish imkonini beruvchi Single Sign-On (SSO) mexanizmini qo'llab-quvvatlaydi.

○ *LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)*: Tarmoq resurslariga xavfsiz kirishni ta'minlash uchun ishlatiladi, foydalanuvchi va guruhlarini boshqarishda qo'llaniladi. LDAP bu katalog xizmatlari bilan ishlash uchun mo'ljallangan yengil vaznli protokol. U foydalanuvchilar, qurilmalar, tarmoq resurslari va ruxsatnomalar haqida ma'lumotlarni saqlash va boshqarish uchun ishlatiladi.

3. *Tarmoqni monitoring va tahdidlarni boshqarish:*

○ *IDS/IPS (Intrusion Detection and Prevention Systems)*: Tarmoqdagi tahdidlarga qarshi aniqlash va oldini olish tizimlari. Tarmoqqa kiruvchi zararli faoliyatlarni kuzatish va ularni bloklash uchun ishlatiladi.

○ *SIEM (Security Information and Event Management)*: Tarmoqda yuzaga keladigan xavfsizlik hodisalarini yig'ish, tahlil qilish va boshqarish tizimi. SIEM bu axborot xavfsizligi tizimlarida tahdidlarni aniqlash, tekshirish va ularga javob berish uchun ishlatiladigan dasturiy ta'minot yechimidir.

4. *Tarmoqni bo'lib tashlash (Network Segmentation)*:

○ *VLAN (Virtual Local Area Network)*: Tarmoqni izolyatsiya qilish va turli xatarlar uchun xavfsizlikni oshirish uchun ishlatiladi. Bu, ayniqsa, katta tashkilotlarda tarmoqni boshqarishda qo'llaniladi. VLAN bu tarmoq qurilmalarini jismoniy joylashuviga bog'liq bo'lmagan holda mantiqiy guruhlariga ajratish imkonini beruvchi texnologiya.

○ *Firewall*: Tarmoqda tarmoqni himoya qilish uchun ishlatiladigan algoritmlar va texnologiyalar, ular paketlarni filtrlaydi va tarmoqda o'tishni nazorat qiladi. Firewall bu tarmoq xavfsizligini ta'minlash uchun ishlatiladigan filtrlash mexanizmi bo'lib, kiruvchi va chiquvchi trafikni nazorat qiladi.

5. *DLP (Data Loss Prevention) Algoritmлари*:

○ *Content Inspection*: Tarmoq orqali o'tayotgan ma'lumotlarni tahlil qilish va maxfiy ma'lumotlarni yo'qotishning oldini olish uchun ishlatiladigan algoritmlar.

○ *Policy-based DLP*: Maxfiy ma'lumotlarga kirish huquqlarini boshqarish va xususiy ma'lumotlarning yo'qolishining oldini olish.

6. *TLS/SSL (Transport Layer Security/Secure Sockets Layer)*:

✓ *SSL/TLS*: Internetda xavfsiz ma'lumot uzatishni ta'minlashda qo'llaniladigan protokollar, ular transport qatlamida ma'lumotlarni shifrlashni ta'minlaydi. SSL (Secure Sockets Layer) va TLS (Transport Layer Security) - bu internet orqali xavfsiz ma'lumot almashinuvini ta'minlaydigan kriptografik protokollar.

✓ *SSL* - 1990-yillarda ishlab chiqilgan va eski versiyalari (SSL 2.0 va SSL 3.0) bugungi kunda eskirgan deb hisoblanadi.

✓ *TLS* - SSL'ning yangilangan va xavfsizroq versiyasidir. Hozirda TLS 1.2 va TLS 1.3 keng qo'llaniladi. TLS - bu SSL'ning rivojlangan va xavfsiz versiyasi bo'lib, u internetda shifrlangan va xavfsiz ma'lumot almashinuvini ta'minlaydi.

7. *Hashing algoritmлари*:

○ *SHA (Secure Hash Algorithm)*: Ma'lumotlar yaxlitligini ta'minlash uchun ishlatiladi, ayniqsa, parol saqlash va autentifikatsiya jarayonlarida qo'llaniladi. SHA bu ma'lumotlarni kriptografik xesh qilish uchun ishlatiladigan xavfsiz algoritmlar oilasi bo'lib, u ma'lumotlardan o'ziga xos xesh (hash) qiymatini yaratadi.

8. *Xavfsizlikni tekshirish va ruxsatnoma boshqaruvi:*

o *RBAC (Role-Based Access Control):* Tarmoqdagi foydalanuvchilarga ma'lum huquqlarni berish uchun ishlatiladi. Bu tizim foydalanuvchilarni ro'yxatga olish va xavfsizlikni boshqarishda yordam beradi.

Axborot xavfsizligini ta'minlashda mazmunni tekshirish algoritmlari

Data Loss Prevention - bu korxonalar va tashkilotlarda ma'lumotlarning yo'qolishi, o'g'irlanishi yoki ruxsatsiz foydalanilishini oldini olish uchun qo'llaniladigan texnologiyalar, jarayonlar va siyosatlar majmuasi. DLP tizimlari tashkilotning maxfiy ma'lumotlarini, intellektual mulklarini va shaxsiy ma'lumotlarini himoya qilishga qaratilgan.

Data Loss Prevention ya'ni yo'qotishlarning oldini olish algoritmlarini shartli ravishda quyidagi ikki guruhga ajratish mumkin:

- *Policy-based DLP:* Maxfiy ma'lumotlarga kirish huquqlarini boshqarish va xususiy ma'lumotlarning yo'qolishining oldini olish. Policy-based DLP (Siyosatga asoslangan DLP) - bu tashkilotda ma'lumotlarni himoya qilish siyosatlariga asoslangan DLP tizimidir. Ushbu yondashuvda xavfsizlik siyosatlari va qoidalar tashkilotning maxfiy ma'lumotlarini qanday boshqarish, kimga ruxsat berish va ma'lumotlarni qaysi sharoitlarda uzatish mumkinligini belgilaydi.

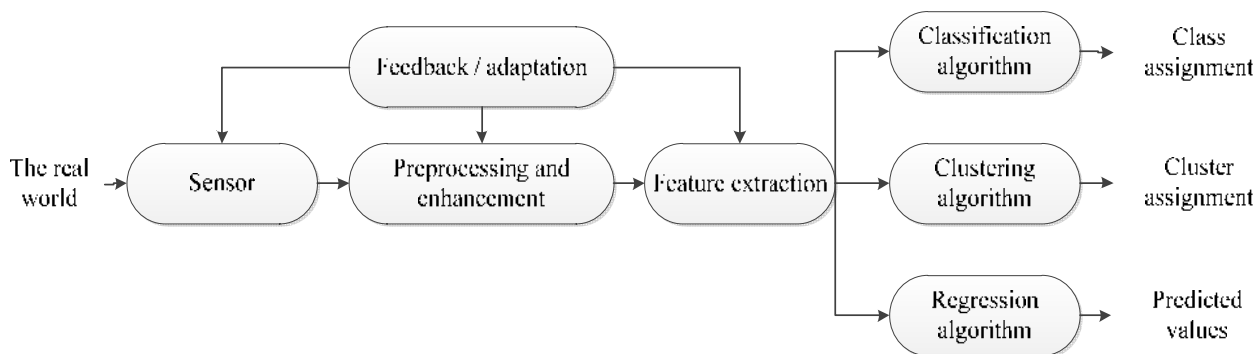
- *Content Inspection:* Tarmoq orqali o'tayotgan ma'lumotlarni tahlil qilish va maxfiy ma'lumotlarni yo'qotishning oldini olish uchun ishlatiladigan algoritmlar. Content Inspection (Mazmunni tekshirish algoritmlari) - axborotni yo'qotishning oldini olish tizimlarining muhim qismidir. Ushbu algoritmlar ma'lumot oqimlari, fayllar va kommunikatsiyalarni tahlil qilib, noxosil foydalanish yoki siyosat buzilishlarini aniqlashga mo'ljallangan[12].

Mazmunni tekshirish - bu faqat metadata yoki tashqi xususiyatlarga emas, balki ma'lumotlarning o'ziga tahlil o'tkazishdir. Ushbu algoritmlar hujjatlar, elektron pochta xabarlar yoki ma'lumot paketlaridagi haqiqiy mazmunni chuqur o'rganib, oldindan belgilangan siyosatlarga zid axborotni aniqlaydi. Mazmunni tekshirish algoritmlari xususiyatlariga ko'ra bir nechta turlarga bo'linadi, ular orasida eng keng tarqalgan texnologiyalar sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

- paketlarni chuqur tekshirish (Deep Packet Inspection, DPI);
- andoza aniqlash (Pattern Recognition);
- evriluvchan tahlil (Heuristic Analysis);
- tabiiy tilni qayta ishlash (Natural Language Processing, NLP);
- Fayllar izini aniqlash (File Fingerprinting).

Deep Packet Inspection (DPI) internet orqali yuborilayotgan paketlarni chuqur tahlil qilish uchun qo'llaniladigan texnologiyadir. Internet orqali amalga oshirilayotgan barcha aloqa jarayonlari ma'lumotlarni uzatish uchun "paketlar"dan foydalanadi. Bu jarayon VoIP qo'ng'iroqlarimiz, tashrif buyurayotgan veb-sahifalarimiz va yuborayotgan elektron pochta xabarlarimizni o'z ichiga oladi.

Pattern Recognition (shablonlarni tanish) - bu kompyuter ilm-fani va sun'iy intellekt sohasida keng qo'llaniladigan texnologiya bo'lib, u ma'lumotlar to'plamlaridan shablonlar yoki qoidalarni aniqlashni nazarda tutadi. Shablonlarni tanish tizimlari ma'lum bir xususiyatlarga yoki parametrlar to'plamiga asoslangan holda ma'lumotlarni tahlil qiladi va ularning ichidan o'xshashliklarni aniqlaydi. Bu tizimlar ko'pincha tasvirlar, ovozlar, matnlar va boshqa murakkab ma'lumotlar shakllarini qayta ishlashda ishlatiladi.



1-rasm. Shablonni tekshirish tizimlarining umumiy arxitekturas

Heuristic tahlil kiberxavfsizlik va antivirus protokollarining muhim tarkibiy qismi bo'lib, asosan zararli dasturlar kabi jiddiy xavf-xatarlarga qarshi kurashish va ularni aniqlash maqsadida ishlatiladi. Bu usul yangi viruslar yoki hozirgi kunda tanilgan viruslarning varianti turlarini aniqlashda an'anaviy usullardan chetga chiqadi. Bu xavfsizlik dasturlariga qurilmaga zarar yetkazishi mumkin bo'lgan noma'lum yoki xavfli faoliyatlarni aniqlash uchun zarur bo'lgan ilgari ko'rish imkonini beradi.

Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) - kompyuterlarni insonlarning tabiiy tili bilan ishlashga o'rgatish uchun yaratilgan texnologiyalar va metodlar to'plamidir. Bu soha, kompyuterlar va insonlar o'rtasida tilni avtomatik tarzda tushunish va ishlashni ta'minlashga yo'naltirilgan.

Fayl Fingerprinting (Fayl izini olish) - bu faylni unikal tarzda identifikatsiya qilish usuli bo'lib, ma'lumotlar bazasidagi yoki tizimdagi fayllar orasida farqlash va ularga alohida e'tibor qaratish imkoniyatini beradi. Bu jarayon, asosan, faylni boshqalardan ajratib turadigan raqamli izni yaratishga asoslanadi. Faylning izini olish jarayonida uning tarkibi, xususiyatlari yoki boshqa identifikatsiyalovchi belgilariga asoslanib unikal raqamli identifikator hosil qilinadi.

Ma'lumotlar yo'qotilishining oldini olish tizimi arxitekturas

Axborot yo'qolishi, ma'lumotlarning sizib chiqishi, ma'lumot o'g'irlanishi yoki hatto ma'lumot - dunyoning qaysi burchagida bo'lishingizdan qat'i nazar tashkilotdan axborotning yo'qolishini ifodalovchi atamalar mavjud. Dunyo bo'ylab katta va kichik tashkilotlar o'z ma'lumotlarini himoya qilish zarur. Buning sababi faqatgina axborot yo'qolishi emas, balki bu holat qonunchilik, milliy jarimalar va hatto obro'ga zarar yetkazishi mumkinligi bilan ham bog'liq.

DLP yechimlari ko'p yillar davomida qo'llanilib kelinmoqda, hatto ularning qo'llanilishi endi kichik tashkilotlarga ham yetib borgan. Yangi texnologiyalarni an'anaviy DLP metodologiyalari bilan birlashtirish orqali hatto eng kichik biznes ham arzon narxda amalga oshirish oson bo'lgan zamonaviy va murakkab yechimdan foydalanishi mumkin.

Symantec Data Loss Prevention modullari va komponentlari taklif qilingan umumiy DLP arxitekturasiga osonlik bilan moslashtirilishi mumkin:

1. *Data in Motion (Harakatdagi ma'lumotlar)* Symantec DLP modullari:

- *DLP for Network*: Bu modul tarmoq orqali ma'lumotlar oqimini nazorat qiladi va harakatdagi ma'lumotlarni aniqlash, bloklash yoki ogohlantirish kabi choralar ko'radi. Tarmoq orqali o'tadigan ma'lumotlarni, jumladan, elektron pochta, veb-pochta va boshqa Internet protokollarini tekshiradi.

2. *Data at Rest (Saqlangan ma'lumotlar)* Symantec DLP modullari:

- *DLP for Storage*: Bu komponent endpointlar, fayl serverlari, veb-portallar va ma'lumotlar bazalari kabi saqlash qurilmalaridagi ma'lumotlarni tekshiradi.

3. *Data in Use (Foydalanishdagi ma'lumotlar)* Symantec DLP modullari:

4. *DLP for Endpoint*: Bu modul foydalanuvchi qurilmalarida ma'lumotlar oqimini nazorat qiladi. Ushbu modul ma'lumotlarni bloklash, shifrlash, ogohlantirish, karantinlash yoki boshqa xavfsizlik choralarini ko'radi.

5. *Ma'lumotlarni Boshqarish va Tahlil qilish* Symantec DLP modullari:

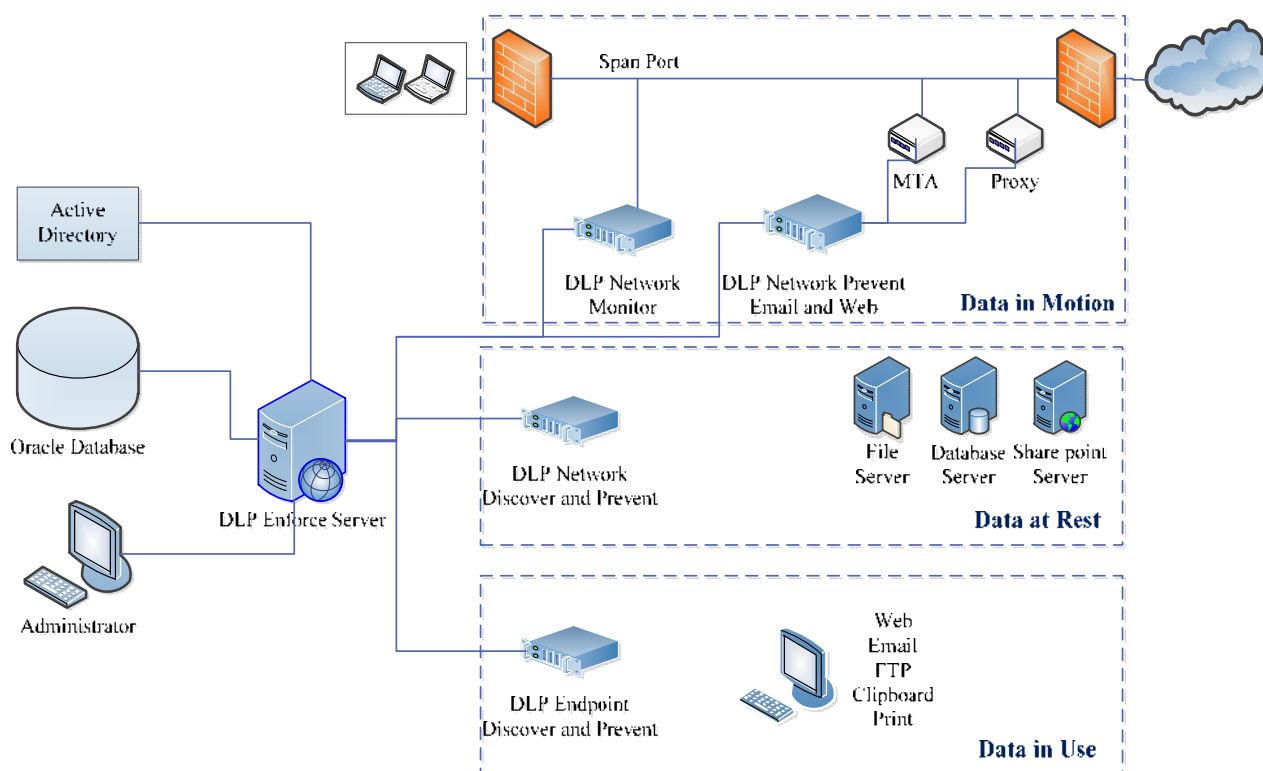
- *DLP Management Server*: Bu markazlashtirilgan boshqaruv serveri siyosatlar yaratish va ularni boshqa DLP serverlariga yuborish, voqealarni va ish jarayonlarini boshqarish, xabarlarini yig'ish va hisobotlarni taqdim etish uchun ishlatiladi. U boshqa uchinchi tomon tizimlari, masalan, Active Directory yoki SIEM bilan integratsiya qilinishi mumkin.

6. *Ma'lumotlarning tarmoq orqali nazorati* Symantec DLP modullari:

- *DLP for Web*: Ushbu modul veb-aloqalarni nazorat qilish va ma'lumotlarni tarmoq orqali chiqishini aniqlash uchun ishlatiladi. Bu tizim ICAP protokoli yordamida DLP serveri bilan integratsiyalashadi va web-traffikni tahlil qiladi.

Symantec DLP yechimi, arxitekturaning har bir qismiga mos ravishda, tashkilotlarga ma'lumotlarning holatini kuzatib borish va xavfsizlik choralarini joriy qilish imkoniyatini beradi. Boshqaruv konsoli orqali barcha modullarni bir joyda boshqarish va tahlil qilish mumkin.

Semantik Data Loss Prevention modullari va komponentlari taklif qilingan umumiy Data Loss Prevention arxitekturasiga osonlik bilan moslashtirilishi mumkin:



2-rasm. Semantik ma'lumotlar yo'qotilishining oldini olish tizimining tavsiya etilayotgan arxitekturas

Ushbu arxitektura yordamida ma'lumotlarning foydalanish holatini Symantec DLP Endpoint Discover va Protect komponentalarini joylashtirish orqali ta'minlaymiz. Saqlangan ma'lumotlar Symantec DLP Network Discover va Protect komponentalari orqali ta'minlanadi. Harakatdagi ma'lumotlar uchun esa Symantec DLP Network Monitor port-span yoki tarmoq tap orqali tarmoq bilan integratsiya qilinadi.

DLP Agentlarni o'rnatish va konfiguratsiyalarini sozlash

Symantec Data Loss Prevention turli usullarda amalga oshirilishi mumkin. Bu amalga oshirish turlari "O'rnatish darajalari" deb ataladi. O'rnatish darajalari uchta turga bo'linadi:

- *Bitta daraja (Single Tier)*: DLP Enforce Server (Boshqaruv serveri), Oracle Database va har qanday aniqlash serveri. Bitta daraja faqat laboratoriya va sinov muhitlarida qo'llaniladi.
- *Ikki daraja (Two Tier)*: DLP Enforce Server va Oracle Database bir xil serverda o'rnatiladi. Aniqlash serverlari esa alohida serverlarga o'rnatiladi.
- *Uch daraja (Three Tier)*: DLP Enforce Server, Oracle Database va Detection Servers alohida serverlarga o'rnatiladi.

Test muhiti uchta virtual mashinadan foydalanadi. Birinchi virtual mashina DLP Single Tier

Server boʻlib, Enforce Server, Oracle Database va Detection Serverlarni joylashtiradi. Ikkinchi serverda Active Directory va boshqa xizmatlar, masalan, DNS, DHCP va File Server rollari joylashadi. Uchinchi esa Windows 10 ish stoli tizimi oʻrnatilgan foydalanuvchi ish stoli mashinasini ifodalaydi. Quyida har bir virtual mashinaning spetsifikatsiyalari keltirilgan.

1-jadval. Virtual mashinalar spetsifikatsiyalari.

VM	CPU	RAM	Disk	Operating System
VM 1	8 cores	64 GB	3 TB	Win Ser 2016
VM 2	4 cores	16 GB	500 GB	Win Ser 2016
VM 3	1 core	4 GB	256 GB	Win 10

Axborot xavfsizligini taʼminlashda kontekstga asoslangan boʻlakli hashing algoritmllari

Yakuniy ishlov berish va dasturlarni tahlil qilishda taxminiy moslashtirish usullaridan foydalanish koʻpincha zararli dasturlarni yoki bajariluvchi fayllarni tahlil qilish sohasida koʻrib chiqiladi. Soʻnggi tadqiqotlardan bajariluvchi fayllarning oʻxshashligini oʻlchash masalasida keng tarqalgan *fuzzy hashing* usullari sezilarli kamchiliklarga ega ekanligini koʻrish mumkin[3].

Xususan, kontekstga asoslangan boʻlakli hashing (*Context-Triggered Piecewise Hashing*) yondashuvi bajariluvchi fayllarni taqqoslash uchun yetarli darajada ishonchli emas deyishimizga asos bor. Chunki hatto zararsiz oʻzgarishlar ham dastlabki faylning bayt darajasidagi qiymatiga katta taʼsir koʻrsatadi. Oʻzgarishlar zararsiz yoki zararli dasturiy koddagi oʻzgarishlar turli kompilyatorlar yoki oʻzgartirilgan kompilyator sozlamalari natijasida yuzaga kelishi mumkin. Statistik jihatdan kam uchraydigan xususiyatlarni chiqarib olishga asoslangan yondashuvlar yoki *n-gramma* gistogrammalari kompilyatsiya sozlamalari va dasturiy koddagi oʻzgarishlarga qarab farqlanuvchi bajariluvchi fayllarni aniqlashda yaxshiroq natijalar koʻrsatmoqda[4].

Shunga qaramay, bajariluvchi fayllarni taxminiy moslashtirish usullari yanada aniqroq xulosalar berish imkonini bermaydi, yaʼni bayt darajasida oʻzgartirilgan joylarni yoki modifikatsiyalangan fayldagi kichik farqlarni ajratib koʻrsatish qobiliyatiga ega emas.

Tasodifiy fayllarni aniqlash, zararli kodni tasniflash yoki qayta ishlatilgan kodlarni aniqlash uchun turli yondashuvlar taklif qilingan. Aksariyat hollarda ushbu yondashuvlar orasida taxminiy moslashtirish usullari tavsiya etiladi. Mazkur algoritmlar xavfsizlik va raqamli kriminalistika sohasida muhim rol oʻynaydi. Soʻnggi yillarda yangi sxemalar va ularning variantlari taklif qilindi. Ammo ushbu algoritmlarning bajariluvchi fayllarga nisbatan qoʻllanilishi koʻpincha turli natijalarni koʻrsatgan. Garchi *ssdeep* kabi keng qoʻllaniladigan dastlabki implementatsiyalar mavjud boʻlsada, ularning qoʻllanilish doirasi koʻpincha muhokama qilinib, kengaytirilgan baholashlarni talab qilgan. Soʻnggi tadqiqotlar ushbu usullarning obroʻsi va foydalanish qulayligidagi nomuvofiqliklar sabablarini yoritib beradi[11].

Dastlab ma'lumotlarni qisqartirish, fragmentlarni aniqlash yoki raqamli to'plamlarning o'xshashligini tahlil qilish uchun ishlab chiqilgan ko'plab *fuzzy hashing* sxemalari bajariluvchi fayllarning turli hayotiy bosqichlarini samarali tarzda qayta ishlay olmaydi. Yangi sxemalar esa asosiy ketma-ketliklarning ehtimoliy randomizatsiyasini inobatga olib, bayt darajasida yuzaga keladigan farqlarni yumshatadi. Ayniqsa, *tlsh* - *Trend Micro'ning Locality Sensitive Hashing* sxemasi mustahkamlik jihatidan sezilarli ustunlikka ega. Chunki, uning asosiy algoritmi *n-gramma* xususiyatlarini ajratib olish va chastotaga asoslangan o'xshashlikni taqqoslash orqali farqlarni muvozanatlashtiradi.

Tadqiqotlarda binar yoki zararli dasturlarni tahlil qilish kontekstida turli sxemalarning qo'llanilishi muhokama qilingan. Ushbu sohada asosiy vakil sifatida *ssdeep* hanuzgacha yetakchi o'rinda turadi. O'tgan davrlarda turli yondashuvlarning baholanishi natijasida noaniq natijalar va tushunmovchiliklar yuzaga kelgan. Ko'pincha moslashtirish natijalari aniq izohlar berilmasdan e'lon qilinadi. Bu esa ma'lum bir sxemalarning nima sababdan turli ssenariylar uchun turlicha ishlashini tushunishni qiyinlashtiradi. Bundan tashqari, sinov ssenariylari ishlatilgan ma'lumotlar to'plami va test metodologiyasiga qarab keng miqyosda farq qilishi mumkin[5].

Turli nashrlar, ularning baholari va natijalari bo'yicha batafsil ma'lumot olish uchun Pagani va boshqalar ishiga murojaat qilish tavsiya etiladi. Asl *mrsh-v2* sxemasi Kontekstga asoslangan bo'lakli hashing *Context-Triggered Piecewise-Hashing* usulining a'zosi hisoblanadi va berilgan kiritish ma'lumotlarining bayt ketma-ketligi ustida ishlaydi. Ushbu sxema berilgan ketma-ketlikni belgilangan modul b asosida bo'laklarga ajratadi. Algoritm bayt oqimida siljuvchi tartib asosida ishlaydi. Ketma-ketlikni baytma-bayt kuzatadi va bir vaqtda 7 ta ketma-ket baytni qayta ishlaydi. Joriy oynadagi ma'lumotlar *Pseudo Random Function*, *PRF* yordamida xeshlanadi va natijada 0 dan b gacha bo'lgan qiymat qaytariladi. Ushbu qiymat tetik nuqtani aniqlaydi va shu tariqa joriy bo'lakning chegarasini belgilaydi. Agar *PRF* psevdoto'ldirish ishlasa, tetik nuqtaning ehtimolligi b ga teskari proporsional bo'lib, har bir bo'lakning hajmi taxminan b baytga teng bo'ladi.

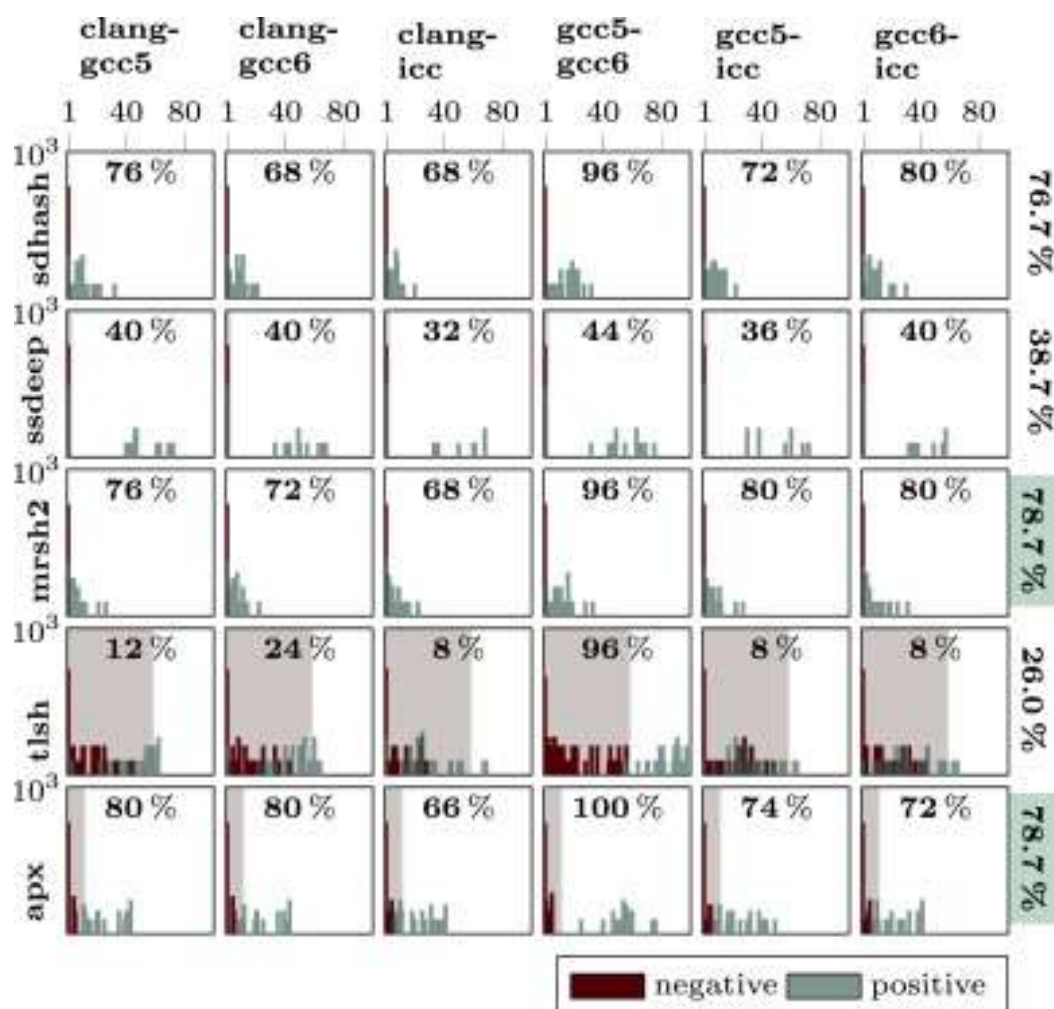
Ushbu umumiy konsepsiya ikki asosiy zaiflikni o'z ichiga oladi: birinchidan, bayt tuzilmasidagi kichik o'zgarishlar *PRF* tomonidan belgilangan bo'lak chegaralarining to'liq o'zgarishiga olib kelishi mumkin. Ikkinchidan, bo'lak chegaralari turlicha bayt tomonidan bevosita ta'sirlanmasa ham, bitta bayt joriy ketma-ketlikni o'zgartiradi va natijada *CHF* tomonidan yaratilgan bo'lak xesh qiymatini ham o'zgartiradi.

Bizning prototipimiz turli obyekt fayllari yoki matn bo'limlarida kutubxonalarini aniqlash jarayonida barcha boshqa sxemalardan ustunlilarga ega ekanligini ko'rish mumkin. Tadqiqotlar tahlili asosida quyidagi jadvalda ko'rsatilganidek, nisbatan yuqori haqiqiy musbatlik darajasini saqlagan holda nol noto'g'ri musbatlikni ta'minlovchi chegaraviy qiymatlarni o'rgandik. Dastlabki *mrsh-v2* implementatsiyasiga o'xshab, *apx-bin* yordamida barcha fayllar qayta ishlanishi mumkin.

2-jadval. Haqiqiy va noto'g'ri musbatlik darajasi natijalari

Algoritm	.o		.text		Err %
	TPR %	FPR %	TPR %	FPR %	
ssdeep	0	0	0	0	0
mrsh-ve	11.7	0.5	7.7	0.2	0
sdhash	12.8	0	24.4	0.1	53.9
tlsh	0.4	0.1	0.2	0.1	41.7

Quyida keltirilgan grafiklarda turli optimallashtirish darajalari va turli sxemalar o'rtasidagi o'xshashlikni vizuallashtirilgan. Foiz qiymati nol noto'g'ri musbatlik bilan haqiqiy musbatlik darajasini bildiradi. Rangli soha noto'g'ri moslikning eng yuqori o'xshashlik ballini tavsiflaydi. Bunda, y o'qi 0 dan 1000 gacha mosliklar sonini, x o'qi esa o'xshashlik ballini ko'rsatadi.



3-rasm. Turli optimallashtirish darajalari va turli sxemalar o'rtasidagi o'xshashlik

Rasmdan ko'rinib turibdiki, apx-bin va mrsh-v2 algoritmlari barcha natijalar bo'yicha

barqarorlikni ifodalamoqda. O'rtacha ball modeli barcha boshqa yondashuvlardan ustun kelib, o'rtacha haqiqiy musbatlik darajasi 61,6% ni tashkil etdi.

Ma'lumotlarning sizib chiqishini aniqlash uchun foydalaniladigan usullardan biri - bu taxminiy fayllarni moslashtirish texnikasi hisoblanadi. Ushbu usul PDF yoki Word hujjatlari kabi sizib chiqqan fayllarni aniqlashda qo'llaniladi. Ushbu texnikaning ikki bosqichi mavjud[9].

Birinchi bosqichda ma'lum fayllardan ma'lum xususiyatlarni ajratib olish orqali signaturalar yoki imzolar yaratiladi. *Ikkinchi bosqichda* yangi fayllarning signaturalari birinchi bosqichda olingan mavjudlari bilan solishtiriladi. Solishtirish natijalari 0 dan 100 gacha bo'lgan diapazonda baholanadi. Boshqacha aytganda, ikki faylni solishtirish natijalari yuqori bo'lsa, ular bir-biriga o'xshash hisoblanadi. Aksincha, natijalar past bo'lsa fayllar bir-biriga o'xshash emas deb baholanadi.

Ushbu ishda Mrsh-v2 (*Ko'p o'lchamli o'xshashlik xeshlash*) algoritmi xususiyatlari o'rganilib, baholanadi. Bu algoritm taxminiy moslashtirish texnikasi asosida ishlaydigan usullardan biri hisoblanadi[6].

Ushbu algoritmning birinchi bosqichida kirish ma'lumotlari baytlar ketma-ketligini ($b_1, b_2, \dots, b_n$) o'z ichiga oladi va ular bir nechta oraliqlarga bo'linadi va guruhlanadi. Har bir oraliq uzunligi 7 baytdan iborat. Keyin ushbu oraliqlar ($w_1, w_2, \dots, w_m$) *rolling hash algoritmi* g'oyasi asosida guruhlanadi. Ushbu g'oya eski oraliqning birinchi elementini olib tashlash va yangi elementni qo'shib, yangi segment yaratishga asoslangan[7].

Segmentning elementlari hajmi har bir segment uchun *psevdo-tasodifiy funksiyani* (PRF) hisoblash va segment hajmini (c) belgilash orqali aniqlanadi. Agar PRF (ma'lum bir element uchun) $\equiv -1 \pmod{c}$ bo'lsa, yangi elementlarni segmentga qo'shish to'xtatiladi. Aks holda, yangi elementlarni qo'shish davom ettiriladi. Har bir segment keyinchalik *FIN algoritmi* yordamida xeshlanadi. Asosiy maqsad segment hajmini 160 baytga va signatura hajmini 0,5 ga teng qilishdir.

Algoritmning ikkinchi bosqichini amalga oshirish uchun *bloom filter* g'oyasidan foydalanilgan. *Bloom filter* to'plam a'zoliklarini tekshirish usuli hisoblanadi. Bu usul kirish ma'lumotlari va mustaqil xeshlash funksiyalariga asoslanadi. Tasavvur qilaylik, elementlar to'plami E bilan belgilanadi va barcha elementlar (n) dastlab false qiymatiga ega bo'ladi. Bundan tashqari, mustaqil xeshlash funksiyasi xeshlash funksiyalari to'plamini ($Hf_1, Hf_2, \dots, Hf_n$) o'z ichiga oladi va bizga 0 dan $n-1$ gacha bo'lgan tasodifiy sonlarni beradi. To'plamdagi har bir element (e) uchun $Hf(e)$ natijasi E to'plamidagi indeks raqamni beradi va biz ushbu pozitsiyadagi elementni *true* qilib belgilaymiz.

Ikkinchi bosqich yangi fayllarning signaturalarini mavjud signaturalar bilan solishtirishdan iborat. Ushbu bosqichni amalga oshirish uchun *ikkita bloom filtri* - $E1$ va $E2$ qo'llaniladi. $e1$ va $e2$ mos ravishda $E1$ va $E2$ filtrlarida *true* qiymatiga ega bo'lgan bitlar sonini ifodalaydi. Ushbu filtrlar orasida umumiy *true* qiymatiga ega bo'lgan bitlar soni esa $k = e1 \cap e2$ orqali aniqlanadi.

Bloom filtri - bu ma'lumotlar to'plamiga elementlarning a'zolik holatini samarali tarzda

tekshirish uchun ishlatiladigan probabilistik ma'lumotlar strukturasi. Bloom filtri, asosan, elementning to'plamga kirishini tekshirishda ishlatiladi. Lekin u noaniqlikni o'z ichiga oladi, ya'ni ba'zan noto'g'ri ijobiy javob (false positive) berishi mumkin, lekin noto'g'ri salbiy javob (false negative) bermaydi.

E1 va E2 filtrlarini solishtirish uchun k ma'lum bir o'zaro taqqoslash balli (S) bilan solishtiriladi. Agar k qiymati S dan katta bo'lsa, o'xshashlik darajasi yuqori deb baholanadi. Aks holda, o'xshashlik darajasi 0 deb qabul qilinadi.

S qiymati E1 va E2 orasida tasodifan mos tushgan maksimal (Max) va minimal (Min) bitlar soniga asoslanib hisoblanadi. Shu tariqa o'xshashlikni aniqlash uchun zarur bo'lgan mezonlar aniqlanadi.

$$S = \beta * (Max - Min) + Min \quad (1)$$

bu yerda $\beta = 0.3$ bo'lib, u tajribalar natijasida eng yaxshi ko'rsatkich sifatida aniqlangan. Max quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin:

$$Max = \min(e1, e2) \quad (2)$$

Biroq, Min quyidagi formula yordamida hisoblanishi mumkin:

$$Min = n * (1 - q^{(Hf * e1\$)} - q^{(Hf * e2\$)} + q^{Hf(e1\$ + e2\$)}) \quad (3)$$

Bu yerda n - bloom filtri bitlarining soni va Hf - ilgari bloom filtrining tavsifida keltirilgan xeshlash funksiyalarining o'lchami. $e1\$$ - Bloom filtri E1 uchun elementlar soni, va $e2\$$ - E2 uchun elementlar soni. Nihoyat, q - yangi element qo'shilganda Bloom filtrida ba'zi bitlarning hali ham *false* yoki nol bo'lish tezligi bo'lib, bu quyidagi formulaga asosan aniqlanadi.

$$q = (1 - 1/n) \quad (4)$$

Mrsh-v2 algoritmi confusion matrix (teskari tasniflash jadvali) yordamida baholanadi[8]. Confusion matrix baholashda foydalanish mumkin bo'lgan bir qancha metrikalarga ega bo'ladi. True positive (TP), false positive (FP), false negative (FN), true positive rate (TPR) yoki sensitivlik yoki recall, false positive rate (FPR) yoki fall-out yoki false alarm ehtimoli va false negative rate (FNR) yoki miss rate - bularning barchasi baholashda ishlatilgan metrikalardan ayrimlaridir.

- *TP (True positive)* - algoritm tomonidan to'g'ri aniqlangan fayl. Boshqacha aytganda, aniqlangan fayl ma'lumotlar bazasida saqlangan faylga o'xshash bo'ladi.

- *Sensitivlik yoki recall* - ma'lumotlar bazasida mavjud bo'lgan fayllar bilan o'xshashlikka ega bo'lgan fayllar soni yoki ulushi.

- *FP (False positive)* - Mrsh-v2 algoritmi tomonidan aniqlangan fayllar, ammo ular ma'lumotlar bazasida mavjud emas.

- *Fall-out yoki false alarm ehtimoli* - algoritmi tomonidan aniqlangan fayllar soni yoki ulushi, lekin ular ma'lumotlar bazasida mos keladigan faylga ega emas.

- *FN (False negative)* - Mrsh-v2 algoritmi tomonidan aniqlanmagan, ammo ma'lumotlar bazasida mavjud bo'lgan fayllar.

- *Miss rate* - ushbu algoritmi tomonidan aniqlangan, ammo ma'lumotlar bazasida mavjud bo'lmagan fayllar soni.

Tahlil va natijalar muhokamasi

Mrsh-v2 algoritmi tarmoq muhitida va *TS dataset* yordamida baholanadi. *TS dataset* onlayn tarzda jamoat uchun mavjud bo'lgan ma'lumotlar to'plami hisoblanadi. Ushbu to'plamda pdf, exe, doc, gif, xls, ppt va txt kabi turli fayllar mavjud. *TS dataset* dan taxminan uch mingta fayl tarmoq orqali uzatildi va taxminan ikki yuz to'qson ming paket ishlab chiqildi. 290100 paketdan 249670 tasi, ma'lumotlar to'plamida mavjud bo'lgan turli fayllarni o'z ichiga olgan, Mrsh-v2 algoritmi tomonidan to'g'ri aniqlangan.

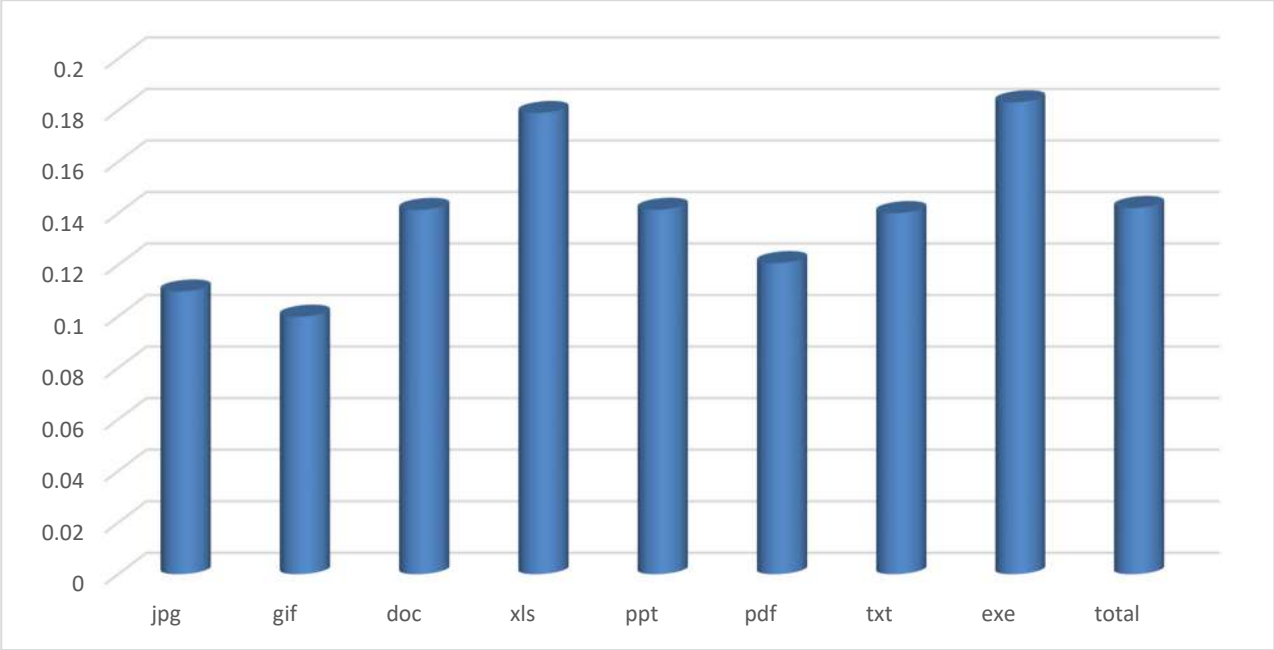
Biroq, 40643 paket turli fayllarni uzatgan bo'lsada, Mrsh-v2 tomonidan aniqlangan fayllarning ayrimlari ma'lumotlar to'plamida mavjud emas. Boshqa tomondan, 29031 paket fayllar mavjud bo'lishiga qaramay Mrsh-v2 tomonidan aniqlanmasada, ushbu fayllar ma'lumotlar to'plamida mavjud bo'lishi mumkin.

TPR yoki sensitivlik qiymati 1 dan 0.85 bo'lib, bu quyidagi jadvalda ko'rsatiladi. Bu shuni anglatadiki, Mrsh-v2 algoritmi tomonidan turli tipdagi fayllar to'g'ri aniqlanadi. Biroq, FPR va FNR qiymatlari mos ravishda 1 dan 0.14 va 0.1 bo'ldi. Bu Mrsh-v2 algoritmi turli fayl turlariga nisbatan kam xatoliklar hosil qilishini ko'rsatadi. Mos ravishda Mrsh-v2 algoritmi jpg, gif, va pdf fayllarini to'g'ri aniqlaydi, chunki TPR yuqori va FNR hamda FPR past bo'lishini quyida keltirilgan rasmdan ko'rish mumkin.

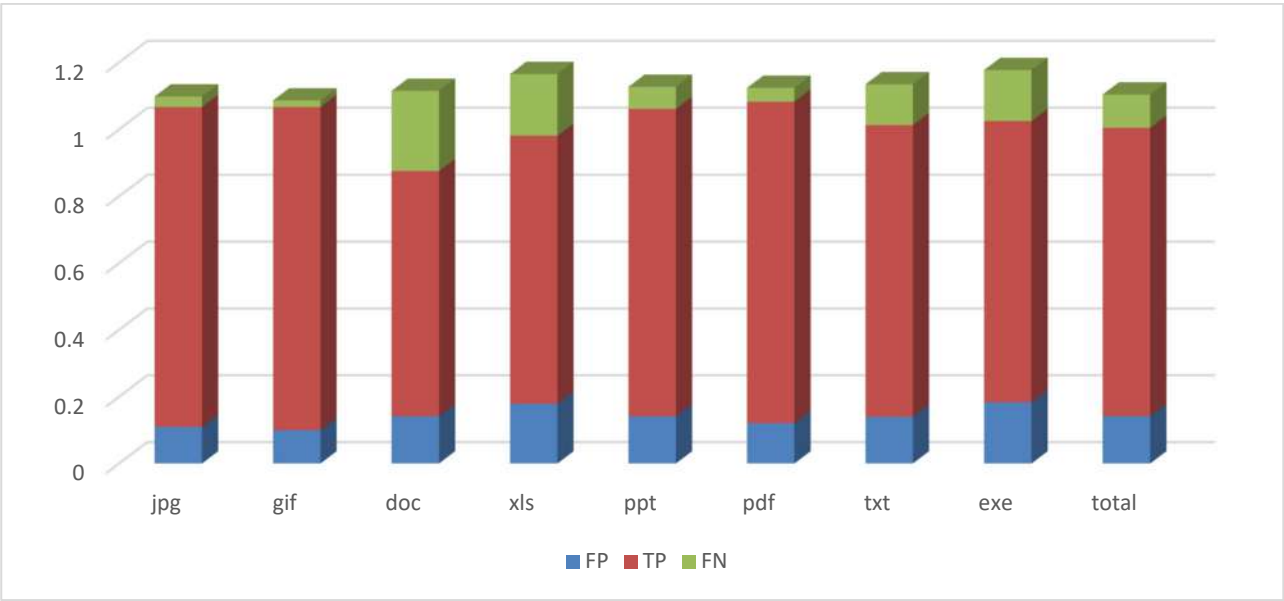
3-jadval. Mrsh-v2 algoritmi asosida olib borilgan tadqiqotlar natijalari

Fayl turi	FP	TP	FN
jpg	31813	277634	9102
gif	28976	280404	5788
doc	41001	212911	69515
xls	51913	232666	53442
ppt	41017	266745	19213
pdf	35012	279014	12003
txt	40643	253187	35307
exe	53111	244103	44234
total	41214	250204	28897

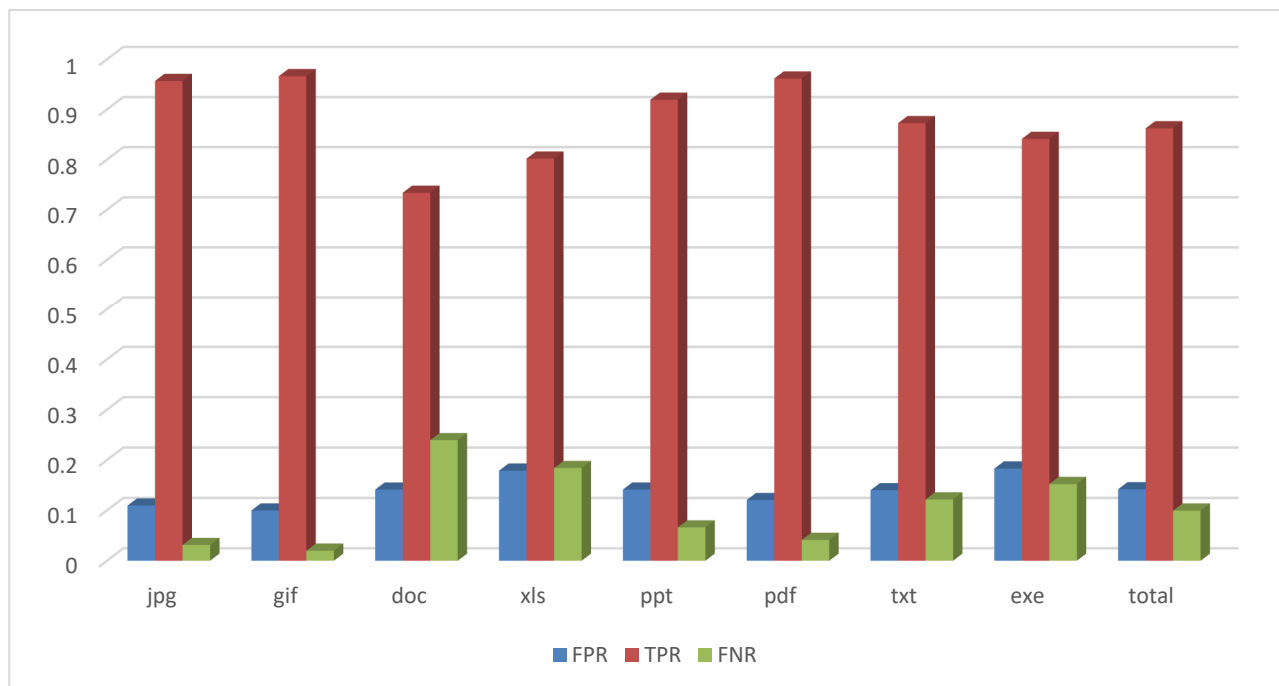
Quyidagi rasmda ushbu jadvalda keltirilgan qiymatlarning vizual ko‘rinishi keltirilgan.



4-rasm. Mrsh-v2 yordamida aniqlangan TPR qiymatlari



5-rasm. Mrsh-v2 yordamida aniqlangan TP, FP va FN ulushi bo‘yicha aniqlangan qiymatlar



6-rasm. Mrsh-v2 yordamida aniqlangan FPR, TPR va FNR qiymatlari

Ma'lumotlar qayerda saqlanmasin ularni himoya qilish nihoyatda muhimdir. Ma'lumotlar uchta asosiy turda saqlanishi mumkin: uzatilayotgan ma'lumotlar, saqlanayotgan ma'lumotlar va foydalanilayotgan ma'lumotlar. Ma'lumotlar nafaqat qonuniy egalar uchun, balki hujumchilar uchun ham muhim hisoblanadi. Data Loss Prevention vositalari sezgir ma'lumotlarni aniqlash uchun samarali vosita hisoblanadi. DLP ma'lumotlar tarkibini tahlil qilishi va administratorlarga qaror qabul qilish uchun, masalan, filtrlash, o'chirish yoki shifrlash kabi vazifalarni amalga oshirish uchun qayta aloqa yuborishi mumkin.

Xulosa va tavsiyalar

DLP texnikalarining bir nechta turlari mavjud. Eng samarali usullardan biri *approximation files matching* texnikasi hisoblanadi. Mrsh-v2 algoritmi ushbu yondashuvning bir misoli sifatida qaraladi. Ushbu algoritm tahlili ochiq manbalarda mavjud bo'lgan TS dataset yordamida amalga oshirildi va baholandi. Confusion matrix natijalari shuni ko'rsatdiki, ushbu algoritm yuqori TP va TPR ko'rsatkichlariga ega. Boshqa tomondan Mrsh-v2 algoritmi past FP, FN, FPR va FNR ko'rsatkichlarini namoyon etishini ko'rish mumkin.

Ushbu tadqiqot natijalari telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini oshirishga qaratilgan bo'lib, quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Telekommunikatsiya tizimlarida axborot xavfsizligini oshirish bo'yicha:

- Kontekstga asoslangan bo'lakli hashing algoritmlarini telekommunikatsiya tarmoqlariga integratsiya qilish bo'yicha, ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonida moslashuvchan bo'laklash mexanizmlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Har xil turdagi ma'lumotlar (matn, audio, video, sensor ma'lumotlari) uchun hashing strategiyalarini optimallashtirish lozim.

- Hisoblash samaradorligini oshirish uchun hashing algoritmlarining yuklama taqsimotini optimallashtirish bo'yicha, Telekommunikatsiya tarmoqlarida ma'lumotlar oqimi yuqori bo'lganligi sababli, paralel ishlov berish va bulutli hisoblash infratuzilmasidan foydalanish taklif etiladi. Ma'lumotlarni bosqichma-bosqich hashing qilish orqali hisoblash yuklamasini kamaytirish mumkin.

2. Kiberxavfsizlik choralari mustahkamlash bo'yicha:

- Kiberhujumlarga qarshi himoya tizimlarida kontekstga asoslangan hashing algoritmlaridan foydalanish, Telekommunikatsiya tarmoqlarida keng tarqalgan DDoS, man-in-the-middle va ma'lumotlarni buzish (tampering) hujumlariga qarshi bardoshli hashing texnologiyalaridan foydalanish tavsiya etiladi. Hashing algoritmlarini anomaliya aniqlash tizimlariga integratsiya qilish orqali tahdidlarni oldindan aniqlash samaradorligi oshiriladi.

- Ma'lumotlarni butunligini ta'minlash va autentifikatsiya tizimlarini kuchaytirish, kontekstga asoslangan hashing texnikalarini foydalanuvchi autentifikatsiyasi va tranzaksiya xavfsizligini oshirish uchun qo'llash tavsiya etiladi. Hashing natijalari orqali elektron imzolar va raqamli guvohnomalarning xavfsizligini oshirish mumkin.

3. Telekommunikatsiya operatorlari va tashkilotlari uchun:

- Yangi hashing algoritmlarini sinovdan o'tkazish va amaliyotga joriy etish, telekommunikatsiya provayderlari uchun tajriba loyihalari (pilot projects) doirasida kontekstga asoslangan hashing algoritmlarini real tizimlarda sinovdan o'tkazish tavsiya etiladi. Telekommunikatsiya infratuzilmasida algoritmlarning tezligi, samaradorligi va kiberhujumlarga chidamliligini baholash uchun maxsus test usullarini ishlab chiqish lozim.

- Regulyator organlar va standartlashtirish tashkilotlari bilan hamkorlik qilish, hashing algoritmlarini mavjud xalqaro axborot xavfsizligi standartlariga (ISO/IEC 27001, NIST 800-53, ETSI TS 103 744) muvofiqlashtirish tavsiya etiladi. Telekommunikatsiya tizimlarida yangi xavfsizlik me'yorlarini ishlab chiqishda ilmiy tadqiqotlar natijalaridan foydalanish lozim.

4. Ilmiy tadqiqotlar va kelajakdagi rivojlanish yo'nalishlari:

- Kontekstga asoslangan hashing algoritmlarini mashinaviy o'rganish (ML) va sun'iy intellekt (AI) bilan integratsiya qilish, katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash uchun neyron tarmoqlar asosida hashing optimallashtirish usullarini ishlab chiqish. Ma'lumotlar oqimidagi anomaliyalarga avtomatik moslashish imkoniyatiga ega bo'lgan algoritmlarni yaratish.

- Kvant hisoblashga qarshi hashing algoritmlarini ishlab chiqish, Kvant kriptografiyasi va



post-kvant hashing texnologiyalarini telekommunikatsiya tizimlariga moslashtirish. Kelajakdagi kvant kompyuterlarning hisoblash quvvatiga mos ravishda bardoshli hashing algoritmlarini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazish.

Tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan tavsiyalar telekommunikatsiya tarmoqlarida axborot xavfsizligini oshirish, hashing algoritmlarining samaradorligini yaxshilash va yangi himoya mexanizmlarini joriy etish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuv real tizimlarga moslashuvchan yechimlar taklif etib, telekommunikatsiya operatorlari, axborot xavfsizligi bo'yicha mutaxassislar va ilmiy tadqiqotchilar uchun amaliy ahamiyatga ega

Adabiyotlar

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 05.10.2020 yildagi "Raqamli O'zbekiston - 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son farmoni.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 31.05.2023 yildagi PQ-167-son "O'zbekiston Respublikasining muhim axborot infratuzilmasi obyektlari kiberxavfsizligini ta'minlash tizimini takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori.

F.Pagani, M.Dell'Amico, D.Balzarotti Beyond precision and recall: understanding uses (and misuses) of similarity hashes in binary analysis // Proceedings of the Eighth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy. – 2018. – C. 354-365

J.Oliver, C.Cheng, Y.Chen TLSH--a locality sensitive hash //2013 Fourth Cybercrime and Trustworthy Computing Workshop. – IEEE, 2013. – C. 7-13.

Vitor Hugo Galhardo Moia and Marco Aurélio Amaral Henriques Similarity Digest Search: A Survey and Comparative Analysis of Strategies to Perform Known File Filtering Using Approximate Matching // Security and Communication Networks Volume 2017, Article ID 1306802, 17 pages.

V. Gupta, "File detection in network traffic using approximate matching," MS Thesis. Institutt for Telematikk, 2013

Basheer Husham Ali, Ahmed Adeeb Jalal, Wasseem N. Ibrahim Al-Obaydy Data loss prevention by using MRSH-v2 algorithm // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 10, No. 4, August 2020, pp. 3615~3622.

K. Ting, "Confussion Matrix," Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining. Springer, Boston, 2017

J. Beeskow, "Reducing Security Risk using Data Loss Prevention Technology," Journal of The Healthcare Financial Management Association, pp. 108-112, 2015

F. Breitinger and H. Baier, "Similarity Preserving Hashing: Eligible Properties and a New Algorithm MRSH-v2," International ICST Conference on Digital Forensics and Cyber Crime, pp. 167-182, 2012.

R. Hiesh, "Improving HIPAA Enforcement and Protecting Patient Privacy in a Digital Healthcare Environment," Loyola University Chicago Law Journal, vol. 46, no. 1, pp. 175-223, 2014

N. Wynne and B. Reed, "Magic Quadrant for Content-Aware Data Loss Prevention," Gartner Research, 2019.



Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 05.10.2020 yildagi "Raqamli O'zbekiston - 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son farmoni.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 31.05.2023 yildagi PQ-167-son "O'zbekiston Respublikasining muhim axborot infratuzilmasi obyektlari kiberxavfsizligini ta'minlash tizimini takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarori.
3. F.Pagani, M.Dell'Amico, D.Balzarotti Beyond precision and recall: understanding uses (and misuses) of similarity hashes in binary analysis // Proceedings of the Eighth ACM Conference on Data and Application Security and Privacy. – 2018. – C. 354-365
4. J.Oliver, C.Cheng, Y.Chen TLSH--a locality sensitive hash //2013 Fourth Cybercrime and Trustworthy Computing Workshop. – IEEE, 2013. – C. 7-13.
5. Vitor Hugo Galhardo Moia and Marco Aurélio Amaral Henriques Similarity Digest Search: A Survey and Comparative Analysis of Strategies to Perform Known File Filtering Using Approximate Matching // Security and Communication Networks Volume 2017, Article ID 1306802, 17 pages.
6. V. Gupta, "File detection in network traffic using approximate matching," MS Thesis. Institutt for Telematikk, 2013
7. Basheer Husham Ali, Ahmed Adeeb Jalal, Wasseem N. Ibrahim Al-Obaydy Data loss prevention by using MRSH-v2 algorithm // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 10, No. 4, August 2020, pp. 3615~3622.
8. K. Ting, "Confussion Matrix," Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining. Springer, Boston, 2017
9. J. Beeskow, "Reducing Security Risk using Data Loss Prevention Technology," Journal of The Healthcare Financial Management Association, pp. 108-112, 2015
10. F. Breitinger and H. Baier, "Similarity Preserving Hashing: Eligible Properties and a New Algorithm MRSH-v2," International ICST Conference on Digital Forensics and Cyber Crime, pp. 167-182, 2012.
11. R. Hiesh, "Improving HIPAA Enforcement and Protecting Patient Privacy in a Digital Healthcare Environment," Loyola University Chicago Law Journal, vol. 46, no. 1, pp. 175-223, 2014
12. N. Wynne and B. Reed, "Magic Quadrant for Content-Aware Data Loss Prevention," Gartner Research, 2019.

*Muallif***Barxayotjon Uzakov**

Muhammad Al Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti, Toshkent, 100208,
O'zbekiston;
barhayotuzoqov@gmail.com

NEFT QAYTA ISHLASH SANOATIDAGI REKTIKATSIYA KOLONNASI JARAYONINING MATEMATIK MODELLARI

Annotatsiya: Maqolada aylanmali quvurdagi buralgan oqimning matematik modeli ishlab chiqilgan bo'lib, u o'q va azimutal tezliklarning taqsimlanishini aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, mini-neftni qayta ishlash qurilmasining rektifikatsiya kolonnasi harorat maydonidagi diffuziya va rektifikatsiya jarayonlarining matematik modeli ishlab chiqilgan, bu esa rektifikatsiyaning samarali rejimini aniqlashga yordam beradi. Bundan tashqari, neftni ajratishda raqobatlashuvchi diffuziya va rektifikatsiya jarayonlarining modeli yaratilgan bo'lib, u neft mahsulotlarining yengil fraksiyalari chiqishining hajmiy ulushlarini bashorat qilish imkoniyatini taqdim etadi.

Kalit so'zlar: diffuziya va rektifikatsiya jarayoni, azimutal tezlik, neft mahsulotlari fraksiyasi, rektifikatsiya kolonnalari, bug'-suyuqlik oqimlari, issiqlik generatori, markazdan qochma maydon, kinetik energiyalar.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

ishga tushirishdan iborat [1, 2 Uzakov]. Keyinchalik, vorteks trubkasida yoki soplus distillash ustuniga kirish moslamasida aylanayotgan barqaror holatdagi ekssimetrik oqimni matematik modellashtirish o'rganiladi [3]. Suyuqlikning tezlik va uyurmalanish bilan harakatining umumiy vector $\bar{u}$ tenglamasi quyidagi $\bar{\omega}$ ko'rinishga ega:

$$\bar{u} \times \bar{\omega} - \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} = \nabla \bar{B} \quad (1)$$

Tegishli tezlik (u, v, ω) komponentlari va berilgan uyurmalanish komponentlari bilan silindrik koordinatalarda (r, h, φ) o'qqa simmetrik oqimni ko'rib chiqamiz: $(\omega_r, \omega_h, \omega_\varphi)$

$$\omega_r = \frac{1}{h} \frac{\partial(h\omega)}{\partial h}, \omega_h = -\frac{\partial \omega}{\partial r}, \omega = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\partial u}{\partial h}. \quad (2)$$

Agar tezlikning u va v komponentlari tok funksiyasi $\psi(r, \varphi)$ orqali quyidagicha ifodalansa, massaning saqlanish tenglamasi bajariladi:

$$u = \frac{1}{h} \frac{\partial \psi}{\partial h}, v = -\frac{1}{h} \frac{\partial \psi}{\partial r}. \quad (3)$$

Bundan aylanishning azimutal komponenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\omega_\varphi = -\frac{1}{h} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial h^2} - \frac{1}{h} \frac{\partial \psi}{\partial h} \right). \quad (4)$$

Bu yerda uchta skalyar tenglamani olamiz.

$$u \omega_z - u \omega_\varphi - \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial B}{\partial h}; \quad (5)$$

$$u \omega_h - u \omega_z - \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0; \quad (6)$$

$$u \omega_\varphi - \omega_h - \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial B}{\partial r}. \quad (7)$$

Bu yerda tenglamani quyidagicha qayta yozish mumkin:

$$\frac{d(h\omega)}{dt} = 0. \quad (8)$$

Bunday ko'rinishda (8) markazi simmetriya o'qida va unga normal bo'lgan tekislikda yotuvchi aylana shaklidagi suyuqlik konturi bo'ylab sirkulyatsiyaning doimiyligini ifodalaydi. Barqaror oqim uchun



suyuqlikning har bir zarrasi oqimning simmetriya o'qiga nisbatan o'q tekisligida yotuvchi egri chiziqning aylanishidan hosil bo'lgan sirt $\psi = const$, bo'ylab oqim chizig'i bo'ylab harakatlanadi. U holda (8) va Bernulli teoremasidan quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\frac{1}{2}(u^2 + v^2 + \omega^2) + \frac{P}{\rho} = B(\psi); \quad (9)$$

$$h\omega = A(\psi).$$

Bu yerda (4) dan to'k funksiyasiga nisbatan tenglamani olamiz:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial h^2} - \frac{1}{h} \frac{\partial \psi}{\partial h} = h^2 \frac{dB}{d\psi} - A \frac{dA}{d\psi}. \quad (10)$$

Butun oqim maydonida qo'llaniladigan (10) tenglama silindrik sohada murakkab bo'lmagan almashtirishlar orqali Bessel tenglamasiga keltiriladi.

$$\frac{d^2 \Phi}{dh^2} + \frac{1}{h} \frac{d\Phi}{dh} + (K^2 - \frac{1}{h^2})\Phi = 0, \quad (11)$$

umumiy yechimga ega bo'lgan

$$\Phi = cJ_1(kh) + \mathcal{A}Y_1(kh), \quad (12)$$

Bu yerda J_1 va Y_1 1 va 2-turdagi Bessel funksiyalari; Φ ifodadan aniqlanadi

$$\psi(z, h) = \frac{1}{2}uh^2 + h\Phi(r, h), k = 2 \frac{\omega_1}{u_1}$$

Oxir-oqibat silindrik sohadagi o'q tezligi uchun quyidagiga ega bo'lamiz

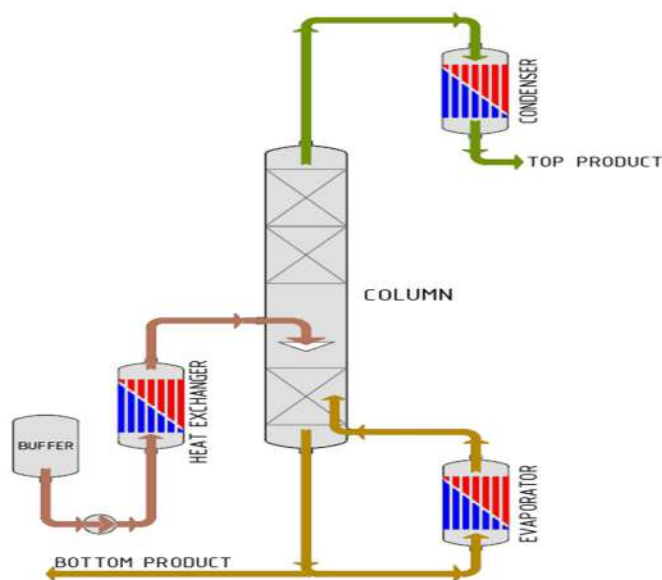
$$\bar{u} = u_1 + \frac{1}{h} \frac{d}{dh} [chJ_1(kh) + \mathcal{A}hY_1(kh)]; \quad (13)$$

azimutal tezlik uchun

$$\bar{\omega} = \omega_1 h + kcJ_1(kh) + kB Y_1(kh), \quad (14)$$

Bu yerda u_1 va ω_1 suyuqlikning o'zgarmas o'q tezligi va butun jism sifatida aylanish burchak tezligi. Shunday qilib, o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida biz o'q va azimutal tezlik taqsimoti uchun ifodani olamiz va shu bilan aylanma harakat kinetik energiyasining bir qismini issiqlik energiyasiga

aylantirish orqali jarayonni texnologik boshqarish imkoniyatini ochadi. Zamonaviy neftkimyo sanoatida aralashmalarni ajratish va turli tozalikdagi individual moddalarni olish jarayonlari asosiy o'rinni egallaydi. Shu bilan birga, tobora toza moddalar olish tendensiyasi yaqqol namoyon bo'lmoqda. Ajratish jarayonlari orasida rektifikatsiya asosiy o'rinni egallaydi va uning miqdoriy ulushi 90% atrofida bo'ladi. Bu rektifikatsiya jarayonlarining yetarlicha universalligi va moddaning ulkan massa oqimlarini qayta ishlash qobiliyati bilan izohlanadi [4,5 Uzakov]. Rektifikatsiya asosida moddalarni suyuqlikdan bug'ga aylantirish (bug'lanish) va aksincha (kondensatsiya) yo'li bilan ajratish imkoniyati yotadi. Bu har bir moddaning o'ziga xos to'yingan bug' bosimiga ega ekanligi tufayli sodir bo'ladi. Moddaning to'yingan bug'lari bosimi uning qaynash haroratini, boshqa moddalar bilan aralashmadagi bug'lar miqdorini belgilaydi. Rektifikatsiya kolonnalarini qo'llash bilan issiqlik va massa almashinish jarayonlari fazo va vaqt bo'yicha birlashtirilgan. 1-rasmda mini-neftni qayta ishlash qurilmasining soploli rektifikatsiyalash kolonnasining original sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Asosiy rektifikatsiya kolonnasi sxemasi.

Bunday turdagi massa almashinish texnikasi qiya panjaralarda gaz va suyuqlik o'zaro ta'sirining gidrodinamik prinsipini amalga oshirishga va bug'-suyuqlik oqimining barqaror harorat zonasidan o'tish vaqtini oshirishga imkon beradi. Oqimning keramik nasadkalarga tegish (tormozlanish) paytida aylanma harakat kinetik energiyasining bir qismi issiqlik energiyasiga aylanadi. Bir vaqtning o'zida rektifikatsiya jarayoniga harorat ta'siri sodir bo'ladi. Sonli usullarning jadal rivojlanishi va ularning fanning turli sohalarida qo'llanilishi zamonaviy EHMlarda matematik modellashtirish va hisoblash eksperimentiga olib keldi. Rektifikatsiya kolonnasida neft kolonna balandligi bo'yicha (ya'ni faqat vertikal bo'yicha) komponentlarga ajratilganligi sababli, ushbu

masalani bir o'lchovli deb qarash mumkin (1-rasmda). Ichi g'ovak muhit (neft) bilan to'ldirilgan ichi bo'sh nay berilgan bo'lsin. Vaqtning har bir momentida eritma (neft) ning konsentratsiyasi nayning kesimi bo'yicha bir xil deb faraz qilinadi. Eritmani (neftni) ajratish jarayonini o'q bo'ylab o_x, S ko'rib chiqamiz - naycha kesimining maydoni, (x_1, x_2) elementar qism. Neft turli harorat rejimlari yordamida tarkibiy qismlarga ajratiladi va bunda ko'p marotaba bug'lanish va kondensatsiyalanish sodir bo'ladi, bu esa ikkita raqobatlashuvchi jarayonni, ya'ni diffuziya va rektifikatsiyani keltirib chiqaradi. Ammo rektifikatsiya jarayonining "muvaffaqiyatli" kechishi uchun shunday sharoitlarga rioya qilish kerakki, bunda rektifikatsiya jarayoni diffuziya jarayonidan ustunlik qilsin.

Buning uchun diffuziya va rektifikatsiya jarayonlarini ketma-ket ko'rib chiqamiz. Agar muhit gaz bilan notekis to'ldirilgan bo'lsa, u holda konsentratsiyasi yuqori bo'lgan joydan konsentratsiyasi past bo'lgan joyga diffuziya sodir bo'ladi. Agar hajmda erigan moddaning konsentratsiyasi o'zgarmas bo'lsa, eritmalarda ham xuddi shunday hodisa ro'y beradi. Vaqtning istalgan paytida gaz (eritma) ning konsentratsiyasi nayning ko'ndalang kesimi bo'ylab bir xil deb faraz qilib, ichi kovak nayda yoki g'ovak muhit bilan to'ldirilgan nayda diffuziya jarayonini ko'rib chiqamiz. G'ovaklik keramik material bilan to'ldirilgan konussimon "archa" turidagi varaqlar orasidagi bo'shliqning mavjudligi bilan bog'liq. U holda diffuziya jarayoni vaqt momentida t kombinatsiyada ifodalovchi x funksiya $u(x, t)$, bilan tavsiflanishi mumkin. Nernst qonuniga ko'ra, kesimdan vaqt $(t, t + \Delta t)$, oralig'ida x oqib o'tayotgan gazning massasi ga teng.

$$dQ = -D \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) S dt = W S dt, \quad (15)$$

$$W = -D \frac{\partial u}{\partial x}$$

Bu yerda D - diffuziya koeffitsiyenti, S - naychaning kesim yuzasi, $W(x, t)$ - vaqt birligi ichida yuza birligidan oqib o'tadigan gaz massasiga teng bo'lgan diffuziya oqimining zichligi. Konsentratsiyaning ta'rifiga ko'ra, V hajmdagi gaz miqdori ga teng. Bundan, $Q = u \cdot V$; konsentratsiya Δu o'zgarganda naycha qismidagi gaz massasining o'zgarishi (x_1, x_2) ga teng ekanligini olamiz.

$$\Delta Q = \int_{x_1}^{x_2} C(x) \Delta u \cdot S dx,$$

Bu yerda $C(x)$ - g'ovaklik koeffitsiyenti. Uchastkadagi gaz massasining vaqt (t_1, t_2) :oralig'idagi muvozanat (x_1, x_2) tenglamasini tuzamiz.

$$S \int_{t_1}^{t_2} [D(x_2) \frac{\partial u}{\partial x}(x_2, \tau) - D(x_1) \frac{\partial u}{\partial x}(x_1, \tau)] d\tau = S \int_{x_1}^{x_2} C(\xi) [u(\xi, t_2) - u(\xi, t_1)] d\xi.$$

Bundan tenglamani hosil qilamiz.

$$\frac{\partial}{\partial x} (D \frac{\partial u}{\partial x}) = C \frac{\partial u}{\partial t} \quad (16)$$

Diffuziya tenglamasi. Agar diffuziya koeffitsiyenti o'zgaras bo'lsa, diffuziya tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi.

$$u_t = a^2 u_{xx}, \text{ Bu yerda } a^2 = \frac{D}{C}.$$

Agar g'ovaklik koeffitsiyenti, $C = 1$, diffuziya koeffitsiyenti o'zgaras bo'lsa, diffuziya tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$u_t = D u_{xx}.$$

Tenglamaning yechimini topamiz (16)

boshlang'ich shart $u(x, y, z, 0) = \varphi(x, y, z)$ va chegaraviy shart $u_t = a^2 \Delta u$ bilan T soha $t > 0$ ichida Bu yerda $u|_{\Sigma}$, Σ -sohaning chegarasi. Yordamchi masalani ko'rib chiqamiz: tenglamaning notrivial yechimini toping T .

$$u_t = a^2 \Delta u = 0 \quad T \text{ yonida } t > 0 \quad (17)$$

bir jinsli chegaraviy shartni qanoatlantiruvchi $u|_{\Sigma} = 0$ va ko'paytma ko'rinishida taqdim etiladigan $u(M, t) = v(M)T(t) \neq 0$. O'zgaruvchilarni odatdagi usulda ajratib, funksiyalarni $v(M)$ va $T(t)$ aniqlaydigan quyidagi shartlarga kelimiz.

$$\left. \begin{aligned} \Delta v + \lambda v &= 0, v(M) \neq 0 \\ v &= 0 \text{ ha } \Sigma \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$T' + a^2 \lambda T = 0 \quad (19)$$

V funksiyasi uchun xos qiymatlarni aniqlash masalasini olamiz. Masalaning (18) $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, \dots$ xos qiymatlari, uning $v_1, v_2, \dots, v_n, \dots$ xos funksiyalari bo'lsin. Funksiyalar $\{v_n\}$ ortogonal sistemani hosil qiladi. Tegishli funksiyalar $T_n(t)$ ko'rinishga ega $T_n(t) = C_n e^{-a^2 \lambda_n t}$, va yordamchi masala trivial

bo'lmagan yechimga ega.

$$u_n(M, t) = C_n v_n(M) e^{-a^2 \lambda_n^2 t}, \quad (20)$$

Dastlabki masalaning umumiy yechimi quyidagi ko'rinishda bo'lishi mumkin:

$$u_n(M, t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-a^2 \lambda_n^2 t} v_n(M), \quad (21)$$

Boshlang'ich shartni qanoatlantiruvchi

$$u_n(M, 0) = \varphi(M) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n v_n(M), \quad (22)$$

koeffitsiyentlarni topamiz

$$C_n = \frac{\int_T \varphi(M) v_n(M) d\tau_M}{\|v_n\|^2} \quad \text{Bu yerda} \quad \|v_n\| = \left[\int_T v_n^2(M) d\tau_M \right]^{\frac{1}{2}} - \text{funksiyaning normasi}$$

Vn. Shunday qilib, (21) ifoda masalaning yechimini ifodalaydi.

Rektifikatsiya jarayonining asosida moddalarni suyuqlikdan bug'ga aylantirish (bug'lanish) va aksincha (kondensatsiya) yo'li bilan ajratish yotadi. Bu har bir moddaning o'ziga xos to'yingan bug' bosimiga ega ekanligi tufayli sodir bo'ladi. Yuqorida ko'rib chiqilgan modelga ko'ra, X kesim orqali vaqt oralig'ida $(t, t + \Delta t)$, oqib o'tadigan gazning massasi quyidagiga teng:

$$dQ = R \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) S dt = P S dt; \quad (23)$$

$$M = R \frac{\partial u}{\partial x},$$

Bu yerda R - rektifikatsiya koeffitsiyenti, S - naychaning kesim yuzasi, $P(x, t)$ - gaz massasiga teng bo'lgan rektifikatsion oqim zichligi, vaqt birligi ichida maydon birligi orqali o'tadigan. Konsentratsiya ta'rifiga ko'ra, V hajmdagi gaz miqdori quyidagiga teng:

$$Q = u \cdot V.$$

Bundan kelib chiqadiki, konsentratsiya Δu ga o'zgarganda trubka (x_1, x_2) qismidagi gaz massasining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta Q = \int_{x_1}^{x_2} C(x) \Delta u \cdot S dx,$$

Bu yerda $C(x)$ - g'ovaklik koeffitsiyenti.

Uchastkadagi gaz massasining (x_1, x_2) vaqt oralig'idagi (t_1, t_2) muvozanat tenglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$\begin{aligned} S \int_{t_1}^{t_2} [R(x_2) \frac{\partial u}{\partial x}(x_2, \tau) - R(x_1) \frac{\partial u}{\partial x}(x_1, \tau)] d\tau = \\ = S \int_{\tau}^{x_2} C(\psi) [u(\psi, t_2) - u(\psi, t_1)] d\psi, \end{aligned}$$

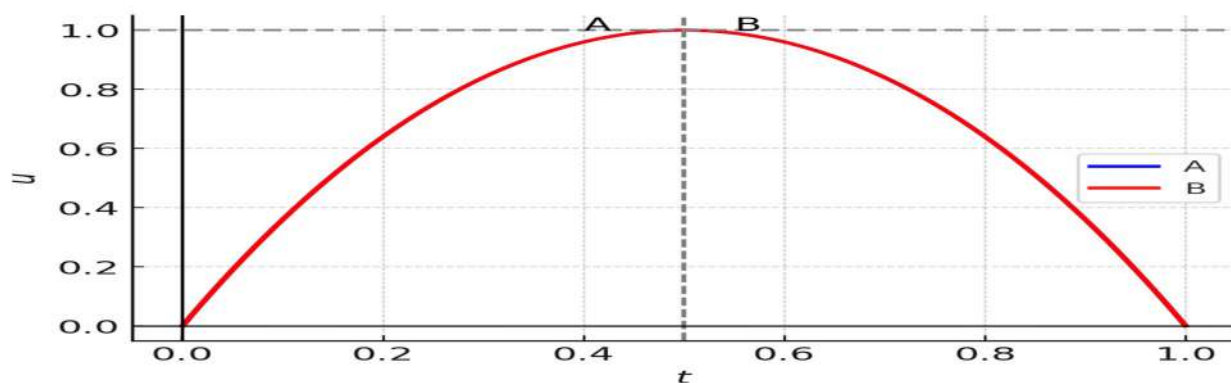
Bundan tenglamani hosil qilamiz

$$-\frac{\partial}{\partial x} (R \frac{\partial u}{\partial x}) = C \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (24)$$

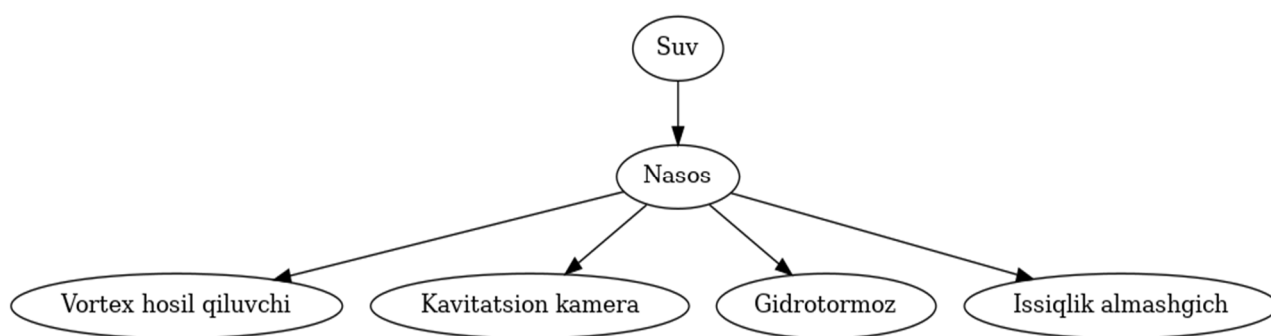
u rektifikatsiya jarayonini tavsiflaydi. (24) tenglamaning yechimi (16) tenglamaning yechimiga o'xshash:

$$u(M, t) = - \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-a^2 \lambda_n^2 t} v_n(M), \quad (25)$$

Tuzilgan dastur va uning "MathCAD" dasturi yordamida sonli amalga oshirilishi natijasida neftni parchalashda ikkita diffuziya va rektifikatsiya jarayonlarining grafiklarini olamiz. Ushbu ikkita raqobatlashuvchi jarayonlarni vaqt bo'yicha sinxronlashtirib, konsentratsiyaning vaqtga bog'liqligining real vaqt masshtabida o'zgarmas haroratda ($T=250^\circ\text{C}$) birlashtirilgan grafigini olamiz (2-rasm). A grafik diffuziya rejimini, A grafik esa diffuziya rejimini ifodalaydi. B rektifikatsiya rejimini ifodalaydi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, u_n qiymatlar rektifikatsiya kolonnasidagi neftning optimal konsentratsiyasiga mos keladi, uning maksimal oshishi kolonnaning "yutilish" jarayoniga olib kelishi mumkin, u_n yuqori qiymatlar esa t parametrning kichik qiymatlarida t_n samarali rektifikatsiya jarayoniga mos keladi. Bunday sharoitda rektifikatsiya jarayoni diffuziya jarayonidan ustunlik qiladi. Shunday qilib, matematik model turli xil texnik vaziyatlarni modellashtirish va amaliy foydalanish uchun tavsiyalar olish imkonini beradi. Jarayonlarni optimallashtirish asosida kolonna ishining samaradorligini oshirish va qo'shimcha xarajatsiz och rangli fraksiyalar chiqishini oshirishni o'z ichiga olgan texnik yechimlarni tavsiya etish mumkin. [8,9 Uzakov]



2-rasm. Diffuziya va rektifikatsiya jarayonlari rejimlari.



3-rasm. Aylanmali issiqlik generatorining blok-sxemasi.

Texnologik jarayonning optimal parametrlariga mini-neftni qayta ishlash qurilmasining rektifikatsiya kolonnasida neft yoki gaz kondensatini qayta ishlashda sodir bo'ladigan harorat maydonida massa almashinuvi jarayonining o'zgarish qonuniyatlarini o'rganish orqali erishish mumkin. Tanlangan yondashuv qurilma va apparatlardagi turli xil texnik holatlarni modellashtirish imkonini beradi, bu esa ularni yanada takomillashtirish va sanoat uchun yangi konstruktorlik yechimlarini tayyorlash uchun zarur shartdir. 3-rasmda nasos, uyurmaltirgich, kavitatsion kamera, gidrotormoz va to'plovchi issiqlik almashtirgichdan, vortex hosil qiluvchidan tashkil topgan aylanmali issiqlik generatorining blok-sxemasi keltirilgan.

Issiqlik generatori harakatlanuvchi va ishqalanuvchi qismlarga ega bo'lib, suyuqlikning bir uchastkadan ikkinchisiga aylanishi hisobiga issiqlik ajralishining ortib boruvchi intensivligi ta'minlanadi, bunda ilgarilanma harakat aylanma-ilgarilanma harakatga aylanadi, kavitatsion kameraga kiruvchi aylanma oqim hosil bo'ladi va olingan ichki va kinetik energiya turli konstruksiyali tormoz qurilmalarida issiqlik energiyasiga doimiy ravishda ishlab turadi. Qurilma markazlashtirilgan suv isitish o'rniga avtonom suv isitish uchun ishlatilishi mumkin. Bu issiqlik tashuvchilarni tashish xarajatlarini bartaraf etish, past samarali kichik qozonxonalardan xalos bo'lish, xizmat ko'rsatuvchi xodimlarni saqlash xarajatlarini kamaytirish va atrof-muhit ekologiyasini yaxshilash imkonini beradi.

Aylanma harakat samaradorligini oshirish uchun rektifikatsiya kolonnasining vertikal o'qiga nisbatan 5° - 15° burchak ostida o'rnatilgan soplo va "siklon" yordamida tangensial tashkil etuvchi bo'yicha xomashyoni kameraga kiritishni nazarda tutuvchi soploli rektifikatsiya kolonnasiga ega bo'lgan mini-neftni qayta ishlash qurilmasining original konstruksiyasi berilgan. Aylanma harakat kinetik energiyasining bir qismini issiqlik energiyasiga aylantirish paytida rektifikatsiya jarayoniga boshqariladigan harorat ta'siri sodir bo'ladi. Asosiy rektifikatsiya kolonnasining ishlashini optimallashtirish va neftni qayta ishlash jarayonlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini massa va issiqlik almashinuvini jadallashtirish orqali yaxshilash va shu bilan och rangli neft mahsulotlarini ajratib olish darajasini oshirish uchun rektifikatsiya kolonnasining pastki qismini kojuxlar ko'rinishida bajarilgan qo'shimcha issiqlik qobig'i bilan jihozlash taklif etildi, kolonna kubidagi mazutni ilonizi isitgichning hisobi amalga oshirildi [Uzakov5, 6].

1-jadval. Mini-neftni qayta ishlash qurilmasining (MNQQ) texnik xususiyatlari keltirilgan.

Ko'rsatkichlar	Qiyamat
Xomashyo quvvati (neft), ming t/yil	15-50
Chi qarish, %:	
- Benzin	20-40
- Dizel yoqilg'isi	30-50
Gaz kondensati quvvati, ming t/yil	15-50
Chi qarish, %:	
- Benzin	25-65
- Dizel yoqilg'isi	20-35
Pech yoqilg'i sarfi, kg/soat	25-35
Aylanuvchi (sovitilgan) suv sarfi, m ³ /soat	25
O'rnatilgan quvvat, kVt	36
Sarflanadigan quvvat, kVt	17
O'lchamlari, m	6x6x15
Qurilmaning massasi, t	15
Kolonna turi	Nassadokli
Issiqlik almashinish apparatlari	Qopqoq bosimli trubkali
Uglevodorod isitgichi	WBO-40H, ikki o'tkazgichli, brulorli

Qurilmani qo'llash rektifikatsiya jarayonining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash, och rangli neft mahsulotlarini ajratib olish darajasini oshirish va energiya sarfini kamaytirish imkonini berishi ko'rsatilgan.

Natija

Aylanmali quvurda buralgan neft va gaz kondensati aralashmasi oqimining matematik modeli ishlab chiqildi, bu soploli rektifikatsiya kolonnasida oqimning o'q va azimutal tezligining taqsimlanishini aniqlash imkonini berdi. Uning asosida rektifikatsiya kolonnasining avtomatik rejimda ishlashida energiya tejamkorligini bir qiymatli tavsiflovchi boshqaruv parametrlari aniqlandi. Mini-neftni qayta ishlash qurilmasining rektifikatsiya kolonnasi harorat maydonida diffuziya va rektifikatsiya jarayonlarining matematik modeli ishlab chiqildi. Ushbu model asosida rektifikatsiyaning samarali rejimi aniqlangan. Mini-neftni qayta ishlash qurilmasining rektifikatsiya kolonnasidagi jarayonni matematik modellashtirish harorat maydonida neftni aniq fraksiyalarga ajratish jarayonini samarali boshqarish imkonini beradi. Jarayonlarni optimallashtirish asosida rektifikatsiya kolonnasining ishlash samaradorligini oshirish va qo'shimcha xarajatlarni jalb qilmasdan och rangli fraksiyalar chiqishini oshirishni o'z ichiga olgan texnik yechimlarni tavsiya etish mumkin. Ishlab chiqilgan matematik model asosida suyuqlikni qizdirish qurilmasini loyihalash bo'yicha tavsiyalar berildi va yengil fraksiyalarni ajratib olish darajasini qo'shimcha xarajatlarsiz oshirish imkonini beruvchi "siklon" yordamida kameraga tangensial tashkil etuvchi bo'yicha neft va gaz kondensati aralashmasini kiritishni nazarda tutuvchi soploli rektifikatsiya kolonnali mini-neftni qayta ishlash qurilmasi taqdim etildi.



Adabiyotlar

1. Редкозубов С.А. Вартанов К.С. Математическое моделирование процесса в ректификационной колонне //Естественные и технические науки. -2007. -№5. -С.242-247.
2. Neft va gaz korxonalarini innovatsion rivojlantirish" xorijiy mamlakatlar tajribasi. Ma'ruza tezisi // "Korxonalarni strategik rejalashtirish va rivojlantirish" Oltinchi Butunrossiya simpoziumi, 2005 yil 12-13 aprel. 3-bo'lim "Rossiya va xorijiy korxonalarda strategik rejalashtirish tajribasi". - M.: 01.05 .
3. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Neft qayta ishlash jarayonini matematik modellashtirish va avtomatlashtirish haqida. // Polsha.2024. No. jild. 48 (2024): Miasto Przyszłości 213-216-betlar.
4. Uzakov B.M, Xoshimov B.M, O'zbekiston neft-gaz tomonidan ishlab chiqarishni moliyalashtirish bo'yicha xorijni o'rganish. //Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Tom: 1 | O'g'il: 1 |10-19 betlar| 2024 yil.
5. Uzoqov B.M. Xoshimov B.M. Distillash ustunining sifat ko'rsatkichlarining virtual analizatorlari modellarini aniqlash usullarini o'rganish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jild: 1 | Nashr: 1 |2024 yil.
6. Uzoqov B.M. Texnologik jarayonlarni operativ boshqarish modellarini texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha moslashtirish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jil: 1 | Muammo: 2 | 2023 yil
7. Yoqubov M.S., Uzoqov B.M., Mahsulot sifati ko'rsatkichlari bo'yicha tezkor boshqaruv ostida neftni qayta ishlash jarayonlarini modellashtirish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali. ISSN 2181 -4252 jild: 1 |Iss: 1 | 2023 yil.
8. Uzoqov B.M Neftni qayta ishlash korxonalarining boshqaruv tizimini takomillashtirish faoliyati // Yevropa iqtisodiyot, moliya va biznesni rivojlantirish jurnali ISSN (E): 2938-3633 2-jild, 5-son, may - 2024 yil
9. M. Yoqubov , B.M. Uzoqov Modellashtirish jarayonlar neftni qayta ishlash da operativ boshqaruv tomonidan ko'rsatkichlar sifat mahsulotlar // Ilmiy- texnik jurnal (STJ FerPI, FarPI ITZH , NTZH FerPI , 2023 yil, T.27 . maxsus soni 2) (40-46 betlar)
10. Uzakov B.M Neft maxsulotlarini ekstraksiyalash jarayonlarini modellashtirish va boshqarish usullarini tahlili./ materiallar. Farg'ona 4-5-may 2023 yil. (459-462 betlar)
11. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi uchun avtomatlashtirilgan matematik modeli va algoritmlash jadvalini hisoblash vazifalari// Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'ona filiali. avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Jild: 1 | O'g'li: 2 | 2024 yil
12. Uzakov B.M. Neftni qayta ishlash jarayonini boshqarish IS tuzatish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'oniy avlodlari" elektron ilmiy jurnali SN 2181-4252 Tom: 1 | O'g'li: 2 | 2024 yil
13. Uzakov BM Neft ishlab chiqarishni ekstraksiyalash jarayoni modellashtirish va boshqarish

Adabiyotlar

1. Редкозубов С.А. Вартанов К.С. Математическое моделирование процесса в ректификационной колонне //Естественные и технические науки. -2007. -№5. -С.242-247.
2. Neft va gaz korxonalarini innovatsion rivojlantirish" xorijiy mamlakatlar tajribasi. Ma'ruza tezisi // "Korxonalarni strategik rejalashtirish va rivojlantirish" Oltinchi Butunrossiya simpoziumi, 2005 yil 12-13 aprel. 3-bo'lim "Rossiya va xorijiy korxonalarda strategik rejalashtirish tajribasi". - M.: 01.05 .
3. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Neft qayta ishlash jarayonini matematik modellashtirish va avtomatlashtirish haqida. // Polsha.2024. No. jild. 48 (2024): Miasto Przyszłości 213-216-betlar.
4. Uzakov B.M, Xoshimov B.M, O'zbekiston neft-gaz tomonidan ishlab chiqarishni moliyalashtirish bo'yicha xorijni o'rganish. //Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'oniylar avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Tom: 1 | O'g'il: 1 |10-19 betlar| 2024 yil.
5. Uzoqov B.M. Xoshimov B.M. Distillash ustunining sifat ko'rsatkichlarining virtual analizatorlari modellarini aniqlash usullarini o'rganish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniylar avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jild: 1 | Nashr: 1 |2024 yil.
6. Uzoqov B.M. Texnologik jarayonlarni operativ boshqarish modellarini texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha moslashtirish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniylar avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181 -4252 Jil: 1 | Muammo: 2 | 2023 yil
7. Yoqubov M.S., Uzoqov B.M., Mahsulot sifati ko'rsatkichlari bo'yicha tezkor boshqaruv ostida neftni qayta ishlash jarayonlarini modellashtirish. // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filialining "Al-Farg'oniylar avlodlari" elektron ilmiy jurnali. ISSN 2181 -4252 jild: 1 |Iss: 1 | 2023 yil.
8. Uzoqov B.M Neftni qayta ishlash korxonalarining boshqaruv tizimini takomillashtirish faoliyati // Yevropa iqtisodiyot, moliya va biznesni rivojlantirish jurnali ISSN (E): 2938-3633 2-jild, 5-son, may - 2024 yil
9. M. Yoqubov , B.M. Uzoqov Modellashtirish jarayonlar neftni qayta ishlash da operativ boshqaruv tomonidan ko'rsatkichlar sifat mahsulotlar // Ilmiy- texnik jurnal (STJ FerPI, FarPI ITZH , NTZH FerPI , 2023 yil, T.27 . maxsus soni 2) (40-46 betlar)
10. Uzakov B.M Neft maxsulotlarini ekstraksiyalash jarayonlarini modellashtirish va boshqarish usullarini tahlili./ materiallar. Farg'ona 4-5-may 2023 yil. (459-462 betlar)
11. Yakubov M.S, Uzakov B.M, Xoshimov B.M, Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi uchun avtomatlashtirilgan matematik modeli va algoritmlash jadvalini hisoblash vazifalari// Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'ona filiali. avlodlari" elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Jild: 1 | O'g'li: 2 | 2024 yil
12. Uzakov B.M. Neftni qayta ishlash jarayonini boshqarish IS tuzatish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali "Al-Farg'oniylar avlodlari" elektron ilmiy jurnali SN 2181-4252 Tom: 1 | O'g'li: 2 | 2024 yil
13. Uzakov BM Neft ishlab chiqarishni ekstraksiyalash jarayoni modellashtirish va boshqarish usullarini tahlili // Muhammad Al-xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari Universiteti Farg'ona filiali Aniq va tabiiy fanlarni rivojlantirishda rejalashtirish texnologiya Ularning o'rni: muammolar va innovatsion yechimlar mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari to'plami 3-qism (556-558 betlar)



Mualliflar

Elmurod Urinov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston; u.elmurod1988@gmail.com

Muhriddin Qulmatov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston.

Mas’ul: u.elmurod1988@gmail.com

O‘ZBEK TILIDAGI MATNLARNI MORFOLOGIK TOKENLASH MASALASI VA YECHIMLARI

Annotatsiya: Ushbu maqola o‘zbek tilidagi matnlarni morfologik tokenlash masalalarini o‘rganish va samarali yechimlar taklif qilishga bag‘ishlangan. O‘zbek tili kabi agglutinatív tillarda tokenlash jarayonining murakkabliklari tahlil qilinib, WordPiece algoritmi asosida ishlaydigan subword tokenlash yondashuvi taklif etildi. Tadqiqotda 80,000 jumalak kórpúsdan foydalanilib, algoritmníng samaradorligi aniqlík, to‘liqlík va F1-skóri mezonlari asosida baholandi. Natijalar WordPiece algoritmining o‘zbek tilida tokenlashda 90.5% F1-skór kórsatganini tasdiqladi, bu esa an’anaviy usullardan sezilarli darajada yuqori natíja ekanligini kórsatdi. Tadqiqot o‘zbek tilini raqamlashtirish va NLP ilovalarini rivojlantirishda muhim qadam bo‘ldi.

Kalit so‘zlar: Morfologik tokenlash, WordPiece algoritmi, subword tokenlash, agglutinatív tillar, tabiiy tilni qayta ishlash, so‘zlarni normallashtirish, lug‘at.



Copyright: © 2024 by the authors.

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

Tokenlash bo'yicha dastlabki ishlar asosan flektiv tillar, xususan, ingliz tiliga qaratilgan bo'lib, bo'shliqqa asoslangan oddiy tokenlash usullari (whitespace tokenization) keng qo'llanilgan. Masalan, Manning va Schütze [1] o'zlarining "Foundations of Statistical Natural Language Processing" kitobida statistik tokenlash usullarini taklif qilib, so'z chastotalariga asoslangan tokenlashning samaradorligini ko'rsatgan. Biroq, bu usullar agglutinatив tillar, xususan, o'zbek tili kabi morfologik jihatdan murakkab tillarga moslashmaganligi tufayli cheklovlarga ega. Agglutinatив tillar bo'yicha tokenlash masalalari bo'yicha bir qator tadqiqotlar turk, fin va vengriya tillariga qaratilgan. Turk tili bo'yicha Oflazer [2] tomonidan ishlab chiqilgan morfologik analizator tokenlashda qoidaga asoslangan yondashuvning samaradorligini ko'rsatdi. Ushbu tizim turk tilining qo'shimchalar tuzilishini aniqlash uchun qoidalar ro'yxatidan foydalanib, so'zlarni ildiz va qo'shimchalarga ajratdi. Shu bilan birga, bu usul qo'lda qoidalar yozishni talab qilishi tufayli dialektlar va imlo xatolarini qamrab ololmaydi. Fin tili bo'yicha Koskeniemi [3] tomonidan ishlab chiqilgan ikki darajali morfologik tahlil (Two-Level Morphology) modeli agglutinatив tillar uchun tokenlashda muhim yutuq bo'ldi. Ushbu model qoidaga asoslangan tahlilni avtomatlashtirishga imkon berdi, lekin katta hajmdagi qoidalar va resurslar talab qilishi tufayli o'zbek tili kabi resurslari cheklangan tillarga moslashishi qiyin.

O'zbek tili bo'yicha tokenlash masalasi bo'yicha tadqiqotlar nisbatan kam bo'lib, bu sohada olib borilgan ishlar asosan umumiy morfologik tahlilga qaratilgan. Masalan, Abdullaev va Xudoyberdiev [4] o'zlarining "O'zbek tilida morfologik tahlilning zamonaviy usullari" maqolasida o'zbek tilining qo'shimchalar tuzilishini tahlil qilib, qoidaga asoslangan tizimni taklif qilgan. Ularning tizimi "kitoblarimda" kabi so'zlarni ildiz va qo'shimchalarga ajratishda 75% aniqlikka erishgan, ammo dialektlar va imlo xatolarini hisobga olmagan. Shu bilan birga, Matlatipov va Vetrov [5] tomonidan o'zbek tili uchun statistik tokenlash usullari bo'yicha olib borilgan tadqiqotda Hidden Markov Models (HMM) qo'llanilgan. Ushbu tadqiqotda o'zbek tilidagi 10,000 jumalalik kichik korpusdan foydalanilgan, lekin etiketlangan ma'lumotlarning cheklanganligi tufayli aniqlik 65% dan oshmagan.

Zamonaviy NLP tadqiqotlarida subword tokenlash usullari (WordPiece, Byte-Pair Encoding – BPE) keng qo'llanmoqda. [6] da mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan BERT modeli subword tokenlashdan foydalangan holda tokenlashda yuqori natijalarga erishdi. Shu bilan birga, BERT modeli asosan ingliz tili kabi resurslari ko'p tillar uchun moslashtirilgan bo'lib, o'zbek tili uchun qo'shimcha o'qitish va moslashtirishni talab qiladi. Turk tili bo'yicha ishlab chiqilgan BERT-Turkish modeli [7] agglutinatив tillar uchun tokenlashda muvaffaqiyatli natija ko'rsatgan bo'lsa-da, o'zbek tili uchun to'g'ridan-to'g'ri qo'llanilishi dialektlar va leksik farqlar tufayli qiyinchiliklarga duch keladi. O'zbek tili bo'yicha tokenlashda mashinaviy o'qitishga asoslangan yondashuvlar bo'yicha bir qator tadqiqotlar olib borilgan bo'lsa-da, ularning aksariyati kichik hajmdagi korpuslar bilan cheklangan. Masalan, Yusupov va Qodirov (2021) o'zbek tilida ijtimoiy tarmoq matnlari uchun tokenlash algoritmini taklif qilib, normalizatsiya qatlamini qo'shgan. Ularning algoritmi "nma" kabi qisqartmalarni "nima" shakliga keltirishda 80% aniqlikka erishgan, ammo morfologik tahlil qilishda cheklovlarga ega bo'lgan. Shu bilan birga, o'zbek tili uchun ochiq manbalarga asoslangan tokenlash vositalari ishlab chiqilgan bo'lsa-da, ularning ko'pi umumiy morfologik tahlil bilan cheklangan va



kontekstli tokenlashni qo'llab-quvvatlamaydi.

Yuqoridagi tadqiqotlarni tahlil qilib, o'zbek tilida tokenlash bo'yicha yechimini topish zarur bo'lgan bir qator muammolar mavjud ekanligini namoyon etadi. Birinchi navbatda, mavjud usullar o'zbek tilining dialektlari va imlo xilma-xilligini to'liq qamrab ololmaydi. Ikkinchidan, belgilangan matn korpuslarning cheklanganligi tufayli mashinaviy o'qitishga asoslangan usullarning samaradorligi past bo'lib qolmoqda. Uchinchidan, kontekstli tahlil qilish imkoniyati cheklangan bo'lib, bu jumlada so'zlarning sintaktik rollarini aniqlashda qiyinchiliklar tug'diradi. Ushbu tadqiqot mavjud kamchiliklarni bartaraf etishga qaratilgan bo'lib, qoidaga asoslangan va mashinaviy o'qitish usullarini birlashtirgan gibril algoritmi taklif qiladi. Tadqiqotning o'ziga xosligi shundaki, u o'zbek tilining morfologik xususiyatlarini, dialektlarini va imlo xilma-xilligini hisobga olgan holda, kontekstli tokenlash imkoniyatini ta'minlaydi va kichik hajmdagi korpuslar bilan samarali ishlashga qodir.

Masalaning qo'yilishi.

O'zbek tili kabi agglutinatitv tillarda tokenlash jarayoni NLP sohasida muhim muammolardan biridir. Tokenlash matnni kichik ma'noli birliklarga (tokenlarga) ajratishni anglatadi va bu jarayon NLP ilovalari, masalan, mashinaviy tarjima, matn tasnifi va chatbot tizimlari uchun asosiy bosqich hisoblanadi. O'zbek tilining morfologik xususiyatlari – ya'ni, so'zlarning qo'shimchalar yordamida murakkab shakllarga aylanishi – tokenlashni an'anaviy usullar bilan amalga oshirishda katta to'siqlar keltirib chiqaradi. Masalan, "o'qituvchilarimga" o'xshash bir so'z "o'qituvchi" (ildiz), "-lar" (ko'plik), "-im" (egallik) va "-ga" (yo'nash) qismlaridan iborat bo'lib, oddiy bo'shliqqa asoslangan tokenlash usullari ushbu qismlarni to'g'ri ajratishga qodir emas. Bu holat so'zning semantik va sintaktik tuzilishini yo'qotishga olib keladi, natijada keyingi tahlil bosqichlarida xatolar paydo bo'ladi. Bundan tashqari, o'zbek tilida tokenlash jarayonida qo'shimcha muammolar mavjud. Birinchi navbatda, hududiy dialektlar (masalan, "qilayapman" – standart shakl, "qoryapman" – Xorazm dialekti) va imlo xatolari (masalan, "nma" – "nima") tokenlashda noaniqliklarga sabab bo'ladi. Ikkinchidan, o'zbek tilida belgilangan matnli korpuslarning yetarli emasligi zamonaviy tokenlash usullari, masalan, mashinaviy o'qitishga asoslangan algoritmlarni qo'llashni qiyinlashtiradi. Uchinchidan, qisqartmalar ("ok" – "yaxshi") va punktuatsiya belgilari bilan bog'liq muammolar tokenlash jarayonida qo'shimcha to'siqlarni keltirib chiqaradi.

Yuqorida keltirilgan muammolar o'zbek tilida NLP texnologiyalarini rivojlantirishda sezilarli to'siqlar yaratadi. Mavjud tokenlash usullari – qoidaga asoslangan, statistik yoki subword tokenlash usullari – o'zbek tilining o'ziga xos xususiyatlarini to'liq hisobga olmaydi va ko'pincha past aniqlik ko'rsatadi. Shu sababli, ushbu tadqiqotda quyidagi asosiy muammo qo'yiladi: o'zbek tilining morfologik tuzilishi, dialektlari va resurs cheklovlarini hisobga olgan holda, tokenlash jarayonini yuqori aniqlik va moslashuvchanlik bilan amalga oshiruvchi samarali algoritmi ishlab chiqish. Tadqiqotning maqsadi o'zbek tilida tokenlashning dolzarb muammolarini aniqlash, mavjud usullarni tahlil qilish va yangi gibril yondashuvni taklif qilish orqali ushbu muammoni hal qilishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqot o'zbek tilida morfologik tokenlash muammolarini hal qilish maqsadida gibriddan iborat algoritm ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashga qaratildi. Tadqiqot eksperimental yondashuvga asoslanib, taklif etilgan algoritm real ma'lumotlar to'plami bilan sinovdan o'tkazildi va natijalari mavjud usullar bilan taqqoslandi. Ilmiy tadqiqot jarayonida muammoni aniqlash, yechimlar ishlab chiqish, tajriba o'tkazish va natijalarni statistik o'lchovlar yordamida baholash bosqichlari amalga oshirildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi o'zbek tilining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda tokenlash jarayonini takomillashtirish va uning tabiiy tilni qayta ishlash ilovalarida samarali qo'llanilishini ta'minlashdan iborat.

Tadqiqotda foydalanish uchun o'zbek tilidagi matnlardan iborat maxsus ma'lumotlar to'plami tuzildi. Ushbu to'plamni tuzish jarayonida o'zbek tilidagi turli internet sahifalari, jumladan, o'zbekcha wikipedia maqolalari, yangiliklar saytlari hamda dialektlar va imlo xatolarini ham o'z ichiga olgan ijtimoiy tarmoq postlaridan foydalanildi. Ma'lumotlar to'plami turli xillik, tozalik va yetarli hajm talablariga javob beradigan tarzda tayyorlandi.

Tadqiqotda qoidaga asoslangan morfologik tahlil, subword tokenlash va mashinaviy o'qitish usullarini birlashtirgan gibriddan iborat algoritm ishlab chiqildi. Dastlab, o'zbek tilining grammatik qoidalariga asoslanib so'zlar ildiz va qo'shimchalarga ajratildi. Keyinchalik, WordPiece algoritmi o'zbek tilidagi matnlar bilan qayta o'qitilib, so'z qismlarini aniqlashda qo'llanildi (masalan, "suhbatlarim" → "suhbat", "##lar", "##im"). Shu bilan birga, o'zbek tiliga xos muammolar – dialektlar va imlo xatolarini bartaraf etish uchun qo'shimcha normalizatsiya qatlami joriy qilingan. Natijada, bu usul o'zbek tilining murakkab tuzilishini inobatga olib, tokenlash jarayonini yaxshilagan.

Taklif etilayotgan algoritm

O'zbek tilida morfologik tokenlash masalalarini hal qilish uchun ushbu tadqiqotda Subword tokenlash algoritmi sifatida WordPiece texnologiyasi asosida ishlaydigan yondashuv taklif etiladi. WordPiece algoritmi zamonaviy tabiiy tilni qayta ishlash modellarida keng qo'llaniladigan usul bo'lib, so'zlarni kichikroq ma'noli qismlarga (subword units) ajratish orqali tilning morfologik murakkabliklarini boshqarish imkonini beradi [8, 11]. Ushbu algoritm o'zbek tili kabi agglutinativ tillar uchun ayniqsa samarali bo'lib, so'zlarning qo'shimchalar orqali hosil qilinishi xususiyatini hisobga oladi. Quyida algoritmning ishlash jarayoni va matematik apparati batafsil tasvirlanadi.

WordPiece algoritmi chastota asosida subword tokenlarni tanlash printsipiga asoslanadi va bir nechta bosqichlardan iboratdir. Ushbu jarayon Schuster va Nakajima [9] tomonidan taklif qilingan asl algoritmga asoslanadi va o'zbek tilining xususiyatlariga moslashtirilgan holda qo'llaniladi.

Dastlab, algoritm berilgan matnli korpusdan foydalanib, dastlabki lug'atni shakllantiradi. Korpusdagi barcha so'zlar $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ sifatida belgilanadi, bu yerda w_i – korpusdagi i -chi so'z. Har bir so'z alohida harflarga bo'linadi, masalan, "kitoblar" so'zi $w_i = \{k, i, t, o, b, l, a, r, i, m\}$ shaklida ifodalanadi. Shu asosda dastlabki lug'at V quyidagi tarzda tuziladi:

$$V = \bigcup_{w \in W} \{c | c \in W\}$$

bu yerda c – soʻzning har bir harfi. Quyida lugʻat tuzish jarayonini ifoda etuvchi psevdokod keltirilgan:

Funksiya: SoʻzniTokenlash(Soʻz, Lugʻat)

// 1. Normalizatsiya (masalan, dialektlarni tuzatish)

$Soʻz \leftarrow Normalizatsiya(Soʻz)$

// 2. Greedy yondashuv bilan tokenlash

$Tokenlar \leftarrow BoʻshRoʻyxat$

$QolganSoʻz \leftarrow Soʻz$

While QolganSoʻz boʻsh emas:

// 2.1. Eng uzun mos keluvchi prefiksni topish

$EngUzunPrefiks \leftarrow None$

$EngUzunUzunlik \leftarrow 0$

Har bir token uchun Lugʻat ichida:

Agar token QolganSoʻzning prefiksi boʻlsa:

Agar $uzunlik(token) > EngUzunUzunlik$:

$EngUzunPrefiks \leftarrow token$

$EngUzunUzunlik \leftarrow uzunlik(token)$

// 2.2. Prefiks topilmasa, nomaʼlum token ishlatiladi

Agar $EngUzunPrefiks$ yoʻq boʻlsa:

$Tokenlar \leftarrow Tokenlar + ["[UNK]"]$

Break

// 2.3. Topilgan prefiksni qoʻshish va qolgan qismni yangilash

$Tokenlar \leftarrow Tokenlar + [EngUzunPrefiks]$

$QolganSo'z \leftarrow QolganSo'z[uzunlik(EngUzunPrefiks):]$

Return Tokenlar

Keyingi bosqichda korpusdagi qo'shni tokenlar juftliklari (bigramlar) aniqlanadi va ularning chastotasi hisoblanadi. Har bir so'z ichida ketma-ket kelgan tokenlar juftlik sifatida qaraladi, masalan, "kitoblar" so'zi uchun juftliklar $(k, i), (i, t), (t, o), (o, b), (b, l), (l, a), (a, r)$ haklida hosil qilinadi. Har bir juftlikning chastotasi $f(t_1, t_2)$ sifatida hisoblanadi, bu yerda t_1 va t_2 – qo'shni tokenlar.

Har bir iteratsiyada eng yuqori chastotaga ega juftlik tanlanadi va yangi token sifatida lug'atga qo'shiladi. Eng ko'p uchraydigan juftlik quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$(t_1, t_2)_{max} = \arg \max_{(t_1, t_2)} f(t_1, t_2)$$

Tanlangan juftlik birlashtirilib, lug'atga qo'shiladi:

$$V \leftarrow V \cup \{t_1, t_2\}$$

Yakuniy lug'at tayyor bo'lgach, yangi matn tokenlash uchun lokal optimal algoritmi asosida berilgan w so'z uchun lug'atda mavjud eng uzun mos keluvchi prefiks aniqlanadi:

$$t_k = \arg \max_{t \in V} \{len(t) | w \text{ ning prefiksi}\}$$

bu yerda t_k – so'zning boshidan eng uzun mos keluvchi token, $len(t)$ – tokenning uzunligi. So'zning qolgan qismi uchun jarayon takrorlanadi. Agar so'zning biron qismi lug'atda topilmasa, maxsus "UNK" tokeni ishlatiladi. Masalan, agar lug'at $V = \{o'qituvchi, \#\text{lar}, \#\text{im}, \#\text{ga}\}$ bo'lsa, "o'qituvchilarimga" so'zi quyidagicha tokenlashadi: birinchi prefiks sifatida "o'qituvchi" tanlanadi, qolgan qism "larimga" uchun " $\#\text{lar}$ ", so'ng " $\#\text{im}$ " va " $\#\text{ga}$ " tokenlari aniqlanadi. Natija: [o'qituvchi, $\#\text{lar}$, $\#\text{im}$, $\#\text{ga}$]. Quyida algoritmnin ikkinchi bosqichi bajarilish jarayoni ifodalangan:

Funksiya: So'zniTokenlash(So'z, Lug'at)

// 1. Normalizatsiya (masalan, dialektlarni tuzatish)

$So'z \leftarrow Normalizatsiya(So'z)$

// 2. Greedy yondashuv bilan tokenlash

$Tokenlar \leftarrow Bo'shRo'yxat$

$QolganSo'z \leftarrow So'z$

While QolganSo'z bo'sh emas:

// 2.1. Eng uzun mos keluvchi prefiksni topish

EngUzunPrefiks $\leftarrow$ None

EngUzunUzunlik $\leftarrow$ 0

Har bir token uchun Lug'at ichida:

Agar token QolganSo'zning prefiksi bo'lsa:

Agar uzunlik(token) > EngUzunUzunlik:

EngUzunPrefiks $\leftarrow$ token

EngUzunUzunlik $\leftarrow$ uzunlik(token)

// 2.2. Prefiks topilmasa, noma'lum token ishlatiladi

Agar EngUzunPrefiks yo'q bo'lsa:

Tokenlar $\leftarrow$ Tokenlar + ["[UNK]"]

Break

// 2.3. Topilgan prefiksni qo'shish va qolgan qismni yangilash

Tokenlar $\leftarrow$ Tokenlar + [EngUzunPrefiks]

QolganSo'z $\leftarrow$ QolganSo'z[uzunlik(EngUzunPrefiks):]

Return Tokenlar

O'zbek tilining morfologik xususiyatlarini hisobga olish uchun algoritmgga qo'shimcha moslashtirishlar kiritildi. O'zbek tilida qo'shimchalar (masalan, "-lar", "-im", "-ga") keng tarqalgan bo'lib, ularning chastotasi alohida hisoblandi. Bu jarayon qo'shimchalarni subword token sifatida aniqlashni osonlashtirdi. Shuningdek, dialektlar va imlo xatolarini tuzatish uchun normallashtirish qatlami qo'llanildi. Normallashtirish jarayonida so'z shakllarini moslashtirish uchun ehtimollik modeli ishlatildi:

$$P(w_{norm}|w) = \frac{f(w_{norm})}{\sum_{w' \in W} f(w')}$$

bu yerda w_{norm} – normallashtirilgan so'z shakli, $f(w_{norm})$ – uning korpusdagi chastotasi. Masalan, "qoryapman" so'zi "qilayapman" shakliga keltirildi. Quyida algoritmnin normallashtirish bosqichi bajarilish jarayoni ifodalangan:

Funksiya: Normalizatsiya(So'z)

**// Dialektlarni va imlo xatolarini tuzatish**

Agar Soʻz “qoryapman” boʻlsa:

Soʻz $\leftarrow$ “qilayapman”

Yoki Agar Soʻz “nma” boʻlsa:

Soʻz $\leftarrow$ “nima”

// Qoʻshimcha normalizatsiya qoidalari qoʻllaniladi

Return Soʻz

Natijalar

Ushbu boʻlimda taklif etilgan WordPiece algoritmining oʻzbek tilida morfologik tokenlashdagi samaradorligini baholash maqsadida oʻtkazilgan tajribalar va ularning natijalari taqdim etiladi. Tajribalar oʻzbek tilidagi turli xil matnlar toʻplamida amalga oshirildi va algoritmnining aniqligi, toʻliqligi va umumiy samaradorligi oʻlchandi. Natijalar mavjud tokenlash usullari bilan taqqoslanib, algoritmnining afzalliklari va cheklovlari aniqlandi.

Tajribalar uchun oʻzbek tilidagi matnlardan iborat maxsus korpus tuzildi. Korpus quyidagi manbalardan yigʻildi: Oʻzbekcha Wikipedia maqolalari (200,000 soʻz), kun.uz va daryo.uz kabi yangiliklar saytlaridan olingan 50,000 jumalalik matn, shuningdek, Telegram va Facebookʻdan yigʻilgan 30,000 jumalalik norasmiy suhbatlar. Umumiy hajmi 80,000 jumlaning tashkil etgan ushbu korpusning 10,000 jumlasini tilshunoslar tomonidan qoʻlda etiketlandi, yaʼni har bir soʻz ildiz va qoʻshimchalarga ajratildi (masalan, “kitoblarim” $\rightarrow$ “kitob”, “-lar”, “-im”). Korpus turli xillikni taʼminlash uchun rasmiy (yangiliklar) va norasmiy (ijtimoiy tarmoq suhbatlari) matnlarni, shuningdek, turli dialektlarni (Toshkent, Fargʻona, Xorazm) qamrab oldi.

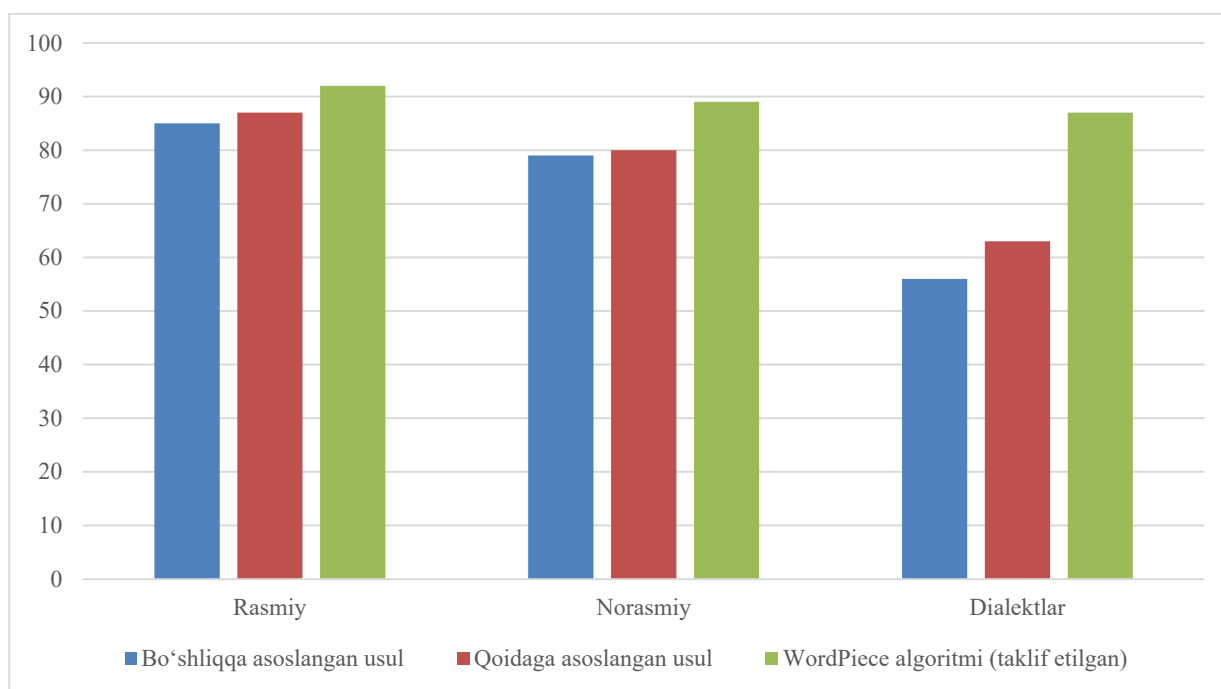
Korpus ikkiga boʻlindi: 70% (56,000 jumla) oʻqitish uchun, 30% (24,000 jumla) sinov uchun ishlatildi. WordPiece algoritmi oʻqitish toʻplamida lugʻat tuzish uchun ishlatildi, lugʻat hajmi 10,000 token bilan cheklandi. Sinov jarayonida algoritmnining samaradorligi quyidagi mezonlar asosida baholandi: aniqlik (precision), toʻliqlik (recall) va F1-skori. Ushbu mezonlar tokenlashning umumiy sifatini oʻlchash uchun standart hisoblanadi (Manning va Schütze, 1999). Taqqoslash uchun ikkita boshqa usul sinovdan oʻtkazildi: oddiy boʻshliqqa asoslangan tokenlash (baseline) va qoidaga asoslangan morfologik tahlil usuli.

Tajribalar natijasida WordPiece algoritmining oʻzbek tilida tokenlashdagi samaradorligi yuqori ekanligi aniqlandi. Quyidagi jadvalda turli usullarning sinov toʻplamidagi natijalari keltirilgan:

1-jadval. Turli tokenlash usullarining samaradorligi.

Algoritm	Aniqlik (Precision)	To'liqlik (Recall)	F1-skori
Bo'shliqqa asoslangan usul	62%	58%	60%
Qoidaga asoslangan usul	78%	75%	76.5%
WordPiece algoritmi (taklif etilgan)	92%	89%	90.5%

Yuqorida keltirilgan 1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, taklif etilgan WordPiece algoritmi boshqa usullarga nisbatan sezilarli darajada yuqori natija ko'rsatdi. Bo'shliqqa asoslangan usul o'zbek tilining morfologik murakkabliklarini (masalan, qo'shimchalar tuzilishini) hisobga ololmagani uchun past natija berdi. Qoidaga asoslangan usul esa qisman yaxshi natija ko'rsatgan bo'lsa-da, dialektlar va imlo xatolarini to'liq qamrab ololmadi. WordPiece algoritmi esa subword tokenlash orqali so'zlarning ichki tuzilishini saqlab qolish va dialektlarga moslashish imkonini berdi. 1-rasmda algoritmning turli korpus qismlaridagi (rasmiy matnlar, norasmiy matnlar, dialektli matnlar) F1- baholash me'zoni bo'yicha natijalari keltirilgan:

**1-rasm. Algoritmning turli matn korpuslarida olingan F1-baholash me'zoni ko'rsatkichlari.**

1-rasmda keltirilgan grafikdan ko'rinib turibdiki, barcha algoritmalar rasmiy matnlarda eng yuqori natija ko'rsatdi, chunki bu matnlar odatda standart imlo qoidalariga rioya qiladi. Norasmiy matnlarda va dialektli matnlarda natijalar biroz pastroq bo'ldi, bu imlo xatolari va shevalarga xos farqlar bilan bog'liq.

WordPiece algoritmining yuqori samaradorligi bir qator omillarga bog'liq. Birinchidan, algoritm o'zbek tilining qo'shimchalar tuzilishini (masalan, "-lar", "-im") subword tokenlar sifatida

aniqlash orqali soʻzlarning morfologik tuzilishini saqlab qoldi. Masalan, “oʻqituvchilarimga” soʻzi [oʻqituvchi, ##lar, ##im, ##ga] shaklida tokenlashdi, bu soʻzning semantik va sintaktik tuzilishini yoʻqotmaslikka imkon berdi [9]. Ikkinchidan, normalizatsiya qatlami dialektlarni (masalan, “qoryapman” → “qilayapman”) va imlo xatolarini tuzatishda muhim rol oʻynadi, bu esa algoritmnining moslashuvchanligini oshirdi.

Shuning bilan birga, tajribalar davomida baʼzi cheklovlar ham aniqlandi. Dialektli matnlarda natijalar biroz pastroq boʻldi, chunki korpusda Xorazm va Qashqadaryo shevalari yetarlicha qamrab olinmadi. Shuningdek, korpusning umumiy hajmi katta hajmdagi matnlar bilan ishlashda cheklovlar keltirib chiqarishi mumkin. Ushbu cheklovlar kelajakdagi tadqiqotlarda kengroq korpuslar va qoʻshimcha normalizatsiya usullari orqali bartaraf etilishi mumkin.

Xulosa

Ushbu tadqiqot oʻzbek tilida morfologik tokenlash masalalarini oʻrganish va ularni hal qilish uchun samarali yechim taklif qilishga qaratildi. Oʻzbek tili kabi agglutinativ tillarda tokenlash jarayoni anʼanaviy usullar (masalan, boʻshliqqa asoslangan tokenlash) bilan samarali amalga oshirilmasligi sababli, WordPiece algoritmi asosida ishlaydigan subword tokenlash yondashuvi taklif etildi. Tadqiqot davomida algoritmnining ishlash jarayoni, matematik apparati va oʻzbek tiliga moslashtirish xususiyatlari batafsil tahlil qilindi. Algoritm oʻzbek tilining morfologik murakkabliklarini, xususan, qoʻshimchalar tuzilishini samarali boshqardi va dialektlar hamda imlo xatolarini tuzatishda moslashuvchanlikni taʼminladi. Tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati bir qancha jihatlarida namoyon boʻldi:

- taklif etilgan algoritm oʻzbek tilida NLP ilovalarini (masalan, mashinaviy tarjima, matn tasnifi, chatbotlar) rivojlantirishda muhim asos boʻlib xizmat qiladi;
- algoritmnining dialektlarga moslashuvchanligi oʻzbek tilining turli shevalarini qamrab olish imkonini berdi, bu esa mahalliy texnologiyalarni yanada kengroq auditoriyaga moslashtirishga yordam beradi;
- WordPiece algoritmining oʻzbek tilida qoʻllanilishi agglutinativ tillar uchun tokenlash masalalarini hal qilishda yangi yoʻnalishlarni ochdi.

Oʻz navbatida, tadqiqot davomida baʼzi cheklovlar ham aniqlandi. Korpusning hajmi katta hajmdagi matnlar bilan ishlashda cheklovlar keltirib chiqarishi mumkin [10]. Shuningdek, baʼzi dialektlar (masalan, Qashqadaryo shevasi) yetarlicha qamrab olinmadi. Kelajakdagi tadqiqotlarda ushbu cheklovlarni bartaraf etish maqsadida kengroq korpuslardan foydalanish, qoʻshimcha normalizatsiya usullarini joriy qilish va algoritmnini boshqa agglutinativ tillarga (masalan, turk yoki qozoq tillariga) moslashtirish boʻyicha ishlar olib borish rejalashtirilmoqda. Shu bilan birga, algoritmnining hisoblash resurslariga boʻlgan talabini kamaytirish va kichik hajmdagi qurilmalarda ishlatish imkoniyatlarini oʻrganish ham muhim yoʻnalishlardan biridir. Taklif etilgan yechim oʻzbek tilining global miqyosda targʻib qilinishiga va raqamli dunyoda uning oʻrnini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. MIT Press.
2. Oflazer, K. (1994). Two-Level Description of Turkish Morphology. *Literary and Linguistic Computing*, 9(2), 137-148.
3. Koskenniemi, K. (1983). *Two-Level Morphology: A General Computational Model for Word-Form Recognition and Production*. University of Helsinki.
4. Abdullaev, S., & Xudoyberdiev, M. (2018). O'zbek tilida morfologik tahlilning zamonaviy usullari. *O'zbek tili va adabiyoti jurnali*, 45(3), 12-20.
5. Matlatipov, G., & Vetrov, A. (2020). Statistika usullar asosida o'zbek tilida tokenlash. *Informatika va texnologiyalar konferensiyasi materiallari*, 56-62.
6. 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.
7. Schweter, S. (2020). BERT-Turkish: Pre-trained Language Model for Turkish. *Hugging Face Models*.
8. Yusupov, A., & Qodirov, D. (2021). O'zbek tilida ijtimoiy tarmoq matnlari uchun tokenlash algoritmi. *Axborot texnologiyalari jurnali*, 12(4), 34-41.
9. Schuster, M., & Nakajima, K. (2012). Japanese and Korean voice search. In *2012 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 5149-5152). IEEE.
10. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)* (pp. 4171-4186).
11. Kudo, T., & Richardson, J. (2018). SentencePiece: A simple and language independent subword tokenizer and detokenizer for neural text processing. In *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations* (pp. 66-71).



Mualliflar

Farrukh Akhmedov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston; akhmedovfarrukh@336gmail.com

Bakhtiyor Akmuradov

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston.

Zukhra Bozorboyeva

Kommunikatsiya va raqamli texnologiyalar kafedrası, “University of management and future technologies” universiteti, Toshkent, 100208, O‘zbekiston.

Mas’ul:

akhmedovfarrukh@336gmail.com



Copyright: © 2024 by the authors.

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

MATNDAN NUTQ SINTEZLASHNING KLASSIK YONDOSHUVLARI

Annotatsiya: Matndan nutq sintezlash uslublari berilgan elektron matnni inson tabiiy nutqiga taqlid qilish, uni modellash yoki bir qator algoritmlar yordamida nutq signaliga aylantirishning turli yechimlarini taklif etadi. Nutq sintezi borasida tadqiqot olib borish avvalo bu sohaning klassik yondoshuvlarini o‘rganish, tahlil qilish va taqqoslash kabi bilim va tajribalarni shakllantirishni taqozo etadi. Chunki bu jarayonlarda nutq sintezlashga oid bazaviy tushunchalar va xususiyatlar bilan tanishib chiqiladi. Mazkur maqolada matndan nutq sintezlashning bir qator klassik yondoshuvlari organilib, ularning nutq sintezlash jarayonlari va natijalarini tahlil qilish, o‘zaro taqqoslash va farqli jihatlarini aniqlash masalalari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: vocal tract model, acoustic model, control model, multimodal perception, speech, voice, formatn, concatenation, word, diphone, spectrogramm.

Kirish

Elektron hisoblash mashinalari yaratilgan davrlardan boshlab olimlar tomonidan kompyuter bilan muloqotni amalga oshirish, yoki kompyuterlarning xuddi insonlar kabi nutq soʻzlashlari ustida koʻplab tadqiqotlar olib borilgan. Xususan, berilgan matnni nutq signaliga aylantirish masalasi eng ommalashgan masalalardan biriga aylangan. Buning zamirida kompyuterlarni inson kabi fikrlashi, fikrlarni soʻzlar asosida hosil qilish va keyinchalik uni nutq signali shaklida insonlarga yetkazishi amalga oshirish maqsad qilingan.

Aslida bu tadqiqot ishlarining barchasi kompyuterlarda sunʼiy ongni shakllantirish, insonlar va oʻzaro muloqotlarini tashkil etish va bularning natijasida insonlar uchun murakkablik tugʻdiruvchi koʻplab faoliyat sohalarini kompyuterlarga topshirish gʻoyalari tayangan.

XXI arsga kelib bu kabi gʻoyalar sezilarli darajada amaliyotga tadbiiq qilinishga ulgurdi. Fikrlash va fikr almashish jarayonlarini tashkil qilishda neyron tarmoqlar asosida qurilgan bir qator sunʼiy intellekt modellari yaratildi. Bu modellar dunyoning koʻplab tillari uchun qayta oʻqitilib, insonlar va kompyuterlar oʻrtasidagi muloqotlarni tashkil etishda ulkan natijalar qayd etilmoqda.

Ushbu tadqiqot nutq sintezlashning klassik uslublarini tadqiq va tahlil qilish, shuningdek, ular asosida baʼzi tajribalar va taqqoslashlar oʻtkazish va bular asosida matndan nutq sintezlashning bazaviy tushunchalarini mustahkam oʻzlashtirish, ularning amaliyotda qoʻllanilishiga doir amaliy koʻnikmalarni hosil qilish maqsadida olib borilgan.

Artikulyatsion sintezlash usuli

Nutq sintezlashning artikulyatsiya usuli inson nutqini tabiiy va yuqori sifatli tarzda modellashtirishga qaratilgan texnologiyalardan biri hisoblanadi. Boshqa nutq sintezlash usullaridan farqli ravishda, artikulyatsion nutq sintezlash usuli ovoz yoʻli organlarining haqiqiy shakllari, pozitsiyalari va harakatlarini ifodalaydi. Bu esa insonga xos tovushlarni aniqroq va haqiqatga yaqin qilib yaratishga imkon beradi.

Artikulyatsion sintezning samarali ishlashi uchun tizim ovoz yoʻli modeli, akustik model, glottis modeli va boshqaruv modeli kabi, har biri nutq hosil qilish jarayonida oʻziga xos ahamiyatga ega boʻlgan turli komponentlardan tashkil topadi.[1] Ovoz yoʻli modeli ovoz organlarining anatomik va fiziologik xususiyatlarini, ularning shakli va harakatlarini ifodalaydi. Akustik model esa ovoz yoʻli ichidagi havo oqimi va bosim taqsimotini hisoblab, akustik signalni yaratadi. Glottis modeli tovush manbai sifatida xizmat qilib, ovoz pardalari tebranishi va ular orqali havo oqimining shakllanishi

jarayonini ifodalaydi. Boshqaruv modeli esa har bir tovushni yaratish uchun kerakli harakatlarni boshqaradi.

Bu texnologiya faqat texnik asoslar bilan cheklanib qolmaydi, balki inson nutqini o'rganish va tushunish uchun ham keng imkoniyatlar yaratadi. Artikulyatsion sintez modellarini rivojlantirishda o'quvchi-o'qituvchi ssenariysidan foydalanish texnologiyaning tabiiyligini oshirishda muhim rol o'ynaydi.[3] Ushbu ssenariyda sintez modeli ekspert (o'qituvchi) tomonidan yaratilgan namunalarni tinglaydi va ular asosida o'z harakatlarini to'g'rilab, o'rganishni davom ettiradi. Bunday yondashuv inson nutqini o'zlashtirish jarayonlariga asoslanadi va artikulyatsion sintez tizimlariga tabiiylik va yuqori aniqlik beradi.

Bundan tashqari, artikulyatsion sintez jarayonida ko'p modeli ma'lumotlardan foydalanish juda muhim. Ko'p modeli qabul qilish vositalari, masalan, eshitish, somatosensor va vizual qabul qilish, nutq sintezini yaxshilash uchun muhim ahamiyatga ega. Masalan, nutqni o'rganish jarayonida odamlar nafaqat eshitish, balki vizual (masalan, lab va jag' harakatlari) ma'lumotlarni ham qabul qiladilar, bu esa ularga so'zlarni tushunish va talaffuz qilishni osonlashtiradi. Shuningdek, vizual ma'lumotlar shovqinli muhitda eshitishni qo'llab-quvvatlash uchun juda foydali. Artikulyatsion sintez jarayonida ushbu omillardan foydalanish tovushlarni insoniylashtirishda muhim vosita hisoblanadi.

Umuman olganda, artikulyatsion nutq sintezlash texnologiyasi nutqni tabiiy tarzda hosil qilish uchun ovoz yo'li harakatlarini mukammal modellashtirishga asoslangan texnologiya hisoblanadi.

Ushbu tizimda nutqni shakllantirish uchun ovoz yo'li anatomiyasi, havo oqimi, bosim va tovush hosil qilish jarayonlarini aniq ifodalaydigan modellar qo'llaniladi. Asosiy komponentlar orasida ovoz yo'li modeli, akustik model, glottis modeli va boshqaruv modeli ajratiladi. Ushbu modellarni qisqacha izohlar bilan quyida qarab chiqamiz.

1. **Ovoz yo'li modeli.** Artikulyatsion sintezlashda ovoz yo'li modeli markaziy komponent hisoblanib, u til, lablar, jag', yumshoq tanglay va hiqildoq kabi ovoz yo'li organlarining shakli, pozitsiyasi va harakatlarini modellashtiradi. Ushbu model orqali inson nutqining asosiy akustik xususiyatlarini belgilovchi anatomiya va fiziologik mexanizmlar tavsiflanadi. Ovoz yo'li modeli nutq tovushlarini hosil qilish uchun zarur bo'lgan ovoz yo'li konfiguratsiyalarini taqdim etadi va bu konfiguratsiyalar nutq davomida dinamik tarzda o'zgaradi.
2. **Akustik model.** Artikulyatsion sintezlashda akustik model nutq tovushlarini hosil qilish bosqichida muhim rol o'ynaydi. Ushbu model yordamida ovoz yo'li ichidagi havo bosimi va oqimi taqsimoti hisoblanadi va nutq signali yaratiladi. Akustik model orqali traxeya, hiqildoq, tomoq va og'iz bo'shlig'idagi havo bosimi va havo oqimi dinamikasi modellashtiriladi. Ovoz

yoʻli orqali oʻtuvchi havo oqimi va bosimning vaqti-vaqtida oʻzgarishi natijasida akustik signal hosil boʻladi.

3. **Glottis modeli.** Glottis modeli artikulyatsion sintezning akustik manbai hisoblanadi. Ushbu model ovoz parda tebranishlarini va havo oqimini shakllantirish orqali, nutq signalining tovush manbai sifatida xizmat qilib beradi. Glottis modellar – oʻz-oʻzidan tebranuvchi modellar boʻlib, parametrik glottis maydoni modellar va parametrik glottis oqimi modellariga ajratiladi. Ushbu modellar nutq sifatini boshqarish va turli ovoz ranglarini yaratish imkonini beradi.
4. **Boshqaruv moduli.** Boshqaruv moduli artikulyatsion sintezning jarayonini boshqaruvchi asosiy elementlardan biridir. Ushbu modul ovoz yoʻli harakatlarini sintez vaqtida dinamik boshqaradi va turli fonetik elementlarni yaratish uchun zarur boʻlgan harakatlar ketma-ketligini belgilaydi. Boshqaruv moduli nutq jarayonini tabiiy va haqiqiy ifodalash uchun harakatlarning dinamikasini va kinematikasini boshqarishga imkon beradi.

Artikulyatsion nutq sintezlashning umumiy holi mavjud boʻlib, uni eksperiment qilish uch asosiy bosqichda oʻtkaziladi. Har bir bosqichda sintez modeli oʻquvchi-oʻqituvchi ssenariysi asosida talaffuzni optimallashtirish uchun oʻz-oʻzini rivojlantirish imkoniyatiga ega boʻladi.

Birinchi bosqich - boshlangʻich harakatlarni yaratish. Birinchi bosqichda modelga oddiy soʻz va iboralarni yaratish vazifasi beriladi. Tajriba davomida “a”, “o”, “m”, “t” kabi asosiy tovushlar tanlanadi. Model ushbu tovushlarni hosil qilish uchun boshlangʻich motor rejalarini ishlab chiqadi. Har bir tovush uchun ovoz yoʻli organlarining (masalan, til, lablar, jagʻ) boshlangʻich va maqsad pozitsiyalari belgilanadi.

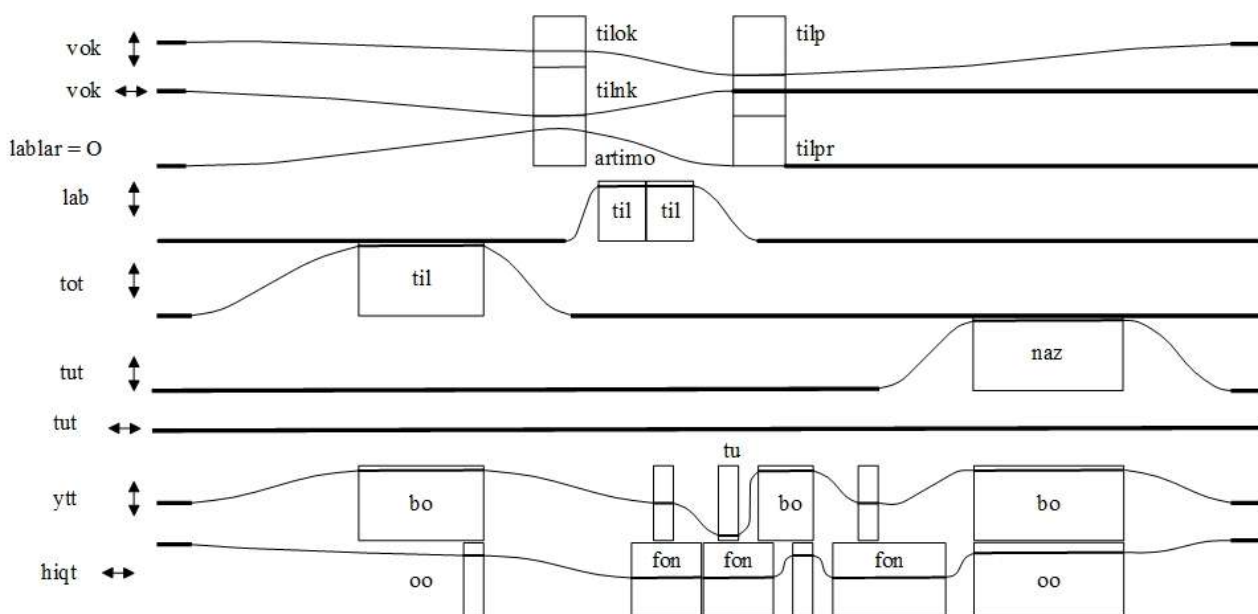
Bu bosqichda model dastlabki talaffuz sifatini yaratadi va ekspert tomonidan baholanadi. Ekspert sintez natijalarini eshitib, ular tabiiy nutqqa qanchalik yaqinligini aniqlaydi. Soʻngra ekspertning fikr-mulohazalari asosida har bir harakat uchun kerakli oʻzgarishlar kiritiladi.

Ikkinchi bosqich – fikr-mulohaza bilan optimallashtirish. Ikkinchi bosqichda sintez modeli talaffuz sifatini yaxshilash maqsadida oʻqituvchidan olingan fikr-mulohazalardan foydalaniladi. Bu jarayon davomida modelning har bir talaffuzi qayta baholanib, kerakli optimallashtirishlar kiritiladi. Ekspert tomonidan notoʻgʻri baholangan talaffuzlar qayta ishlab chiqiladi va harakat traektoriyalari oʻzgartiriladi. Shu tariqa, model takroriy jarayon orqali talaffuz sifatini oshirishga muvaffaq boʻlishi mumkin.

Uchinchi bosqich – qayta baholash va yakuniy natijalar. Uchinchi bosqichda sintez modeli optimallashtirilgan motor rejalar asosida talaffuzlarni qayta yaratadi. Har bir talaffuz maʼlum qabul qilish darajasiga yetgach, ekspert tomonidan qabul qilinadi va saqlab qolinadi. Yakuniy natijalarda talaffuzlar inson nutqiga yaqinlashgan sifatda hosil qilinadi, bu esa sintezning yuqori aniqlikdagi

natijalarini ta'minlaydi.

Har bir talaffuz uchun yakuniy harakat trayektoriyalari va talaffuz natijalari quyidagi diagrammada ko'rsatilgan:



1-rasm: Yakuniy natijalar va harakat trayektoriyalari

Bu yerda:

1. vok – vokal (ovozli yoki unli tovush);
2. lablar – lablar (lab bilan bog'liq harakatlar);
3. lab – lab (lablar bilan chiqariladigan tovushlar);
4. tot – tilning orqa qismi bilan chiqariladigan tovushlar;
5. tut – tilning uchi bilan bog'liq tovushlar;
6. ytt – yumshoq tanglay bilan chiqariladigan tovushlar;
7. hiqt – hiqildoq bilan bog'liq tovushlar;
8. tilok – tilning old qismida yuqori ko'tarilishi;
9. tilnk – tilning neytral holatda yuqori ko'tarilishi;
10. tilp – tilning past joylashuvi yoki past harakati;
11. tilpr – tilning pastroq joylashuvi yoki harakati;
12. artimo – tovushlarni hosil qilish jarayonida til, lab yoki boshqa artikulyatsion organlarning harakati;
13. til – Tovush hosil qilishda tilning o'ziga xos bir pozitsiyasi yoki harakati, masalan, yuqori, orqa yoki old pozitsiya.
14. naz – yumshoq tanglayga yaqin joylashgan burun tovushi

15. tu – tilning ichki yoki yaqin joylashuvi, tilning uchi bilan bog'liq harakat;
16. bo – tovush hosil qilish jarayonida ochiq holatda yuqori joylashuv (hiqildoqning baland ochilishi)ni ifodalaydi;
17. fon – tovush hosil qilish jarayonidagi pozitsiyalar yoki holatlar;
18. oo – ochiq shovqinli tovush, tovush chiqarish jarayonida vokal yo'lidagi ochiq shakldagi havo oqimi.

Bu diagrammada har bir tovush uchun yakuniy talaffuz natijalari va harakat trayektoriyalari ko'rsatilgan. Model har bir tovushni insoniy nutqqa yaqinlashtirish uchun optimallashtirilgan.

Artikulyatsion sintezlashda ushbu modellarning loyihalaniishi – inson ovoz yo'lida tovushlarning hosil qilinishi va boshqarilishi tamoyillariga imitatsiyalanishi tufayli, agar bunday tizim uning nazariyasi bilan hamohanglikda ishlab chiqarilsa, u inson nutqini sintezlashning eng yaxshi usullaridan biri sifatida keng tatbiq qilinar edi. Ammo bu kabi tizimlar haligacha insonning nutq ishlab chiqarishga mo'ljallangan ovoz yo'li a'zolarining funksiyalarini to'laqonli imitatsiya eta olgani yo'q. Bunga insonning ovoz yaratish a'zolarining o'ta murakkab funksionalliklarga ega ekanligini sabab qilib keltirish mumkin.

Artikulyatsion sintezlash texnologiyalarining kelajagi nutq tovushlarini generatsiya qilishda yuqori darajadagi aniqlik va realistik natijalarga erishishga qaratilgan.[2] Kelgusida neyrokognitiv modellarni integratsiya qilish orqali sintez modelining qabul qilish, harakat qilish va tushunish imkoniyatlarini rivojlantirish maqsad qilingan. Bunday tizimlar inson nutq jarayonining neurofiziologik mexanizmlarini hisobga olgan holda ishlashi mumkin va bu nutqning kognitiv va emotsional jihatlarini aniqroq ifodalashga yordam beradi.

Kelajakda ko'p modeli o'zaro ta'sirga asoslangan o'quvchi-o'qituvchi ssenariylarini rivojlantirish orqali nutq sintezining tabiiylik darajasini oshirish ham rejalashtirilgan. Bu yondashuvda sintez modeli audiovizual va somatosensorik ma'lumotlarni birgalikda qabul qilish orqali o'z talaffuzini takomillashtirishi va insoniy nutqni taqlid qilishda yuqori samaradorlikka erishishi mumkin. Shuningdek, artikulyatsion sintezlash texnologiyalari asosida yuz ifodalari va imo-ishoralarni o'z ichiga olgan virtual agentlar yaratish orqali inson bilan o'zaro muloqot qobiliyatlarini oshirish mumkin.

Formant sintezlash

Formant sintezlash uslubi nutqni sintezlashda inson nutqining akustik xususiyatlarini modellashtirishga asoslanadi. Bu uslubda nutq tovushlari formantlar deb ataluvchi chastotaning



tarkibiy qismlari orqali ifodalanadi. Formantlar nutq signalining spektrida ko'rinadigan maksimal energiya nuqtalari bo'lib, ular nutqning ohangini va tiniqligini belgilashda xizmat qiladi.

Formant sintezlashning asosiy tamoyili – nutq tovushlari formantlar orqali modellashtirilishidir. Bunda har bir unli tovushning o'ziga xos formant chastotalari mavjud bo'ladi. Masalan, /a/ tovushi birinchi formant (F1) va ikkinchi formant (F2) chastotalari bilan tavsiflanadi. Formantlar nutqning tembrini belgilaydi va ular orqali turli unli va undosh tovushlarni farqlash mumkin bo'ladi.

Odatda formant sintezatorlari bir nechta asosiy komponentlardan tashkil topadi. Signal generatori asosiy ton yoki shovqin signalini yaratadi. Tonli tovushlar uchun sinusoidal to'lqin, shovqinli tovushlar uchun esa oq shovqin ishlatiladi. Formant filtrlari signal generatori tomonidan yaratilgan signalga ishlov beradi. Har bir filtr ma'lum bir formant chastotasini kuchaytirish yoki susaytirish uchun ishlaydi. Amplituda va chastota modulyatori nutq signalini vaqt o'tishi bilan o'zgartiradi, ya'ni u nutqning qanchalik ko'tarilishi yoki tushishini, kuchayishi yoki susayishini boshqaradi. Bu esa nutqni yanada tabiiyroq va haqqoniyroq qiladi.

Formant sintezlashda har bir tovush uchun formant chastotalari va ularning amplitudalari qo'lda yoki avtomatik sozlanadi.[4] Bu sozlashlar fonetik qoidalar yoki ma'lum bir tilning nutq xususiyatlariga asoslanadi. Masalan, /i/ tovushi uchun F1 past, F2 esa yuqori bo'ladi, /u/ tovushi uchun esa F1 va F2 larning har ikkalasi ham past bo'ladi.

Formant sintezlashda ikkita asosiy tuzilma – parallel va kaskadli tuzilmalar mavjud, ammo yaxshiroq ishlashi uchun ularda ba'zi bir kombinatsiyalar qo'llaniladi. Shuningdek, formant sintezlash uslubi juda ko'p tovushlar bilan ishlashni ta'minlaydi. Bu tovushlar soni tovushlarni bog'lash uslubidagidan ham ko'proq demakdir.

Eng kichik uchta formantda odatda tushunarli nutq hosil qilish va beshtagacha bo'lgan formantda esa yuqori sifatda nutq hosil qilish talab etiladi. Har bir formant odatda, ikki bosqichda rezonator formant chastotasining har ikki tomonini modellashtirish imkonini beradi va uning chegaralari tasniflanadi.

Ma'lum bir qonuniyatga asoslangan formant sintezlash nutq hosil qilishning muhim parametrlarini aniqlashga yo'naltirilgan qonuniyatlar majmuidan iborat bo'lib, bu qonuniyatlar formant sintezlash tizimlarida qo'llaniladi.

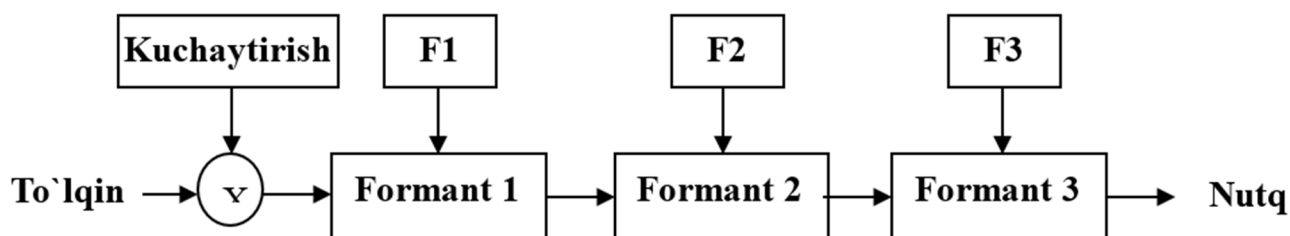
Kiritish parametrlarini quyidagi misolda ko'rish mumkin:

- Tovush chiqishining fundamental chastotalari (F0);

- Tovush to'liqlinining ochiq faktori;
- To'liqlinlardagi tovush darajasi;
- Formant chastotalari va amplitudalari ($F_1, \dots, F_3$ va $A_1 \dots A_3$);
- Kichik chastotaga qo'shilgan rezonator chastotasi;
- Kichik va yuqori chastotalar intensivligi.

Bu yerda ochiq faktor – to'liq ochiq-glottis vaqt davomiyligini bildiradi.

Kaskadli formant sintezatori tasmalar o'tishi rezonatorlaridan tashkil topgan va ketma-ketlikda bog'langan bo'lib, har bir chiquvchi formant sintezator navbatdagi chiqishni belgilaydi (2-rasm). Kaskadli tuzilma axborot boshqaruvi kabi faqat formant chastotalarini talab etadi. Asosiy kaskadli tuzilma ko'pincha alohida tekshirish shart bo'lmagan unlilar uchun formant amplitudalar nisbiyligidan tashkil topgan bo'ladi.

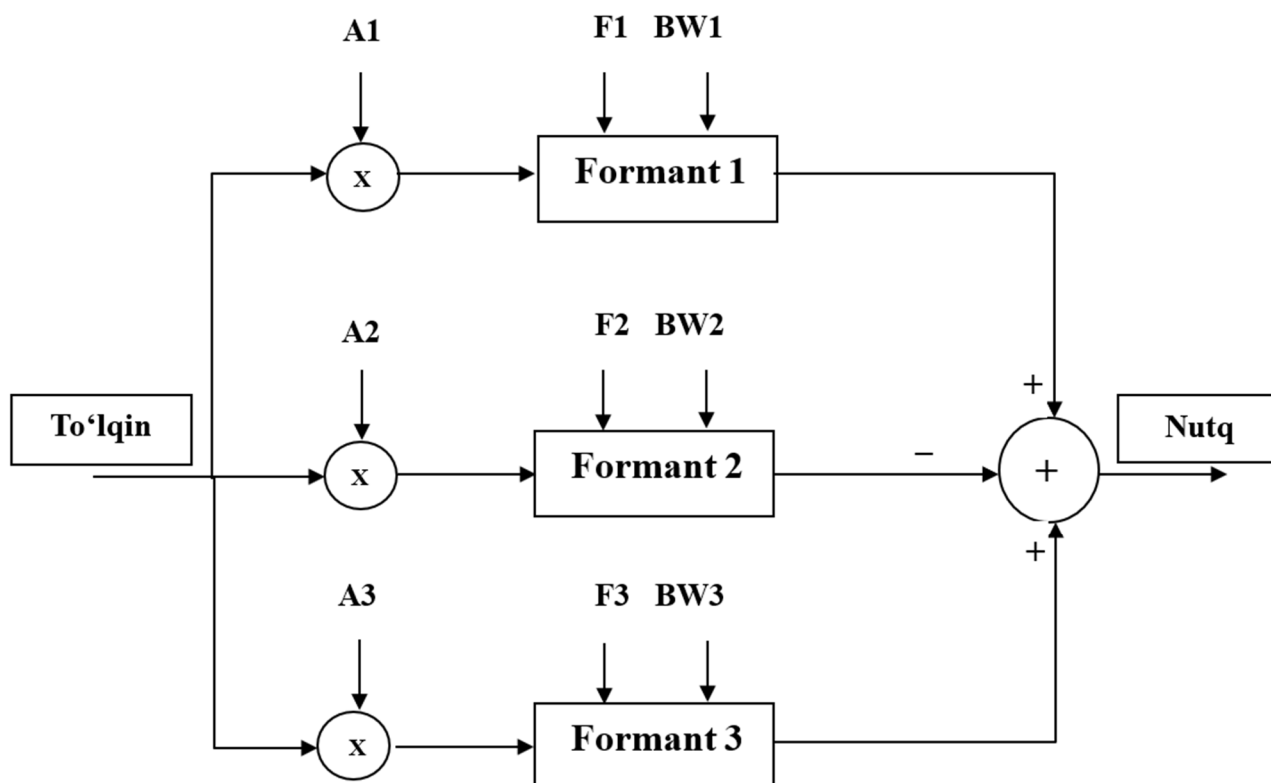


2-rasm. Kaskadli formant sintezatorining asosiy strukturasi

Kaskadli struktura jarangli tovushlar uchun eng yaxshi deb topilgan. Chunki, u parallel strukturaga nisbatan kamroq axborot nazoratini talab etadi va shuning bilan sodda amalga oshiriladi. Biroq, tiniq va tezkor tovush qismlarini kaskadli modelda generatsiya qilish muammo tug'diradi.

Parallel formant sintezatori (3-rasm) – parallel bog'langan rezonatorlardan tashkil topgan. Bazida burun tovushlari uchun qo'shimcha rezonatorlar ham qo'llaniladi. Signal to'liqlinlarida barcha formantlar bir vaqtda ishlatiladi va ularni hisoblab chiqaradi. Keraksiz nol qiymatli yoki norezonans nuqtalarni olib tashlash uchun formant rezonatorlarining aks-sado chastotalaridagi tutash natijalari qarama-qarshi fazoda hisoblanishi kerak.

Parallel struktura tasma sohasida nazorat o'rnatadi har bir formant individual kattalashadi va shuning bilan bir qatorda axborot nazoratiga talab ham oshadi.[3]



3-rasm. Parallel formant sintezatorining asosiy strukturasi.

Parallel formant strukturasi burun tovushlari, silliq tovushlar va qattiq undosh tovushlar uchun nisbatan yaxshiroq struktura deb topilgan, lekin ba'zi unli tovushlar kaskadli strukturadagi kabi parallel formant sintezatorida modellashtirila olmaydi.

Bu ikki strukturaning sifat darajasi va muvofiqlik xarakteristikalarini ustida uzoq bahs-mulohazalar olib borilib shu narsa ayon bo'lganki, bitta asosiy uslub yordamida yaxshi natijaga erishish mushkul va bu muammoni hal etish uchun ushbu uslublarni birlashtirish va takomillashtirish zarur. 1980-yilda Dennis Klatt yanada murakkabroq formant sintezatorini ya'ni, yuqori chastota shovqinlari uchun qo'shimcha rezonatorlar o'rnatilgan va burun tovushlari uchun antirezonslar bilan birlashtirilgan, to'g'ri talaffuz beruvchi aylanma yo'nalish va radiatsion xarakteristikalarini tavsiflagan holda kaskadli va parallel sintezatorlarning oltinchi formantini taklif qildi.

Tizim har 5 millisoniyada 39 ta parametr yordamida yangilanishini nazorat qilish orqali mukammal to'liqlanish modelini qo'llaydi. Shuningdek, kaskadli va parallel tuzilmalar boshqa yo'llar bilan ham birlashtirilishi mumkin.

Formant sintezlashning afzalliklari sifatida shuni aytish mumkinki, u juda ixcham va kam resurs talab qiladi. Sababi – u faqat formant chastotalari va amplitudalari bilan ishlaydi. Bu usul

nutqning ohangini va tiniqligini aniq boshqarish imkonini beradi. Biroq, formant sintezlash natijalari ba'zan yetarlicha tabiiylikka ega bo'lmay qolishi mumkin, chunki u nutqning barcha nozik jihatlarini to'liq aks ettira olmaydi. Bundan tashqari, bu usulni sozlash va boshqarish juda murakkab, ayniqsa murakkab nutq tuzilmalari uchun.

Formant sintezlash uslubidan ko'pincha ilmiy-tadqiqot ishlarida, nutqqa ishlov berishda va ba'zi eski TTS tizimlarida foydalanilgan. Bugungi kunning zamonaviy TTS tizimlarida neyron tarmoqlarga asoslangan uslublar keng qo'llanilsada, formant sintezlash uslubi hali ham o'zining ahamiyatini saqlab qolmoqda. Buni ayniqsa resurslar cheklangan yoki aniq boshqarish talab qilinadigan holatlarda ko'rish mumkin.

Umuman olganda shuni aytish mumkinki, formant sintezlash uslubi nutqni yaratishning asosiy va klassik usullaridan biri bo'lib, u nutqning akustik xususiyatlarini chuqur tushunishga asoslangan uslubdir.

Konkatenativ sintezlash

Konkatenativ sintezlash usulini boshqa oldindan yozib qo'yilgan so'zlarni birlashtirish orqali tabiiy nutqqa yaqin bo'lgan nutqni sintezlashning eng oson usuli sifatida ko'rish mumkin. Biroq bu usul bir nechta ma'ruzachi bilan cheklanuvchi, boshqa sintezlash usullariga nisbatan ko'proq xotira talab qiluvchi usul hisoblanadi.

Konkatenativ nutq sintezlashning eng muhim bosqichlaridan biri – to'g'ri biriktiriluvchi qismni aniqlashdir.[6] Bu yerda uzunroq va qisqaroq qismlar o'rtasida muvozanat mavjud. Uzunroq qismlar tabiiyroq tovush hosil qilishga imkon beradi, lekin bunday holda qismlarning soni va kerakli xotira hajmi ortadi. Qisqaroq qismlar esa nisbatan kamroq xotira bilan qanoatlanadi, lekin bazani tayyorlash aniqroq jarayonni talab etadi va natijada olingan nutqning tabiiylik darajasi pastroq bo'lishi mumkin.

Qism diapazonini aniqlash ilovaning ehtiyojlaridan kelib chiqqan holda amalga oshiriladi. Qism diapazoni fonema darajasidan tortib butun boshli so'zgacha bo'lgan diapazonda o'zgarishi mumkin.

So'zlar bo'yicha konkatenatsiya. Agar aviachiptalarni bron qilish tizimi kabi cheklangan lug'at boyligiga ega tizim zarur bo'lsa, ushbu usuldan samarali foydalanish mumkin. Lekin agar so'zlar alohida-alohida qilib yozib olingan bo'lsa, nutqda intonatsiya yo'qoladi. Shu bilan bir qatorda, tizim faqat oldindan yozib olingan so'zlar bilan cheklanadi, yangi so'zlarni generatsiya qila olmaydi.

Bundan tashqari, soʻzlarning tovush chastotalari noldan boshlanib nol bilan tugaydi va shu sababli ham agar qoʻshimcha ishlovlar berilmasa, birlashtirilgan soʻzlardan iborat gaplarda har bir soʻz oʻrtasida pauza yuzaga keladi. Agar soʻzlar oldindan yozib olingan gaplardan ajratib olingan boʻlsa va ushbu gaplarda intonatsiya mavjud boʻlsa, u holda bu intonatsiyali soʻzlar tizimga taʼsir qiladi. Masalan, “Ular kelishyapti” gapida “Ular” soʻzi intonatsiyaga ega boʻlsa va tizim ushbu soʻzni shu gapdan kesib olsa, bunday intonatsiya yangi jumla tarkibida talab etilmasa ham har safar “Ular” soʻzi aynan shu intonatsiyada talaffuz qilinaveradi. Ammo, bu usul ishlash vaqtida juda kam hisoblash resurslarini talab qiladi, chunki u faqat oldindan yozib olingan soʻzlarni birlashtiradi. Ushbu tizimlarning yana bir afzalligi – natijaviy nutqning sifat darajasi deyarli mukammal boʻlishidir, chunki soʻzlar ishlash vaqtida hosil qilinmaydi, balki oldindan yozib olingan boʻladi.

Fonemlarni biriktirish. Ushbu usulda avvalo tilning fonemlari aniqlanib olinishi lozim.[5] Fonemlar soni odatda 30–60 orasida boʻladi. Keyinchalik fonemlar yozib olinadi, yaʼni baʼzi namunaviy soʻzlar yoki gaplar yozib olinib, ular ichidan fonemlar qoʻlda yoki avtomatlashtirilgan usullar orqali ajratib olinadi. Shundan soʻng, turli fonemlarning energiya qiymatlari normallashtiriladi. Oxirida ushbu fonemlar soʻzlarni hosil qilish uchun ketma-ket bogʻlanadi. Ushbu biriktirish jarayonida fonemlar orasidagi oʻtishlarni silliq amalga oshirish uchun raqamli signalga ishlov berish usullaridan foydalanish lozim.

Bunday tizimlarning eng katta muammolaridan biri – fonemlarni aniq ajratishdir, chunki nutq signalida fonemlarning boshlanishi va tugash chegaralarini aniq belgilash qiyin masala hisoblanadi. Natijada, yakuniy fonemlar toʻplamini olish uchun koʻplab tajriba sinovlari oʻtkazilishi talab etiladi.

Fonemlar aniq ajratib olinganidan keyin ularni silliq bogʻlash jarayoni ham muhim muammo hisoblanadi.[9] Agar bir joyda bir nechta fonemdan foydalanish imkoni mavjud boʻlsa, tizim qaysi fonemni tanlashni toʻgʻri belgilashi kerak. Biroq, bu tizimlar koʻp xotira talab qilmaydi, chunki faqat cheklangan miqdordagi nutq segmentlari oldindan yozib olinadi. Shuningdek, fonemlarga ishlov berish orqali turli xil ovozlarni hosil qilish imkoniyati ham mavjud.

Difonlarni biriktirish. Boʻgʻin – fonemdan uzunroq, ammo soʻzdan kichikroq segment boʻlib, nutqning asosiy qismlaridan biri hisoblanadi. Ushbu segmentlarni biriktirish uchun bir nechta usullar mavjud. Masalan bunda difonlar (bogʻlangan fonema juftlari) biriktirish uchun segment sifatida ishlatilishi mumkin.

Kutilgan natijaga erishish uchun difonlarni biriktirish jarayoni tovushning barqaror qismlaridan amalga oshirilishi lozim. Shu sababli, nutqning barqaror qismlari – jarangli tovushlarning qoʻshimcha uzaytirilgan segmentlari, yoki deyarli nol darajadagi jarangsiz tovushlar hisoblanadi.

Nutqning jarangli qismlarida bog'lash yaxshi natija beradi, biroq ular turli vaqtlarda va turli so'zlar tarkibida yozib olinganligi sababli ikki jarangli segment orasida muvozanatsiz o'tishlar kuzatilishi mumkin.[8] Ushbu muammoni hal qilish uchun PSOLA kabi algoritmardan foydalanish mumkin.

PSOLA usuli ikkita nutq signaliga ishlov beradi. Ulardan biri jarangli qism bilan tugaydi, ikkinchisi esa jarangli qism bilan boshlanadi.[7] Ushbu jarangli qismlar bir xil fonemga tegishli bo'lishlari lozim. PSOLA ushbu ikkita signalning tovush chastotalarini o'zaro moslashtiradi va tenglashtiradi. Natijada, segmentlar orasida silliq o'tish hosil qilinadi.

Bu usul boshqa usullarga qaraganda yaxshiroq sifatga ega bo'lgan nutqni sintezlash imkonini beradi. Biroq, bu tizimlar katta hajmdagi xotira talab qiladi, chunki bunda ko'plab nutq qismlari oldindan yozib olinishi kerak. Shu bilan bir qatorda, bu usulda hosil qilingan nutq ustidan nazorat darajasi nisbatan past bo'lib, tizim odatda faqat bitta ovoz bilan cheklangan bo'ladi.

Amaliy qism: So'zlar bo'yicha konkatenatsiya tajribasi

Matndan nutq sintezlashning so'zlar konkatenatsiyasi yondoshuvi 1980-1990-yillarda keng qo'llanilgan. Leksik birliklar yoki fonemalar asosida konkatenatsiya uslubiyoti esa undan ham avvalroq – 1950-1960-yillarda vujudga kelgan. Bugungi kunga kelib, bu uslublarning o'rnini sun'iy neyron tarmoqlar asosida qurilgan modellar egallab olgan.

Maqolada matndan nutq sintezlashning klassik uslublarini muhokama qilish orqali, matndan nutq sintezlashga mo'ljallangan zamonaviy sun'iy intellekt modellarini qurishda bu kabi klassik yondoshuvlarning ba'zi imkoniyatlaridan foydalanish, shu orqali sifat va samaradorlik nuqtayi nazardan ba'zi yutuqlarga erishish ehtimolliklarining nazariy asoslarini shakllantirish mumkin.

Matndan nutq sintezlashning eng mashhur klassik yondoshuvlaridan biri – konkatenatsiya yondoshuvidir. Mazkur maqolada so'zlar konkatenatsiyasi usuli yordamida nutq signalini hosil qilish va tahlil qilish tajribasini o'tkazish maqsad qilingan.

So'zlar konkatenatsiyasi usuliga ko'ra, avvaldan yozib olingan butun so'zlarning nutq fayllari so'zlarning gapdagi o'rniga mos ketma-ketlikda ulab (konkatenatsiyalab) chiqiladi. Bunda matnda uchragan har bir so'z uchun avvaldan yozib olingan audiofayl mavjud bo'lishi lozimm Ushbu jarayonlarni tajribadan o'tkazish maqsadida quyidagi matn va uni o'qishdan hosil qilingan audio fayl olindi:

Matn:

“Hali oppoq tong. Nur uyg‘otgan qushcha tovushining ilk kumush halqachalari osmonga o‘rlab ketdi. Nim shabadada yashil bulutning har joy-har joyi sovunday ko‘pirib, azim chinorning sirli bag‘ridan chiqib kelgan sokin va qudratli shovillash olamni tutdi. Quloq solmaganga bu tovush eshitilmaydi ham, lekin Ochil buva uchun hozir tong ham go‘yo mana shu shovillashdangina iborat edi.”

Audio fayl:

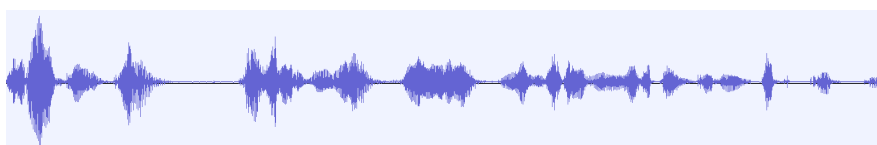


Yuqorida keltirilgan matn ichidan butunligicha qatnashuvchi so‘zlar ishtirokida quyidagi yangi (ichki) gap va uni o‘qish orqali ovozli fayl hosil qilindi:

Matn:

“Sokin tong. Ochil buva go‘yo nim shovillashdangina chiqib ketdi.”

Audio fayl:



Ajratib olingan ichki matn uchun uni og‘zaki o‘qish orqali alohida nutqiy audio fayl hosil qilib olishdan maqsad – xuddi shu matndan so‘zlar konkatenatsiyasi uslubi asosida nutq sintezlash natijasida hosil bo‘lgan audio faylni tahlil qilish, o‘zaro solishtirish va kamchiliklarni aniqlashdan iborat.

Endi ajratib olingan ichki matnda qatnashgan so‘zlarga mos nutqiy bo‘laklarni yuqoridagi umumiy matn audio faylidan qirqib olib, alohida-alohida audi fayllar sifatida saqlab olamiz va ichki matndagi so‘zlar ketma-ketligida ularni konkatenatsiyalaymiz (ulaymiz). Ushbu uslub yordamida hosil qilingan chiquvchi nutqning spektrogramma ko‘rinishi quyidagicha bo‘ldi:

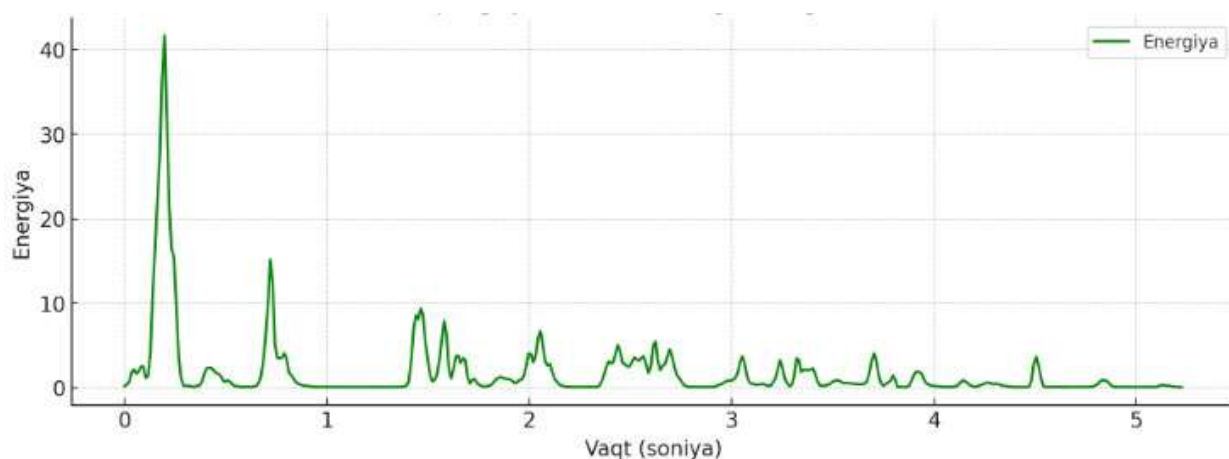


Spektogrammadan ko‘rinib turibdiki, konkatenatsiya uslubida hosil qilingan nutq signalida uzilishlar va bog‘lanish oraliqlarida ushbu matnni tabiiy o‘itib yozilgan nutq signalidagiga qaraganda kamroq.

Natijalar tahlili

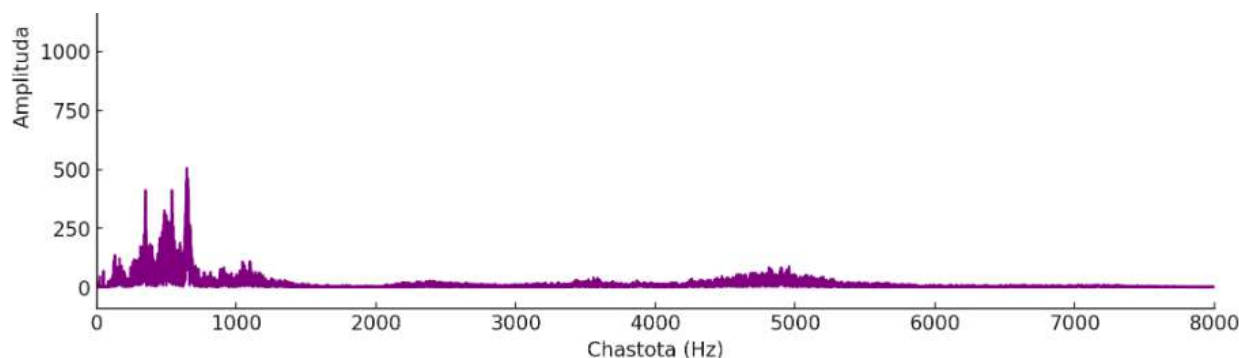
Yuqoridagi ichki matndan hosil qilingan nutq signallarini nutq prosodiyasi va fonetik xususiyatlari (urg‘u, ohang, pauzalar va tovushlarning bog‘lanishi) asosida tahlil qilib chiqamiz.

Quyidagi original nutq faylining vaqt kesimida pauzalar va urg‘u o‘zgarishlari tasvirlangan spektogrammasi keltirilgan:



Pektogrammaning yuqori nuqtalari – faol nutq bo‘lamlari, ya’ni urg‘uli so‘zlar yoki kuchli talaffuzga ega qismlari, quyi yoki nolga yaqin nuqtalarida esa, pauzali yoki sust talaffuzli qismlar tasvirlangan.

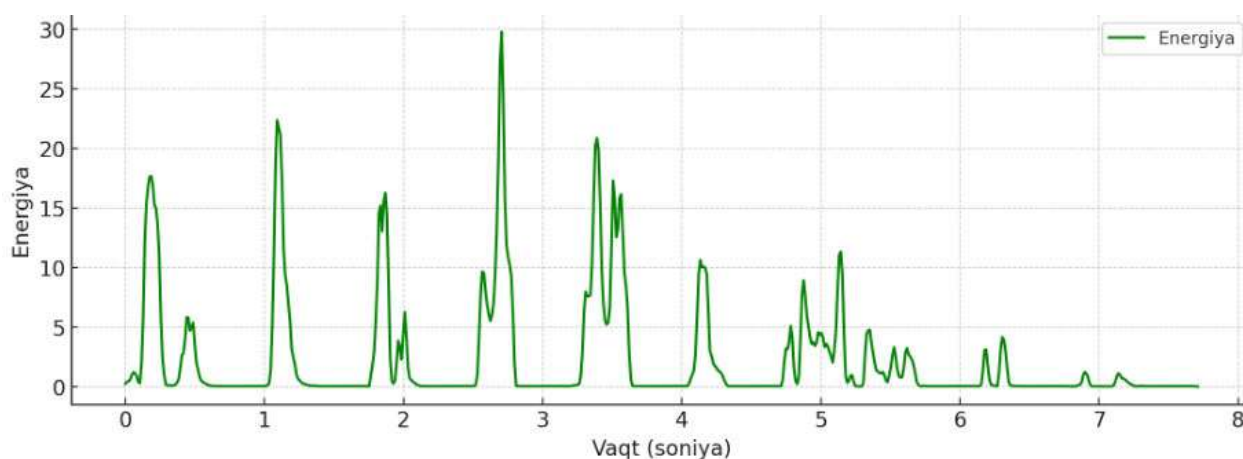
Ushbu tovush signalining quyi va yuqori chastotalarga qanday taqsimlanganligini ko‘rish qilish uchun uning chastota spektri grafigini shakllantiramiz;



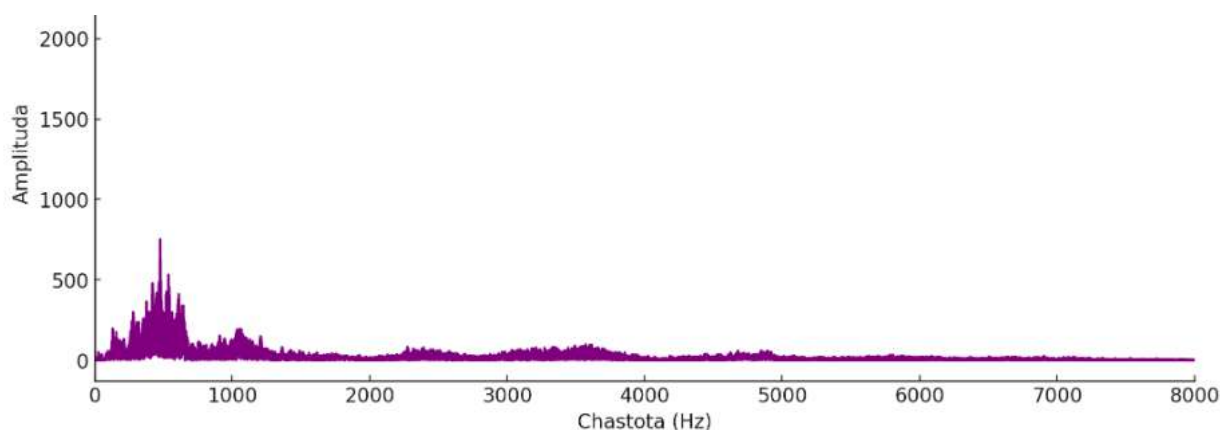
Ushbu grafik asosida quyidagi ma’lumotlarni o‘rganish mumkin:

1. Past chastotalar (0-500 Hz): Ovozning asosiy tembri va fundamental chastotasi joylashgan oraliq.
2. O'rta chastotalar (500-3000 Hz): Nutq tovushlarining asosiy shakllanishi oralig'i bo'lib, bu yerda unli tovushlar energiyasi to'plangan.
3. Yuqori chastotalar (3000-8000 Hz): Undosh tovushlar. Bu qismda ayniqsa sirg'aluvchi va shovqinli tovushlar yaqqol ko'rinadi.

Xuddi shunday, ichki matndan so'zlar konkatenatsiyasi asosida hosil qilingan nutq signalining spektrogrammalarini hosil qilib olamiz:



Bu spektrogrammaga ko'ra konkatenatsion nutq sintezlash orqali hosil qilingan nutq signalida yuqori chastota energiyalari, shuningdek uzilish va bog'lanishlarda tabiiylik nisbatan kamroq ekanligini ko'rish mumkin.



Ushbu chastota spektridan ko'rish mumkinki, konkatenatsion sintez qilingan utqda nutq temri nisbatan pastroq.

Yuqoridagi digrammalar asosida bu ikkala nutq signallarini tahlil qilish orqali quyidagicha ma'lumotlar hosil qilindi:

Xususiyat	Original nutq	Konkatenatsion nutq
Spektrogramma	Keng chastota diapazoni, bog'langan nutq	Past chastotalar ustun, pauzalar sezilarli
Urg'u va pauzalar	Barqaror, pauzalar kam	Keskin o'zgarishlar, pauzalar ko'p
Chastota spektri	O'rta va yuqori chastotalar faol	Asosan past chastotalar
Bog'lanishlar	Yaxshi bog'langan	Uzilishlar mavjud

Ushbu taqqoslash natijalariga ko'ra quyidagicha o'zaro farqlanishlarni keltirish mumkin:

1. Birinchi nutq – ravon, yuqori chastotalari faol va uzluksiz bog'langan;
2. Ikkinchi (konkatenatsion nutq) – asosan past chastotali, ko'proq pauzalar va nutq bo'laklari orasidagi uzilishlarga ega.

Ushbu nutq signallarini prosodik tahlil qilishda esa, birinchi nutq signalida intonatsiya o'zgarishi (F0) silliq, nutqiy balan-pastliklarning tabiiy shakllanganligi ya'ni urg'uli bo'laklarning alohida ajralib turishi, nutqiy jarayonning dinamikligini, ya'ni tovush balanliklarining o'zaro yaqin va muvozanatli ekanligini, ikkinchi nutq signalida esa, F0 ning juda keskin o'zgarishi yoki ba'zi joylarda statik ekanligini, ya'ni nutqiy bo'laklarning bog'lanishlaridagi tabiiyligining nisbatan pastligi, ohangning ko'tarilishi va pasayshida keskin o'zgarishlarning duch kelishini ko'rish mumkin.

Bu farqlardan kelib chiqib shuni aytish mumkinki, birinchi nutq chastotaviy taqsimoti va prosodiyasiga ko'ra ikkinchisidan tabiiyroq ekanligini anglatadi. Haqiqatdan ham, aslida birinchi nutq to'g'ridan-to'g'ri matnni o'qish orqali yozib olingan nutq fayli hisoblanadi. Bundan ajratib olingan so'zlarga mos nutqiy bo'laklar boshqa gaplarda qo'llanilganida o'z o'rnida bo'lmaganligi sababli ham tabiiylik kamayadi. Bundan tashqari, matndan nutq sintezlashning so'zlarga asoslangan konkatenatsiya uslubi katta hajmli matnlardan nutq sintezlash masalalari uchun yaxshi moslashmagan uslubdir. Ya'ni bunda ko'p sonli so'zlar uchun nutqiy bo'laklarni hosil qilish ko'p mehnatni, vaqtni hamda xotira resurslarini talab qiladi.

Yuqoridagi tahliliy ma'lumotlardan kelib chiqib, matndan nutq sintezlashning konkatenatsiya yondoshuvining difonli bog'lanish uslubi ko'proq samara va tabiiylik keltiradi. Sababi – difonli bo'lak o'ta qisqa oraliq diapazoniga ega bo'lib, difonlar bazasida har bir difon so'zning boshida, o'rtasida va oxirida kelishiga qarab kamida 3 tadan hosil qilib olinadi. Shuning uchun ham, difonli bo'laklarni birlashtirish orqali hosil qilingan nutq signali so'zli konkatenatsiya qilingan nutqqa nisbatan silliqroq va tabiiyroq chiqadi. Keyinchalik uni qo'shimcha algoritmlar yordamida yanada silliqlash mumkin. Bundan tashqari, difonli konkatenatsiya orqali nutq sintezlovchi dasturiy timni qurish nisbatan olinganda anchagina kam vaqt, kam mehnat va kamroq xotirani talab qiladi.

Bugungi kunda bu kabi matndan nutq sintezlash uslublari amalda deyarli qo'llanilmayapti. Faqatgina ba'zi kichik, tor ixtisoslashgan avtomatlashtirilgan tizimlardagina qo'llanilyapti xolos. Ularning o'rnini esa, neyron tarmoqlarga asoslangan sun'iy intellekt modellari egallagan va ularda sintezlangan nutq tabiiy nutqqa ancha yaqin. Shunga qaramay, nutq sintezlashning zamonaviy sun'iy intellekt modelini qurishda nutq prosodiyasi sifatini yanada oshirish uchun difonli konkatenatsiya uslubidan foydalanish mumkin.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda nutq sintezlashning klassik uslublari, jumladan artikulyatsion, formantli va konkatenatsion nutq sintezlash uslublarning ishlash tamoyillari va imkoniyatlari tahlil qilindi, tajribalar o'tkazildi va o'zaro taqqoslashlar natijasida ularning afzalliklari, kamchiliklar va istiqbollari to'g'risida fikr yuritildi.

Tajribalar natijalari shuni ko'rsatdiki, artikulyatsion sintezlash modeli har bir tovush uchun yuqori darajadagi tabiiylik va aniqlik darajasiga erishishi mumkin. Biroq bu kabi modelni qurish u insonning nutq hosil qilish modeliga taqlid qilinganligi sababli, ishlab chiqish o'ta murakkab va hozircha deyarli imkonsizdir.

Formant sintezlash uslubi inson nutqini insonning akustik xususiyatlarini modellashtirishga asoslangan bo'lib, bunda nutq tovushlari formantlar orqali nutqning ohangini va tiniqligini belgilash amallari bajariladi.

Nutq sintezlashning konkatenatsiya yondoshuvi tarkibiga konkatenatsiyaning bir nechta uslublarni qamrab oladi. Ular ichida eng ommalashganlari – so'zlar konkatenatsiyasi va difonli konkatenatsiya uslublari. Konkatenatsiyalashning difonli bog'lash uslubi qolganlariga qaraganda insoning tabiiy nutqiga yaqinroq va silliqroq nutq hosil qiluvchi uslubidir.

Xulosa o'rnida aytish mumkinki, nutq sintezlashning klassik yondoshuvlarini tadqiq qilish nutq sintezlash sohasini, undagi bazaviy bilimlarni yaxshi o'zlashtirib olishda yordam beradi. Hozirda matndan nutq sintezlashning klassik uslublardan juda kam foydalanilmoqda. Foydalanilganda ham, kichik, tor doirada, avtomatlashtirilgan tizimlarda, matnli ma'lumotlarni nutq signali shaklida yetkazish uchun qo'llanilmoqda. Bu uslublarni chuqurroq tahlil qilib, matndan nutq sintezlashga mo'ljallangan sun'iy intellekt modellarini qurishda ularning ba'zi imkoniyatlaridan foydalanish ehtimoligini bilib olish mumkin.



Adabiyotlar

1. Al-Bamerni, A., & Bladon, A. (1982). One-stage and two-stage temporal patterns of velar coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72, S104.
2. Alwan, A., Narayanan, S., & Haker, K. (1997). Toward articulatory-acoustic models for liquid approximants based on MRI and EPG data. Part II. The rhotics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101(2), 1078–1089.
3. Badin, P., Bailly, G., Elisei, F., & Odisio, M. (2003, August). Virtual Talking Heads and audiovisual articulatory synthesis. In *Proceedings of The 15th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS-03)* (pp. 193–197). IPA.
4. Kortekaas R., Kohlrausch A., Psychoacoustical Evaluation of the Pitch- Synchronous Overlap-and-Add Speech-Waveform Manipulation Technique Using Single-Formant Stimuli, *Journal of the Acoustical Society of America*, JASA, Vol 101
5. Allen J., Hunnicutt S., Klatt D., *From Text to Speech: The MITalk System*, Cambridge University Press, 1987
6. Black A., Taylor P., *Festival Speech Synthesis System: System Documentation*(1.1.1), Human Communication Research Centre Technical Report HCRC/TR-83, 1997
7. Carpentier F., Moulines E., Pitch-Synchronous Waveform Processing Techniques for Text-to-Speech Synthesis Using Diphones, *Proceedings of Eurospeech 89* (2): 13-19, 1989
8. Dutoit T., Leich H., MBR-PSOLA: Text-to-Speech Synthesis Based on an MBE Re-Synthesis of the Segments Database, *Speech Communication*, vol. 13: 435-440, 1993
9. Dutoit T., Pagel V., Pierret N., Bataille F., Vrecken O., The MBROLA Project: Towards a Set of High Quality Speech Synthesizers Free of Use for Non Commercial Purposes, *Proceedings*



IJTIMOIIY FANLAR



Автор

Алмаз Инятов

доцент кафедры экономика,
Каракалпакского
государственного университета
имени Бердаха.

ПУТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

Аннотация: В данной статье описываются современные научные и теоретические разработки, а также методология инновационной политики, которая позволяет нам сформулировать концептуальные основы инновационной и инвестиционной стратегии для развития новой экономики на основе знаний и инновационных разработок.

Ключевые слова: инновация, наука, инновационный путь, инвестиции, национальный рынок, новшества, научно-технический потенциал.



Copyright: © 2024 by the authors.

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



Введение

Сегодня, как свидетельствует мировой опыт, альтернативы инновационному пути развития нет. Создание, внедрение и широкое распространение новых продуктов, услуг технологических процессов становятся ключевыми факторами экономического роста, повышения эффективности хозяйственной деятельности и конкурентоспособности предприятий.

Мы стоим на позиции необходимости выбора и реализации стратегии инновационного развития, концентрации усилий народа, государства, бизнеса на освоении принципиально новых, конкурентоспособных технологий и продуктов, инновационного обновления критически устаревшего производственного аппарата, перехода к инновационному пути развития страны, повышения роли и ответственности государства за выбор и реализацию стратегии, за освоение и распространение новых поколений техники и технологий, за эффективность интеграционных процессов, за содействие повышению инновационной активности предпринимателей, ученых, конструкторов, инженеров – молодого поколения, которому предстоит принимать судьбоносные решения и осуществлять их в предстоящие десятилетия. Только на этой основе можно обеспечить высокие темпы экономического роста и социального развития.

Цель, задачи государственной политики в области развития инновационной системы страны, механизмы и основные меры по ее реализации в настоящее время определены в основных направлениях инновационной политики в области развития инновационной системы, рассматриваемой как совокупность субъектов и объектов инновационной деятельности, взаимодействующих в процессе создания и реализации инновационной продукции и осуществляющих свою деятельность в рамках проводимой государством политики в области развития инновационной системы, — это составная часть государственной научно-технической и промышленной политики.

Она представляет собой комплекс осуществляемых государством социально-экономических мер, направленных на формирование условий для развития производства конкурентоспособной инновационной продукции на базе передовых достижений науки, технологий, техники и повышение доли такой продукции в структуре производства, а также системы продвижения и реализации продукции и услуг на отечественном и мировом рынках.

Политика Республики Узбекистан в области развития инновационной системы базируется на равноправном государственно-частном партнерстве и направлена на объединение усилий и ресурсов государства и предпринимателей страны для активизации инновационной деятельности [3].

Анализ литературы по теме

Многообразие теоретико-методологических проблем исследования инновационного

развития экономики обусловила существование в настоящее время различных точек зрения на данный процесс и неоднозначных подходов к анализу его особенностей.

В качестве научного направления инновационное развитие получило распространение благодаря трудам таких ученых, как Й. Шумпетер, П. Друкер, Д. Кларк, Г. Менш, Д. Белл, Э. Денисов, Т. Кун, М. Портер и К. Эрроу. Российское научное сообщество исследователей данной проблемы представлено работами Л.И. Абалкина, С.Ю. Глазьева, А.Г. Грязновой, А.А. Дынкина, А.Г. Зельднера, А.Н. Илларионова, В.И. Иноземцева, Г.Б. Клейнера, В.В. Куликова, И.Н. Мысляевой и др.

Основы теории инновационного развития заложены Н.Кондратьевым, П.Сорокиным, С.Кузнецом, Г. Меншем, развиты в трудах современных зарубежных и отечественных исследователей Кузык Б.Н., Яковец Ю.Б., Тошпулатов Т., Расулев А.Ф., Тростьянский Д.В. и т.д. Например, наш отечественный исследователь проблемы инновационного развития экономики Д.Н.Акабиров отмечает, что “..значение науки для экономики и общества определяется не только конкретными достижениями.

Научное знание не имеет границ, и в современном мире многими плодами науки можно пользоваться, не имея мощной национальной науки. Однако есть тип знания, который невозможно получить ни в иностранной литературы, ни от иностранного эксперта. Это знание связано с функциями науки как системообразующего фактора развития страны”.

В действительности же устойчивое экономическое и научно-инновационное развитие не может возникнуть спонтанно. Оно требует наличия и успешного функционирования адекватного ситуации механизма роста, предусматривающего создание необходимых хозяйственных, финансовых и организационно-правовых условий. Следовательно, российские ученые исследователи в области инноваций А.К.Казанцев и Л.И. Миндели изучая значение инновации для экономики в целом, констатируют, что “..решающее значение для экономической динамики приобретают интенсивные факторы. В свою очередь рост квалификации кадров и производительности труда, отдачи от материалов и оборудования определяется достижениями науки и техники, передового опыта и степенью их использования в хозяйстве, т.е. распространением нововведений. Вклад научно-технического прогресса в прирост валового внутреннего продукта наиболее развитых стран составляет, по различным оценкам, от 75 до 90%.

В отечественной и зарубежной экономической литературе встречаются различные трактовки таких категорий, как «новшество», «нововведение» и «инновация». В некоторых случаях эти понятия используются в качестве синонимов, однако определенные различия между ними существуют.

Разработкой вопросов, связанных с особенностями инновационного развития экономики, плодотворно занимаются и наши отечественные ученые Гулямов С.С., Абдуллаев А.М. Ими особое внимание уделено управленческим аспектам и приёмам государственного

регулирования инновационного потенциала Республики Узбекистан. Они разработали концептуальные подходы к оценке инноваций, методологии бизнеса, конкурентоспособности, финансирование инновационной деятельности, инновационное предпринимательство и реализации инновационной политики предприятий в условиях неопределенности риска. Также они сформулировали стратегические приоритеты развития инновационной экономики в Республике Узбекистан на долгосрочную перспективу в соответствии с глобализацией, перспективными целями социально-экономического развития нашей страны.

Несмотря на наличие обширной экономической литературы, посвященной рассмотрению различных аспектов инновационного пути развития экономики, ряд проблем нуждается в дальнейшем исследовании. Сохраняются разночтения в трактовках его категориальных понятий, количественного и качественного состава факторов, сдерживающих переход Узбекистана на данный путь развития.

Методология исследования

Основной темой исследования является научное изучение закономерностей, тенденций и возможностей развития инновации в экономике Узбекистана сегодня, в частности, положительное влияние инновации на различные отрасли экономики. Развитие и перспективы нашей страны, успех широкомасштабных реформ, проводимых в республике напрямую зависят от внедрения инноваций в нашу национальную экономику.

В исследовательской работе использовались такие методы, как наблюдение, обобщение, группировка, сравнение, индукция, дедукция.

Статистические данные были получены из государственного комитета по статистике Республики Узбекистан.

Теоретико-методологическую основу исследования составляют труды представителей классической, неоклассической и институциональной экономических теорий. Ее информационно-эмпирической базой послужили материалы монографий, статей современных отечественных и зарубежных экономистов; результаты научных и научно-практических конференций. В процессе исследования использовались формально-логический, системный, дедуктивный, индуктивный и экономико-статистические методы, сравнения и аналогии, позволяющие дать описание экономических явлений и их свойств.

Анализ и результаты

Узбекистан находится в процессе перехода на качественно новый этап развития, основанный на инновациях и науке, в рамках которого нематериальная сфера превращается в важнейший фактор конкурентоспособности экономики. Как отметил Президент Республики Узбекистан Ш.Мирзиёев в своём послании Олий Мажлису «...наука и инновации создают основу для развития страны» [1].

На сегодняшний день развитие инновационной деятельности является одним из главных факторов развития предпринимательства и достижения успех на рынке. В условиях кризиса и спада экономической ситуации в стране вложение сил в инновации и их отдача являются тем направлением, что будет способствовать удержанию предприятий на плаву. При этом стоит учитывать, то что все не так просто и однозначно. То какой эффект даст вложение в инновации и их внедрение в производственные процессы зависит от созданной в стране институциональной среды регулирующей и способствующей развитию инновационной сферы[3].

Одним из важных этапов в данном направлении стало создание Министерства инновационного развития Республики Узбекистан, осуществляющего единую государственную политику в сфере инновационного и научно-технического развития республики, формирование при нем Фонда поддержки инновационного развития и новаторских идей. Вместе с тем, сохраняется ряд проблем, препятствующих налаживанию эффективных механизмов взаимодействия, укреплению связи между научными исследованиями и производственными отраслями, что прежде всего обусловлено такими факторами как:

- 1) Низкие и неудовлетворительные показатели коммерциализации результатов научных работ высших образовательных учреждений и исследований научно-исследовательских организаций;
- 2) Отсутствие механизмов стимулирования инновационных процессов, реализации комплексных программ инновационного развития и инновационной активности на региональном и отраслевом уровнях, поддержки инновационно-активных субъектов предпринимательства;
- 3) Недостаточное вовлечение представителей частного сектора в инновационную деятельность, в том числе в связи с их низкой заинтересованностью;
- 4) Отсутствие действенных мер по повышению эффективности распределения и рационального использования грантов в рамках государственных научно-технических программ;
- 5) Неудовлетворительный уровень международного сотрудничества и привлечения иностранных инвестиций в сферу научных исследований и внедрения инноваций.

В рамках инновационно-инвестиционной стратегии предстоит целеустремленная, интенсивная и масштабная реализация важнейших задач:

- ускоренное формирование национальной научно-инновационной системы, центральным ядром которой должна стать фундаментальная наука, а стержневым каркасом — научно-инновационные циклы по разработке приоритетных критических технологий;

– предоставление бесплатно всем слоям населения всеобщего универсального среднего и профессионально-технического образования, позволяющего самостоятельно осуществлять поиск знаний и повышать свой культурный уровень;

– обеспечение всем желающим гражданам, имеющих способности к самостоятельному научно-инновационному творчеству, социально-правовых предпосылок для получения высшего и послевузовского образования преимущественно бесплатно;

– организация законодательно организованной различной среды и инфраструктуры на внутриреспубликанском рынке и стимулирование выхода на мировые рынки с изобретениями, открытиями, ноу-хау.

Стоимость валовой промышленной продукции Республики Узбекистан с 2000 по 2017 годы постоянно росла. В 2017 году по сравнению с 2000 годом она увеличилась на 140692,8 млрд. сум. или в 18,3 раза. Начиная с 2018 года наблюдается ускорение роста. Это произошло по причине привлечения большого объема инвестиций в отрасль на основе программ перспективного развития промышленного сектора, отмеченные задачами Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития страны в 2017-2021 годах, введение в строй новых производственных объектов и др. С приходом пандемии мы наблюдали постепенный спад экономической активности, повышенный спрос на продовольственные товары и товары первой необходимости, рост кредитных вложений и объем денежной массы, девальвацию национальной валюты. Понятно, что карантинные ограничения негативно отразились на всех отраслях экономики снижением темпов их роста.

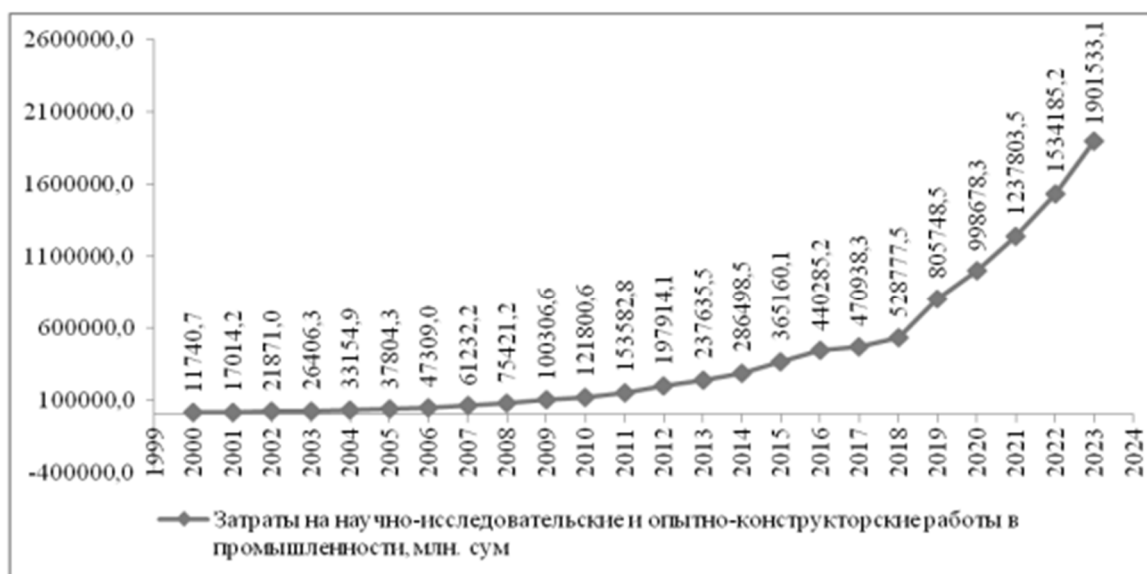


Рисунок 1. Динамика затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в промышленности Республики Узбекистан за 2000-2019 годы и прогнозные значения на 2020-2023 годы, (млн. сум) *Источник: Разработано автором на основе материалов Госкомстата РУз.*

В 2021-2023 годах прогнозируется постепенное восстановление темпов роста отраслей экономики до докризисных значений. При этом принимаем во внимание, что в условиях

продолжающейся пандемии неопределенность остается еще высокой. В данных условиях, проведение научно-исследовательских и опытноконструкторских работ в промышленности приведёт к внедрению инноваций в отрасли и росту объёма валовой продукции. В нижеследующем рисунке 1 представлены динамика проведённых в промышленности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ за 2000- 2018 годы и прогнозные значения на 2019-2023 годы [3].

Величина затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторских работ в промышленности в прогнозном периоде ежегодно составляет в среднем более 1,29 трлн. сумов. В 2023 году объём затрат на научно-исследовательские и опытноконструкторские работы по отношению к 2010 году увеличится в 15,6 раз и составит 1901533,1 млн. сум.

До некоторых пор показателями результативности научных исследований и разработок в рамках отдельных предприятий, являлось количество патентов и лицензий. В современных условиях, учитывая существующую тенденцию сокращения по ряду причин склонности к патентованию результатов НИОКР большинством предприятий, использование данного показателя в оценке инновационного потенциала вызывает сомнение в соответствии с реалиями.

Как видно, роль и место любого предприятия в национальной экономике определяется не только объемами выпускаемой продукции, величиной получаемой прибыли или дохода, но и в какой мере оно участвует в обеспечении занятости населения. Обеспечивая занятость людей, предприятие, кроме своих непосредственных производственных функций, способствует снижению безработицы, а, следовательно, росту трудовой активности и снижению социального напряжения.

Инновационная система Республики Узбекистан в настоящее время включает:

- ✓ воспроизводство знаний, путем проведения фундаментальных и поисковых исследований в республиканской академии наук, других академиях наук, имеющих государственный статус, а также в университетах страны;
- ✓ проведение прикладных исследований и технологических разработок в государственных научных центрах страны и научных организациях промышленности; внедрение научно-технических результатов в производство;
- ✓ промышленное и сельскохозяйственное производство конкурентоспособной инновационной продукции;
- ✓ развитие инфраструктурной составляющей отечественной инновационной системы;
- ✓ подготовку кадров по организации и управлению в сфере инновационной деятельности.

Несмотря на сложную ситуацию, которая сложилась в научной сфере, отечественный научно-технический потенциал остается довольно мощным. И только при эффективном использовании этого потенциала, структурной перестройке сферы науки можно будет



осуществить надлежащее научное обеспечение инновационной деятельности промышленных предприятий, что приведет к повышению конкурентоспособности отечественной продукции на международных рынках и экономическому росту.

Реализация основной цели научно-инновационной политики и концептуальных задач по переходу к инновационной экономике предусматривается в трех этапах:

1) Предполагает обоснование системно-инновационной стратегии и приоритетов развития науки, макротехнологий и инноваций; формирование национальной научно-инновационной системы; создание законодательно-правовых механизмов развития инновационной экономики и увеличения целевого финансирования инновационно-производственной сферы до 20% ВВП на основе государственной поддержки целевых программ, а также повышения доли бюджетного финансирования фундаментальной науки до 6.5 % в ВВП.

2) Второй этап состоит из диверсификации структуры экономики на базе структурно-инвестиционного маневра по обеспечению приоритетного развития наукоемких производств и инновационных технологий с дальнейшим расширением социально-инновационной инфраструктуры на основе развития национальной НИС и развертывания отечественного рынка инноваций и технологий (РИТ), формированием инвестиционно-стимулирующей налоговой системы.

3) Рассматривает переход к структурно-воспроизводственному инновационно-инвестиционному маневру с развертыванием завершенных циклов расширенного инновационного воспроизводства на основе интеграции научного и инновационного потенциалов, восстановления высококвалифицированного кадрового и научного потенциала путем введения всеобщего высшего образования, рассматриваемого в качестве базиса формирования будущего социально-научного сообщества в РУз.

Интенсивность инновационных процессов в современном мире значительно обострила экологические проблемы. Антропогенная нагрузка на окружающую среду по ряду направлений приближается к критической черте, за которой неизбежно нарушение нормального кругооборота веществ в природе. С другой стороны, только с помощью инноваций возможно гармонизировать отношения между человеком и природой. Ведь именно научно-технические достижения позволяют уменьшить использование невозобновимых ресурсов и вредные выбросы путем рационализации структуры производства и потребления, а также распространения рециклических технологий. «Мы поставили перед собой великую цель – формирование фундамента нового Ренессанса в нашей стране и с этой целью должны создать среду и условия для воспитания новых Хорезми, Беруни, Ибн Сино, Улугбеков, Навои и Бабуров. Важнейшими факторами в этом историческом процессе, неотъемлемой частью нашей национальной идеи являются развитие образования и воспитания, науки и инноваций, утверждение здорового образа жизни»[1].

По большому счету инновации воздействуют на экономику так же, как и на организацию только в макроэкономических масштабах. Четыре основных выгоды инноваций для предприятий можно перенести и на макроэкономическую сферу:

1) повышается конкурентоспособность (в этом случае среди экономик разных государств). Конкурентоспособность государства определяется как "мера возможности страны при условиях свободного и справедливого рынка вырабатывать товары и услуги, которые отвечают требованиям мировых рынков при одновременном сохранении или повышении реальных доходов своих граждан"[4].

2) повышается качество "продукции" (её на экономическом уровне заменяет население), т.е. растёт качество жизни -экономятся производственные затраты (экономика требует меньше инвестиций, становится более самоуправляемой)

3) обеспечение стабильного экономического роста государства.

Последнее - наиболее важное значение, из которого, по большому счету, вытекают три предыдущих. Значение инноваций для экономического роста можно подтвердить многочисленными исследованиями. Например, в одном из них учитывался технический прогресс, не воплощенный в производственных факторах (труд и капитал), а влияние освоения новшеств производством, что обеспечило получение дополнительной прибыли. Выяснилось, что инновации дают колоссальную добавочную прибыль, которую другие параллельно развивающиеся государства получить без инноваций не могут, и генератором которой можно считать научные учреждения. По оценкам, вклад инноваций в развитие экономики наших дней составляет 60-70% (поэтому можно называть современную экономику наукоемкой) [8].

Экономический рост - это динамика физических объемов производства и потребления товаров и услуг. Качественный экономический рост нужно понимать как разницу в развитии между одним государством и всеми остальными. Он обеспечивается за счет инноваций, которые, тем и примечательны, что дают пользователю добавочную экономическую прибыль. Эта добавочная прибыль и служит разницей в развитии между государствами, ведь любое экономическое развитие упирается в финансовые ресурсы. Нужно сказать что, функциональная роль инновационных отношений в экономической системе также во многом зависит от того, какие виды инноваций внедряются в экономику. Решающая роль в развитии экономической системы принадлежит базисным нововведениям, условия для массового освоения (инновационного взрыва) которых создаются при экономическом кризисе на фазе депрессии (технико-технологического застоя). В этот период образуются пучки (кластеры) базисных нововведений, позволяющих выйти из этого застоя и обеспечить экономический рост [9].

Экономический рост будет обеспечиваться в первую очередь за счет создания конкурентоспособных производственных цепочек и наращивания инвестиций на эти цели.



Согласно исследованиям Гарвардского университета, наша страна имеет все возможности и относительные преимущества в производстве промышленных товаров более 50 наименований.

В частности, имеются все условия для того, чтобы нефтехимическая, металлургическая, машиностроительная, электротехническая, строительная, фармацевтическая, текстильная, кожевенно-обувная, пищевая отрасли, а также сферы, связанные с «зеленой экономикой», стали «драйверами» национальной экономики. [1]

Таким образом, инновации в системе функционирования экономики выступают, по большому счету, как материальная основа повышения эффективности производства. Именно они играют первостепенную роль в наращивании объемов выпуска продукции. Так, например, прирост национального дохода, по подсчетам зарубежных специалистов, за счет инноваций оценивается в размере 80-90%. Инновационная деятельность, таким образом, дает толчок самодвижению, является первичным импульсом нарушения равновесия и придания экономическому механизму активной роли и повышает ее синергетический эффект. Поэтому, в нашей республике придается особое значение развитию инновационной деятельности и совершенствованию системы управления сферой науки, в частности, указ Президента Республики Узбекистан “Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года” от 29-октября 2020-года тому является подтверждением. Данная концепция предусматривает следующее:

- совершенствование системы управления сферой науки;
- совершенствование системы финансирования науки и научной деятельности, а также диверсификация источников финансирования;
- подготовка высококвалифицированных научных и инженерных кадров и их ориентация на научную деятельность;
- создание современной инфраструктуры развития науки;
- формирование современной информационной среды, способствующих развитию науки. [4].

Значение инноваций также можно представить в виде социально-экономических функций, выполняемых этим явлением:

Первая функция состоит в том, что практически все изобретения направлены на уменьшение затрат энергии, живого труда, создают возможности вовлечения в производство новых производственных сил, повышают эффективность труда и производства.

Вторая функция инноваций - повышение качества произведенных продуктов, что ведет к росту уровня производства и потребления, способствует улучшению качества жизни.

Третья функция инноваций состоит в том, что они, повышая качество, снижая затраты и совершенствуя потребление, способствуют поддержанию пропорций между спросом и предложением, между производством и потреблением.

Четвертая функция - в ходе разработки при использовании инноваций человек развивается - реализуются его интеллектуальные способности, создаются условия для дальнейшего творческого роста [5].

В связи со всем вышеизложенным на сегодняшний день важнейшей целью в сфере совершенствования инновационной деятельности является формирование единой государственной политики, направленной на определение перспектив и механизмов, обеспечивающих активизацию инновационных процессов как источника роста экономики в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Необходимо вновь подчеркнуть, что инновации являются одним из основных средств интенсивного экономического роста. Не случайно наиболее развитые страны (Швейцарии, США, Сингапур, Нидерланды, Ирландия и др.) возглавляют список стран с наиболее высокими индексами конкурентоспособности по оценкам экспертов Всемирного банка за 2016 год.

Страны	Уровень развития		Индикаторы инновационного развития		
	ВВП на душу населения (в тыс. долл.)	ВВП на душу населения по ППС (в тыс. долл.)	Глобальный инновационный индекс	Экспорт высокотехнологичных товаров (% от экспорта промышленных товаров)	Статьи в международных журналах
Швейцария	79,9	63,9	66,3	27,1	2534,4
США	57,6	57,6	61,4	20	1265,7
Сингапур	53,0	87,8	59,2	67,4	2007,0
Ирландия	64,2	71,5	59,0	29,8	1431,8
Нидерланды	45,6	50,5	58,3	-	1759,8
Средняя по странам	50,8	53,8	57,8	21,4	4455,7
Узбекистан	2,1	6,5	29,1	4,7	11,2
Разрыв между средней по странам и Узбекистаном	24,1	8,3	2,0	4,5	397,5

Рисунок 2. Страны-лидеры по уровню интенсивного экономического роста. Источник: World Bank – World Development Indicators (<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>).

Таким образом, государство, укрепляя свой научный потенциал, способствует развитию



национальной экономики, что повышает ее конкурентоспособность в глобальном экономическом пространстве. Роль инноваций в современном мире трудно переоценить. Инновации выполняют как экономическую, так и социальную функцию, охватывают все стороны жизни общества, затрагивают личностные вопросы. В долгосрочной перспективе без инновационной деятельности невозможен дальнейший экономический и культурный рост по интенсивному пути развития.

Выводы и предложения

Недостаточно разработаны проблемы взаимодействия крупных корпораций и государства и вопросы, касающиеся изучения механизмов, регулирующих процессы движения капитала. Нерешенным остается ряд вопросов концептуально-методологического характера, в том числе связанных с необходимостью обосновать предполагаемые направления по формированию инновационного пути развития экономики.

Предстоит осуществить структурно-инвестиционный маневр в целях создания предпосылок для перехода к инновационной экономике и развития наукоемких производств. Для этого необходимо:

1) Обеспечить многократное увеличение емкости национального рынка и существенно улучшить качественную структуру спроса на отечественную наукоемкую продукцию в соответствии с долгосрочными приоритетами развития инновационного производства и сферы услуг.

2) Сформировать отечественный инвестиционно-финансовый рынок и ввести механизмы государственного стимулирования роста финансовой активности населения для инвестирования приоритетного развития наукоемких отраслей экономики и социальной сферы на базе инноваций.

3) Опираясь на зарубежный опыт создать узбекский фонд общественного развития (УзФОР), как это сделано в зарубежных странах, финансовые средства которого должны начисляться на индивидуальные накопительные счета каждому гражданину, начиная от рождения и до самой смерти, а затем направляться на инвестирование инновационной экономики.

Для достижения намеченных целей должны быть созданы социально-экономические предпосылки и механизмы по решению следующих основных задач:

1) обеспечение опережающего развития фундаментальной науки, важнейших прикладных исследований и разработок;

2) предоставление государственного программного финансирования научных исследований;

3) совершенствование нормативно-правовой базы научной, научно-технической и инновационной деятельности;

4) рациональное сочетание государственного регулирования и рыночных механизмов;



- 5) совершенствование системы подготовки научных и инженерных кадров высшей квалификации в области науки и технологий;
- 6) разработка и модернизация оборонных инноваций;
- 7) повышение экономической и инновационной безопасности в стране.

В целом можно сделать вывод, что Узбекистан обладает базовыми условиями для перехода к инновационному типу развития экономики, сформированы необходимые элементы национальной инновационной системы.

Мощным импульсом для развития инновационной деятельности в республике может послужить вовлечение в данную сферу частного, корпоративного и иностранного капитала.



Adabiyotlar

1. Послание Президента Республики Узбекистан Ш. Мирзиёева Олий Мажлису Республики Узбекистан. 29.12.2020 г.
2. Указ Президента Республики Узбекистан “Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года”. №УП-6097, 29.10.2020.
3. Указ Президента Республики Узбекистан №-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации». // Народное слово. – Ташкент, 6 октября 2020 г.
4. Акабирова Д.Н. Инновационная стратегия (уч.пос.) – Т.:Иқтисодиёт, 2011г. – 352 стр.
5. Гулямов С.С., Абдуллаев А.М. и др. Инновационный потенциал и его влияние на конкурентное развитие экономики страны (теоретико-методологические аспекты) . - Т.: Фан ва технология, 2016 – 884 с.
6. Олимжонов А. Инновационный путь развития экономики Узбекистана. “Иқтисодиёт ва инновацион технологиялар” илмий электрон журнали. № 2, март-апрель, 2017 йил.
7. Инятов, А. Р., Адильчаев, Р. Т. И др. (2013). Важность вовлечения цифровой экономики в экономику страны. SCIENCE AND WORLD, 50.
8. Инятов, А. Р., Тлеуов, Н. Р., & Кайпназарова, Г. Х. (2018). Некоторые проблемы эффективного внедрения информационных технологий на предприятиях. Правовестник, (8), 32-35.
9. Инятов, А. Р., & Реймбаева, З. (2021). Некоторые проблемы инновационного развития и конкурентоспособности экономики страны. In Экономический рост: управление и организация (pp. 26-28).
10. Инятов, А. Р., & Адильчаев, Б. П. (2022). Перспективы и новые направления развития экотуризма в республике Каракалпакстан. In Экономическое развитие России: точка баланса в мировой экосистеме и инфраструктура будущего (pp. 106-111).
11. Инятов, А. Р., Reimbaeva Z.A., Qoblanov J. (2021). Повышения эффективности управления инфраструктурой инновационной деятельности In Научно-практический журнал «Заметки ученого» №7 /2021 2-часть, Ростов-на-Дону 2021 (pp. 75-79).

*Muallif***Dilbar Raximova**

Pedagogika va psixologiya kafedrası,
“University of management and
future technologies” universiteti,
Toshkent, 100208, O‘zbekiston;
raximova@umft.uz

O‘SPIRIN YOSHLARNI OILAVIY HAYOTGA TAYYORLASHDA SHAXSIY YETUKLIK XUSUSIYATLARINING TA’SIRI

Annotatsiya: Oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarni shakllantirishda ota-ona maqomi, ularga nisbatan qadr-qimmat tuyg‘usi, sog‘lom turmush tarzi, oila qurish motivlari, oila funksiyalari haqidagi bilimlarni tarkib toptirish ilk o‘spirin va o‘spirin yoshining faol davri sifatida e‘tiborga olish maqsadga muvofiq. Ilk o‘spirin va o‘spirin davrida yoshlarni oilaviy hayotga tayyorlashda psixologik yetuklik omillari: shaxsiy, intellektual va ijtimoiy-psixologik yetuklik xususiyatlarini rivojlantirish zarur.

Kalit so‘zlar: oila, shaxsiy yetuklik komponentlari, o‘zining «Men»iga munosabat, fuqarolik burchini his qilish, hayotiy ustanovkalar ijtimoiy– psixologik texnologiyalari, psixologik trening, oilaviy hayot haqidagi tasavvurlar.



Copyright: © 2024 by the authors.

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



Kirish

“Jamiyatda ijtimoiy-ma’naviy muhitni sog‘lamlashtirish, mahalla institutini yanada qo‘llab-quvvatlash hamda oila va xotin-qizlar bilan ishlash tizimini yangi darajaga olib chiqish chora-tadbirlari to‘g‘risida” Farmoni [3] ijrosini ta’minlash Vazirlar Mahkamasining “Oila institutini yanada rivojlantirish va yoshlarni oilaviy hayotga tayyorlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qaror [5] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston—2030” strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoniga muvofiq [4], shuningdek, “O‘zbekiston2030” strategiyasining “Har bir insonga o‘z salohiyatini ro‘yobga chiqarish uchun munosib sharoitlar yaratish” yo‘nalishi doirasida aholi talablariga va xalqaro standartlarga to‘liq javob beradigan ta’lim, tibbiyot va ijtimoiy himoya tizimini tashkil qilish “Yoshlarni qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha chora-tadbirlar”, hamda mazkur sohaga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda yoshlarni oilaviy hayotga tayyorlashga doir belgilangan vazifalarni amalga oshirishda muayyan darajada xizmat qiladi.

Uzoq va yaqin xorij olimlaridan shaxs psixologik yetukligi masalasi bo‘yicha Ingliz olimi Lokk “Shaxsning psixologik yetukligi hayot tajribalaridan, qayta ishlangan ichki tajribalar, xotira, farq qilish, taqqoslash, murakkab tasavvurlardan shakllanishi..”[10], nemis psixologi I.Gerbardning fikricha “Psixik elementlar tasavvurlardir, qolgan barcha protsesslar-hissiyot, iroda tasavvurlar kombinatsiyasidan va munosabatlaridan iboratdir” [11], “Yetuklikni davrlashtirish muammosi yetuklikning bosqichlari turli olimlar tomonidan turlicha talqin qilingan. Yoshlikning asosiy vazifalari va muammolari: hayotiy rejalarni aniqlashtirish va ularni amalga oshirishga kirishish; o‘zligini topish individuallikni ishlab chiqish; o‘zining huquq va majburiyatlarini bilgan yetuk inson deb anglash; turmush o‘rtoq tanlash va o‘z oilasini qurish; kasbiy faoliyatda ixtisoslashish va mahoratni egallash.”, degan fikrni ilgari surganlar.

Ilmiy ishimiz doirasida oldimizga qo‘ygan vazifalarni aniqlash maqsadida Yu. E. Alyoshina, L. Ya. Gozman, E. M. Dubovskaya “Oiladagi rollarni taqsimlash xususiyatlarini aniqlash” metodikalari, B.B.Stolin, T.L.Romanovalarning “Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklikni aniqlash” psixodiagnostik metodikasi, Yu.Z.Gilbuxning “Shaxsiy yetuklik test-so‘rovi”, N.N.Obozovning “Iroda kuchini baholash” psixodiagnostik metodikasi, Ye.P.I‘lin, Ye.K.Feshenko “Sabr-toqatlikni baholash” metodikasi, G‘.B.Shoumarovning “Nikohga ma’naviy tayyorlik” psixodiagnostik metodikasi, G‘.B.Shoumarovning “Oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarini o‘rganish” psixodiagnostik test so‘rovnomasi, N.A.Sog‘inov, G‘.B.Shoumarovning “Oilaviy rollar va funksiyalar” haqidagi tasavvurlarni aniqlash psixodiagnostik so‘rovnomasi o‘tkazildi. Unga kiritilgan savollar va topshiriqlar yordamida tekshiriluvchilarning oila to‘g‘risidagi umumiy tasavvurlari, oilaviy qadriyatlarga munosabatlari, oilaviy rollar va ularda har bir oila a‘zosining o‘rni va ulushi haqidagi tasavvurlari va reproduktiv tasavvurlarini aniqlash mumkin bo‘ldi. Tadqiqotimizning *muammosi* bo‘lib, o‘spirinlarning oilaviy hayotga yetukligi, ularda ijtimoiy-psixologik tasavvurlarning shakllanishi va ularning o‘ziga xosligi bo‘lib xizmat qildi. Bu o‘rinda g‘oya shundan iboratki, har bir shaxsning mustaqil oilaviy hayotga qadam qo‘yishi va oilaviy o‘zaro faol o‘ziga xos o‘rni, undagi oilaviy ijtimoiy tasavvurlarning shakllanganlik darajasi bilan bog‘liqdir. Ana shu psixologik jarayonlarning ijtimoiy-psixologik xususiyatlarini kuzatish maqsadida biz turmush qurmagan yigit va qizlarning oila to‘g‘risidagi tasavvurlarini o‘rgandik. Yuqoridagi vazifalarni amalga

oshirish jarayonida biz bir qancha ilmiy tushunchalar bilan ishladik, shuning uchun ham «oilaviy ijtimoiy tasavvurlar», «oilaviy rollar: status-mavqe, rol, oilaviy funksiyalar» «oila lideri», «oilaviy ustanovkalar», «reproduktiv tasavvurlar» kabi tushunchalarga ta'rif berishni o'rinli deb hisoblaymiz.

Oilaviy ijtimoiy tasavvurlarga ta'rif berishdan avval, umuman «tasavvur» tushunchasiga to'xtalib o'tamiz. Shaxsning atrof - borliq to'g'risidagi bilimlari uning shaxsiy tajribasi bilan bog'liq ravishda unda tasavvurlar tizimini tashkil etadi. U yoki bu ob'ekt yoki hodisa haqida bilimning yo'qligi tasavvurning ham yo'qligidan darak beradi. Shaxsgacha yetib kelayotgan ma'lumotlar va ular asosida shakllanayotgan bilimlar aniq, yoki, noaniq, to'g'ri yoki noto'g'ri, biror narsa vosita bo'lganligi uchun ham tasavvurlar ham ana shunday belgilar asosida turlarga bo'linadi. Tasavvur yuzaki va chuqur ma'noli, keng miqiyosli yoki tor bo'lgani uchun ham ularning har bir shaxsda shakllanganligi, darajasi haqida gapirish mumkin. Shakllanganlik darajasi 3 xil bulishi mumkin: *quyi, o'rta va yuqori* darajali. Bu darajalar tasavvur obrazlarining ularning real ob'ektlariga qanchalik adekvat - aks etishi bilan bog'liqdir. Masalan, tasavvurlar shakllanganligining quyi darajasi odamdagi oddiy, sodda, kundalik ikir - chikirlar yuzasidan paydo bo'ladigan tasavvur obrazlari bilan xarakterlanadi. Unda ob'ektlar haqidagi tasavvurlar ancha xira tartibga bo'lib, ularning yo'qolishi ham shunchalik oson bo'ladi. Bunday obrazlardan shaxs o'zi uchun muhim, mohiyat jixatdan ahamiyatlisini ajratib olishi qiyin bo'ladi. Tasavvurlar shakllanganligining o'rtacha darajasi ob'ektlar haqidagi qarashlarni o'z ichiga oladi, lekin shaxs uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan, shaxsiy ma'no kasb etgan xodisalar kirmaydi. Bu darajadagi tasavvurlar yoshlarga xos bo'lib, ularda to'g'ri, ob'ektiv tasavvurlar ilmiy asossiz boshqa tasavvurlar bilan uyg'unlashgan shuning uchun doimo ham xulk-atvorni yo'nalishini belgilab bermaydi. O'zbekiston Respublikasi Oila kodeksida "Nikoh yoshi erkaklar va ayollar uchun o'n sakkiz yosh etib belgilanadi." ¹ Nikoh yoshiga qadam qo'yayotgan yoshlarni oila va oilaviy munosabatlar haqidagi tasavvurlarni shakllantirish ahamiyatga ega. Bizning fikrimizcha, tasavvurlar shakllanganligining yuqori daraja o'spirinlik yoshidan boshlanib, unda borliq haqidagi bilimlar tizimi shakllangan bo'lib, muhim hayotiy ahamiyatga ega bo'lgan hodisa va ob'ektlar haqida aniq tasavvurlar mavjud bo'ladi. Bu tizimda shaxs uchun o'ta muhim elementlar bo'lib, shaxsning boshqa tasavvurlari ana shu muhim elementlar atrofida uyg'unlashgan bo'ladi. Bu daraja tasavvurlarning ob'ektivligi bilan xarakterlanib, ular shakllanish jixatidan ijtimoiy tabiatga ega bo'ladi. Xuddi shu ma'noda oilaviy ijtimoiy tasavvurlar yuqori darajada shakllangan ijtimoiy tasavvurlardir. Turmush bo'sag'asidagi yoshlarda oila tushunchasi ko'proq «mustaqil hayot», «sevgi», «sadokat», «vafo», «bir - birini tushunish», «er-xotin uzaro munosabatlari» bilan bog'liq assotsiatsiyalarni uyg'otadi va bu ularning yoshligi, yoshlik qadriyatlari xarakteri bilan bog'liqdir. Bu o'rinda yana shuni aytish mumkinki, qizlarning o'z tenqurlari bo'lgan yigitlar bilan assotsiatsiyalarni solishtirish natijasi ham bu yerda ko'p hollarda umumiyliklar borligini ko'rsatadi: masalan, oila ikkala toifada ham birinchi navbatda sevgi - muhabbat, er - xotin munosabatlari, bolalar tarbiyasi, muammo va ehtiyojlar borligi, liderning bo'lishi ikkala guruhda ham taxminan yaqin qiymatlarda ifodalangan, bundan tashqari, oilaviy mojarolar, ziddiyatlarning borligi ular uchun aktual bo'lmaganligidami, ular bu tushunchani umuman qayd etmaganlar.

Shunday qilib, biz tekshirgan shaxslarning barchasida oila to'g'risidagi umumiy tasavvurlar mavjud va ular ma'lum bir ma'noda davr talabi va normalar bilan hamohang, lekin, bu tasavvurlarning xarakteri shaxsning jinsi, yoshiga va hayot tajribasiga mos holda har xil bo'lishi mumkin. Tasavvurlar to'liqligi shaxsning dunyoqarashi, bilimlari boyligi, muloqodtining rang-barangligi bilan bog'liq bo'lgani uchun ularni mazmunan boyitish, mustahkamlash, bilimlarini ongiga etkazishning barcha usullardan foydalanish lozim.

Asosiy qism

O'spirin yoshlarni "Oilaviy hayot haqidagi tasavvurlari va psixologik yetuklikka ta'sir etuvchi omillarni aniqlash" bo'yicha o'tkazilgan ijtimoiy so'rovnoma tahlili:

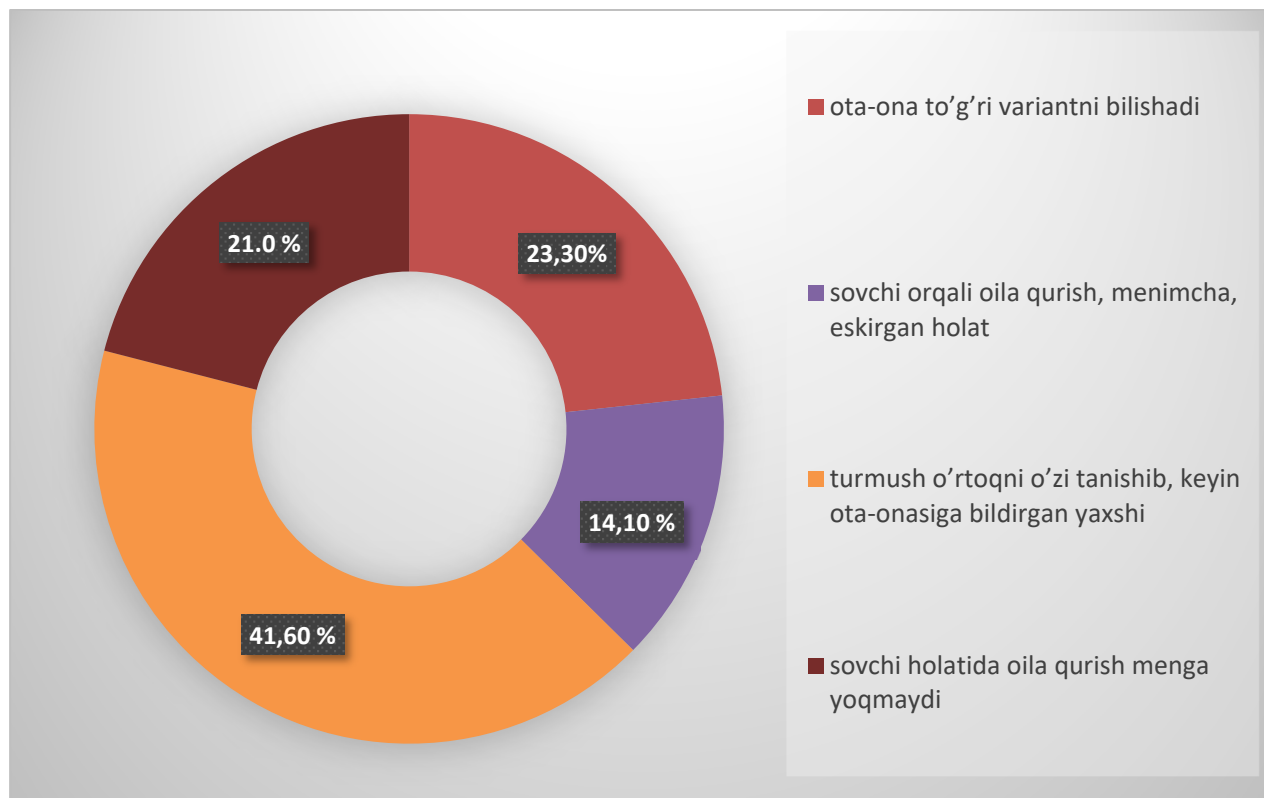
Respondentlarning oila va oilaviy munosabatlar haqidagi ma'lumotlarni olish manbalari tahlilini o'tkazganimizda "Oila va oilaviy munosabatlar haqidagi ma'lumotlarni ko'proq qayerdan yoki kimlardan olasiz?"-deya berilgan savolga javoblarini tahlil qilishimizda shu ma'lum bo'ldiki, oila va oilaviy munosabatlar haqidagi aksariyat ma'lumotlarni maxsus manbalardan emas, balki ijtimoiy tarmoqlardan o'rganishi ma'lum bo'ldi. O'spirin yoshlarning oila, turmush masalalariga qiziqishi, aksariyati axborotlar manbayi ijtimoiy tarmoq ekanligini aniqlandi. (1-jadval).

1-jadval. Respondentlarning oila va oilaviy munosabatlar haqidagi ma'lumotlarni olish manbalari tahlili n=462)

№	Javob variantlari	Tanlovlar qiymati
1	Televizor, internet (Facebook, Instagram) dan ma'lumot olaman	44,6%
2	Do'stlarimdan ma'lumot olaman	32,7%
3	Oila haqida maxsus ma'lumot deyarli yo'q	22,7%

Respondentlarning sovchi orqali oila qurishga nisbatan bildirgan munosabatlarini quyidagi "Sovchi orqali oila qurishga qanday munosabatdasiz?"-deya berilgan savolga javoblarini tahlil qilganimizda (n=462) 23,30% o'spirin yoshlar "Ota-ona to'g'ri variantni bilishadi" javobini; 14,10% o'spirin yoshlar "Sovchi orqali oila qurish eskirgan holat"-deb belgilashgani, 41,60% o'spirinlar "Turmush o'rtoqni o'zi tanlab, keyin ota-onaga bildirgan yaxshi"-degan javobni, 21% o'quvchilar "Sovchi orqali oila qurish men uchun yoqmaydi deya javob berganlar. Oila qurish motivlari va oila qurishga bo'lgan tasavvurlarini tahlili shuni ko'rsatadi-ki, o'spirin yoshlarning mustaqil tanishib oila qurishga bo'lgan qarashlari yetakchi o'rinda ega ekanlig tadqiqot jarayonida aniqlandi (1-rasm).

(Sovchi orqali oila qurishga qanday munosabatdasiz?)

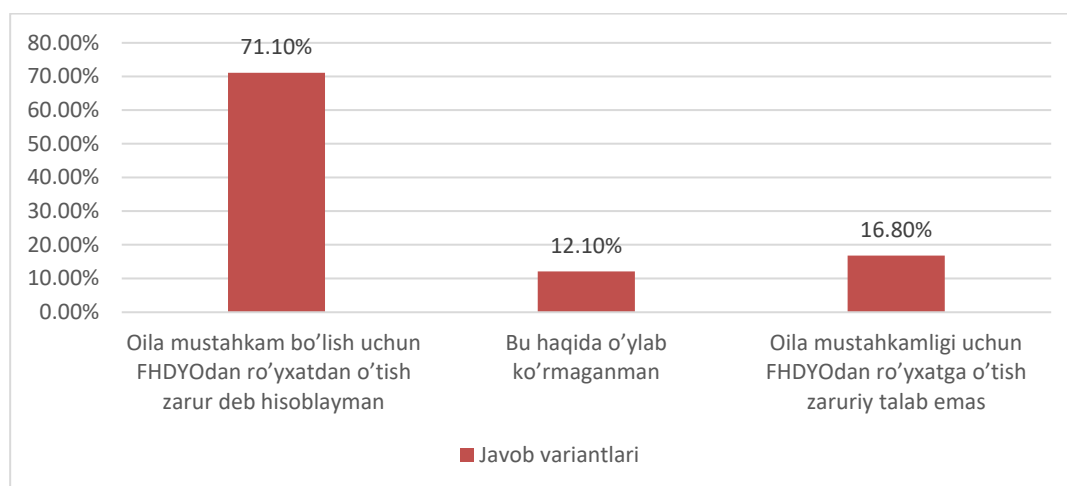


1-rasm. Respondentlarning sovchi orqali oila qurishga nisbatan bildirgan munosabatlari (n=462)

Ma'lumki oila mustahkamligi uchun har bir oila qurayotgan shaxs FHDYO (Fuqarolik holatini qayd etish organi) dan ro'yhatdan o'tishi maqsadga muvofiqdir. Biz o'spirin yoshlarni huquqiy ongi qanday shakllangani o'rganish maqsadida respondentlarning FHDYO dan ro'yhatdan o'tishga nisbatan bildirgan fikrlari (n=462) o'rganildi. Quyidagi "FHDYO dan ro'yhatdan o'tish hozirgi zamonda muhim deb hisoblaysizmi?"-degan savolimizga respondentlarning 71,10% "Oila mustahkam bo'lishi uchun FHDYO dan ro'yhatdan o'tish zarur"-deb hisoblagan. 21,10% o'spirin yoshlar FHDYO dan ro'yhatdan o'tish haqida o'ylab ko'rmaganligi va respondentlarning 16,80% "Oila mustahkamligi uchun FHDYO dan ro'yhatdan o'tish zaruriy talab emas"-deb javob berganliklari tadqiqot jarayonida aniqlandi.

Oila mustahkamligi uchun dastlabki muhim omil shaxsning huquqiy ongining shakllanishidir. Shunday ekan respondentlarning yuqorida keltirilgan javoblarining ko'rsatkichlariga asoslanib, kelajakda mustahkam oila qurishlari uchun ijtimoiyy-psixologik va huquqiy bilimlarni o'zlashtirish dolzarb muammo ekanligi tadqiqotimiz jarayonida o'spirinlarning savollarga bergan javoblaridan aniqlandi (2-rasm).

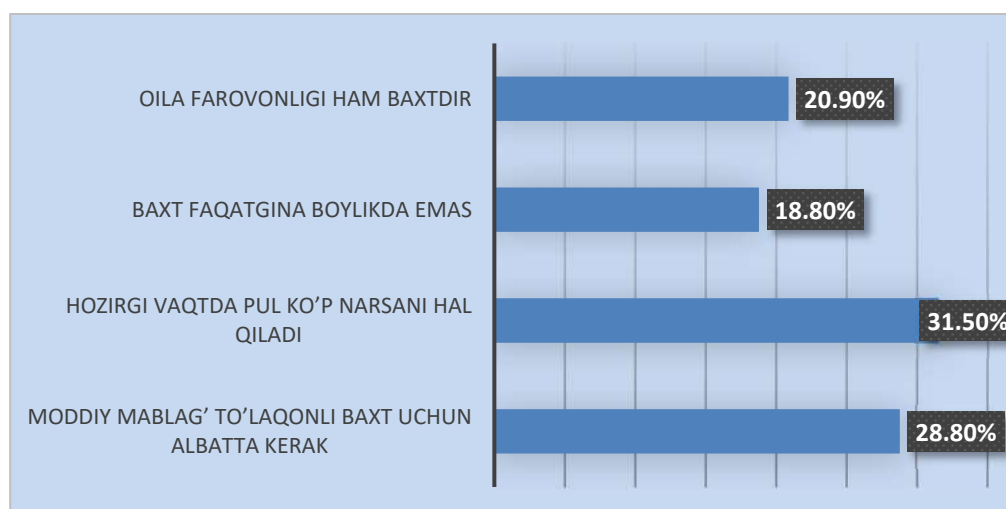
(FHDYO dan ro'yxatdan o'tish hozirgi zamonda muhim deb hisoblaysizmi?)



2-rasm. Respondentlarning FHDYOdin ro'yxatdan o'tishga nisbatan bildirgan fikrlari (n=462)

Oilaning felitsitologik funksiyasi haqidagi tasavvurlarini o'rganish maqsadida "Inson baxtli bo'lishi uchun moddiy mablag'ning ahamiyati" bo'yicha bildirgan qarashlarini o'rganildi va quyidagi: "Moddiy mablag' yetarli bo'lsa, inson baxtli bo'lishi aniq"-degan fikrga respondentlar munosbati o'rganildi. 20,90% o'spirin yoshlar "Oila farovonligi ham baxtdir" javobini, 18,80% o'spirin yoshlar "Baxt faqat boylikda emas" deb belgilaganlar, 31,50% respondentlar "Hozirgi vaqtda pul ko'p narsani hal qiladi"degan fikrda to'xtalغانlar, 28,80% o'spirin yoshlar "Moddiy mablag' to'laqonli baxt uchun albatta kerak" deb javob berganlar. Tadqiqotimiz jarayonida o'spirin yoshlar oilaning felitsitologik funksiyasi haqidagi tasavvurlarini shakllantirish kelajakda baxtli oila qurishlari uchun zaruriy omil bo'lib hizmat qiladi (3-rasm).

("Moddiy mablag'i yetarli bo'lsa, inson baxtli bo'lishi aniq"- dega fikrga qanday qaraysiz?)



3-rasm. Inson baxtli bo'lishida moddiy mablag'larning ahamiyati bo'yicha bildirilgan qarashlar

(n=462)

2-jadval. Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik va shaxsiy yetuklik orasidagi aloqadorlik (N=462) (Spirmen mezoni bo'yicha)

Shaxsiy yetuklik komponentlari	Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik
Muvaffaqiyatga erishish motivatsiyasi	0,044
O'zining «Men»iga munosabat	0,256**
Fuqarolik burchini his qilish	-0,009
Hayotiy ustanovkalar	0,006
Boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati	0,201*

Izoh: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Tadqiqotimizda respondentlarning oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik xususiyatlari va shaxsiy yetuklik komponentlari o'rtasida ahamiyatli farqlar aniqlandi. Shaxsning o'zining «Men»iga munosabat komponenti ($H=0,256$; $p \leq 0,05$) va boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati o'rtasida korrelyatsion aloqalarni tasdiqlaydi ($H=0,201^*$; $p \leq 0,01$). O'spirin yoshlarni o'ziga to'g'ri baho berishlari va boshqa odamlar bilan psixologik yaqinlik qobiliyatlari oilaviy hayotga psixologik yetuklik xususiyatlarini asosiy omili bo'lishi mumkin (1-jadvalga qarang).

3-jadval. Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik va shaxsiy yetuklik orasidagi aloqadorlikning hududlar kesimida namoyon bo'lishi (N=462) (Spirmen mezoni bo'yicha)

Shaxsiy yetuklik komponentlari	Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik		
	Toshkent	Buxoro	Surxondaryo
Muvaffaqiyatga erishish motivatsiyasi	0,125	0,122	-0,111
O'zining «Men»iga munosabat	0,158*	-0,040	0,045
Fuqarolik burchini his qilish	-0,030	0,009	-0,004
Hayotiy ustanovkalar	-0,009	0,168*	0,147*
Boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati	0,144*	-0,041	-0,013

Izoh: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Tadqiqot natijalari Toshkent shahri, Buxoro va Surxondaryo viloyatlarida o'rganilganda,

Toshkent shahridagi ilk o'spirin va o'spirin davrdagi yoshlarning oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik va shaxsiy yetuklik komponentlaridan o'zining «Men»iga munosabat o'rtasida korrelyatsion aloqalarni tasdiqlaydi ($H=0,158$; $p \leq 0,01$). boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati ($H=0,144$; $p \leq 0,01$). Buxoro va Surxondaryo hududidagi respondentlarning oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik va hayotiy ustanovkalar o'rtasida aloqadorlik darajalari aniqlandi ($H=0,168$; $p \leq 0,01$). Aniqlangan natijalarga ko'ra Toshkent shahridagi respondentlarning shaxsiy yetuklik komponentlarini shakllantirish ahamiyatga ega deb hisoblaymiz (2-jadvalga qarang).

Shunday qilib metodikalar bo'yicha ($n=462$) olingan psixodagnostik ma'lumotlarni umumlashtirish va taxlil qilishning tayyorlangan mexanizmi ilk o'spirin va o'smir yoshidagi respondentlarni oilaviy hayotga yetuklik xususiyatlari va oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarini o'rganish imkonini berdi.

Tadqiqotda ilk o'spirin va o'smir yoshlarning shaxsiy yetuklik xususiyatlari va oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarini shakllantirishga qaratilgan psixologik treninglarning o'rni hamda va tarkibiy komponentlariga doir masalalar qamrab olingan. Mazkur bobda ilk o'spirin va o'spirinlar uchun trening mashg'ulotlari ishlab chiqilib, tajriba-sinov jarayoniga tadbiiq etildi. Oilaviy hayot haqidagi savol-javob, suhbat- munozaralar va psixologik treninglar orqali asosiy e'tibor, shaxs yoki guruhning oila psixologiyasi sohasidagi bilimdonlik darajasini maqsadga muvofiq tarzda amalga oshirish jarayonini aks ettirishdir.

4-jadval. Shakllantiruvchi eksperiment ta'sirida oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik namoyon bo'lishining ko'rsatkichlari. (Vilkokson mezoni bo'yicha)

Guruhlar	Komponentlar	Ranglar o'rtachasi		Z qiymati
		Manfiy ranglar	Musbat ranglar	
Eksperiment guruhi ($n=30$)	Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik	2,67	14,91	-4,264**
Nazorat guruhi ($n=30$)	Oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik	2,00	2,67	-1,134

Izoh: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ (musbat ranglar o'rtachasi oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik darajasi ortgan sinaluvchilar ko'rsatkichlaridan kelib chiqadi)

Olib borilgan qayta diagnostik ishlarga ko'ra, eksperimental guruhdagi oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik xususiyatlari bo'yicha treningdan keying ko'rsatkichlar orasida ahamiyatli farqlar aniqlandi ($n=-4,264$; $p \leq 0,05$). Nazorat guruhida ahamiyatli farqlar aniqlanmadi (3-Jadvalga qarang).

5-jadval. Shakllantiruvchi eksperiment ta'sirida shaxsiy yetuklik namoyon bo'lishining ko'rsatkichlari. (Vilkokson mezon bo'yicha)

Guruhlar	Komponentlar	Ranglar o'rtachasi		Z qiymati
		Manfiy ranglar	Musbat ranglar	
Eksperiment guruhi (n=30)	Muvaffaqiyatga erishish motivatsiyasi	0,00	15,50	-4,790***
	O'zining «Men»iga munosabat	0,00	5,50	-2,842**
	Fuqarolik burchini his qilish	0,00	15,50	-4,800***
	Hayotiy ustanovkalar	15,54	12,35	-0,687
	Boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati	3,25	15,87	-4,237***
Nazorat guruhi (n=30)	Muvaffaqiyatga erishish motivatsiyasi	0,00	2,00	-1,633
	O'zining «men»iga munosabat	2,33	3,00	-0,736
	Fuqarolik burchini his qilish	1,00	3,00	-1,473
	Hayotiy ustanovkalar	2,00	2,00	-0,535
	Boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati	2,50	3,13	-1,414

Izoh: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ (musbat ranglar o'rtachasi shaxsiy yetuklik darajasi ortgan sinaluvchilar ko'rsatkichlaridan kelib chiqadi)

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, eksperiment guruhida muvaffaqiyatga erishish motivatsiyasi komponenti bo'yicha treningdan keyingi ko'rsatkichlarda ahamiyatli tafovutlar qayd etildi ($n = -4,790$; $p \leq 0,001$). Ushbu komponentga ko'ra, shaxs faoliyatining muhim hayotiy sifatlari, mustaqillik, tashabbuskorlik, yetakchilikka intilish kabi xususiyatlari aniqlandi. O'zining «Men»iga munosabat komponentida ham ahamiyatli farq aniqlandi ($n = 2,842$; $p \leq 0,05$). Bu shaklda shaxs o'z qobiliyatiga ishonchi, o'z qobiliyatidan qoniqish, temperament va xarakter, bilim, ko'nikma va qobiliyat kabi yetuklik xususiyatlari, kamtarlik, boshqa odamlarga hurmat kabi muhim parametrlari aniqlandi. Shaxsiy yetuklikning fuqarolik burchini his qilish komponentlarida ahamiyatli farq aniqlandi ($n = -2,842$; $p \leq 0,05$). Treningdan so'ng eksperiment guruhida ijtimoiy-siyosiy hayot hodisalariga qiziqish, huquqiy ong, kasbiy mas'uliyat hissi kabi fazilatlar ma'lum darajada oshishiga sabab bo'ldi. Boshqa odam bilan psixologik yaqinlik qobiliyati komponentida ham ahamiyatli farqlar aniqlandi ($n = -4,800$; $p \leq 0,001$). Keltirilgan natijalarga ko'ra eksperiment guruhida o'tkazilgan trening va o'quv mashg'ulotlar ilk o'spirin va o'spirin yoshlarda tinglash qobiliyati, boshqa odamlarga mehr-oqibat kabi shaxsiy fazilatlarlar shakllanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatdi (4-jadvalga qarang).



Shunday qilib, yuqoridagilardan kelib chiqib xulosa qilish mumkinki, tashkillashtirilgan va o'tkazilgan eksperiment tadqiqot ($n=30$) ilk o'spirin va o'spirin yoshlarni oilaviy hayotga ijtimoiy-psixologik yetuklik xususiyatlariga nikoh oldi omillari va oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarini shakllantirish muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

Xulosa

Oilaviy hayotga yetuklikning ijtimoiy-psixologik omillari mavzusidagi ilmiy tadqiqot ishimiz bo'yicha nazariy adabiyotlar va empiric ma'lumotlarga asoslanib, quyidagi xulosalar ishlab chiqildi. Mavzuning dolzarbligi ilk o'spirin va o'spirin yoshlarni oila va oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarni shakllantirish zaruriy omil ekanligi nazariy tahlili qilindi.

Ta'lim va tarbiyaviy ishda yoshlarni oilaviy hayot haqidagi tasavvurlarni shakllantirish orqali oilaga (ota-onaga) nisbatan mehr-muhabbat, hurmat kabi shaxsiy fazilatlarning tarkib topishi va oila funksiyalari haqidagi ilmiy bilimlarni shakllantirish ta'lim jarayonida yuqori darajada namoyon bo'lishi, ilk o'spirin va o'spirin davrdagi yoshlarni oilaviy hayotga psixologik yetuklik xususiyatlarining asosiy uchta fenomeni: shaxsiy, intellektual va ijtimoiy-psixologik yetuklik xususiyatlarini o'rganish orqali ijtimoiy tasavvurlar shaxs ijtimoiy xulq-atvoriga ta'sir etishi, yoshlarning oilaviy hayot haqidagi tasavvurlari shallanishiga individ bilan jamiyatning o'zaro munosabatlari ijobiy ta'sir qilmasligi o'rganildi va o'z tasdig'ini topdi. Shaxslararo munosabatlar jarayonidagi ijtimoiy faoliyatda shakllanadigan bilimlar shaxsiy ma'noga ega bo'lib, oilaviy hayot haqidagi ijtimoiy tasavvurlar shakllanishining zarur mezonini hisoblanadi.



Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi. XIV bob. Oila, bolalar va yoshlar. 76-modda."O'zbekiston" T.: 01.05.2023.-16 bet.
2. O'zbekiston Respublikasining Oila kodeksi II bo'lim. Nikoh 3-bob. Nikoh tuzish tartibi va shartlari. 15-modda. Nikoh yoshi Oldingi tahrirga qarang. Nikoh yoshi erkaklar va ayollar uchun o'n sakkiz yosh etib belgilanadi. (15-moddaning birinchi qismi O'zbekiston Respublikasining 2019-yil 28-avgustdagi O'RQ-558-sonli Qonuni tahririda — Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi, 29.08.2019-y., 03/19/558/3662-son)
3. O'zbekiston Respublikaasi Prezidentiining 18.02.2020 yildagi PF-593-son Farmoni.
4. O'zbekiston Respublikaasi Prezidentiining 11.09.2023-yildagi PF-158-son qarori
5. Vazirlar Mahkamasining 31.12.2020 yildagi 820-son qarori.
6. Abdullayeva D, Atabayeva N, Yorqulov R "Oila psixologiyasi" 52-bet.T.Ilm-Ziyo nashriyoti.
7. Karimova Vasila Mamanosirovna OILA PSIXOLOGIYASI o'quv qo'llanma TOSHKENT – 2007. 7-bet
8. Safayev Nuriddin Salixovich "O'spirin yoshida shaxsning o'zini-o'zi baholasi va himoyalani sh mexanizmlaridan foydalanishning o'zaro bog'lanishi" TA'LIM PSIXOLOGIYASI 2018.№10. 18-19 betlar.
9. Shoumarov G'ayrat Bahromovich OILA PSIXOLOGIYASI o'quv qo'llanma Toshkent-2013.120-bet.
10. O'zbekiston Respublikaasi Prezidentiining 11.09.2023-yildagi PF-158-son qarori.
11. P.I.Ivanov "Umumiy psixologiya"-T."O'qituvchi" 1967. .535-bet..
12. P.I.Ivanov "Umumiy psixologiya"-T."O'qituvchi" 1967. 544-betl.
13. N. Z.Taskarayevna, N.G.Kamilova,D.U.Abdullayeva, M.X.Xolnazarova Rivojlanish psixologiyasi va pedagogik psixologiya "O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati" nashriyoti.Toshkent 2018. 412-422 belar.

MATEMATIKA VA FIZIKA FANLARI



Mualliflar

Yarashbek Yusupov

Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston; yarashbekyusupov@mail.ru

Nargiza Baymatova

Radiotexnik qurilmalar va tizimlar kafedrası, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston.

Mas'ul: yarashbekyusupov@mail.ru



Copyright: © 2024 by the authors.

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

RAYS SO'NISHILI SIGNALLARNI TO'G'RI ANIQLASH EHTIMOLLIGINI BAHOLASH

Annotatsiya: Nokogerent ishlov berish sxemasida rays so'nishili signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligi uchun analitik ifodani olish imkonini beruvchi metodologiya tahlil qilingan. Rays (umumlashtirilgan Reley) so'nishili signalga ishlov berish sxemasiga kiritilgan to'g'ri aniqlash ehtimoli uchun analitik ifodani olish usuli taklif etilgan. Shu maqsadda birinchi navbatda Rays so'nishili tebranish normallashtirilgan amplitudasining matematik (statistik) tavsifi keltirildi. Uning asosida Rays so'nishili signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligining Rays parametriga (ya'ni, so'nishning doimiy va o'zgaruvchan tarkibiy qismlarining nisbati) bog'liqligining ifodasi olindi. Bu xususiy holatlarda tasodifiy boshlang'ich fazali signallarni hamda tasodifiy boshlang'ich fazali va Reley so'nishili amplitudaga ega signallarni nokogerent aniqlash uchun avvaldan ma'lum bo'lgan ifodalarga mos kelishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: signalni aniqlash, rays so'nishi, nokogerent qabul qilish, Gauss shovqini, yolg'on safarbarlik.

Kirish

Gauss shovqini fonida signallarni aniqlash nazariyasining aksariyat masalalari Reley taqsimot qonuni bo'yicha taqsimlangan, o'zgaruvchan boshlang'ich fazali yoki o'zgaruvchan boshlang'ich fazali hamda amplitudali (ya'ni so'nishli) signallarni qabul qilish holatlari uchun hal qilingan [1-3]. Bunday signallar uchun nokogerent aniqlash asosidagi qabul qilgichning strukturaviy sxemasi optimal hisoblanadi. Ushbu sxemaga qo'shimcha signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligi (D) ning yolg'on safarbarlik ehtimolligi (F) va qabul qilingan signal energiyasining shovqin spektral zichligiga nisbati (E_r/N_0) ga bog'liqligi (φ) quyidagi ikkita holat uchun aniqlangan: 1) o'zgaruvchan fazali signallarni qabul qilish $D = \varphi_1(E_r/N_0, F)$; 2) o'zgaruvchan fazali va amplitudasi Reley qonuni bo'yicha so'nadigan signallarni qabul qilish $D = \varphi_2(E_r/N_0, F)$.

Biroq, umumiy holda qabul qilingan signallarning amplitudasi Rays (umumlashtirilgan Reley) taqsimotiga ega bo'lishi ham mumkin [3, 4]. Ushbu taqsimot $\gamma^2 = 0$ dan (releyli so'nish bo'lganda) $\gamma^2 = \infty$ gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan Rays parametri γ^2 bilan tavsiflanadi.

Hozirda signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligining signal-shovqin nisbati, yolg'on safarbarlik ehtimolligi va Rays parametriga bog'liqligini baholash uchun faqat bitta formula ma'lum: $D = \varphi_3(E_r/N_0, F, \gamma^2)$ [5, 6]. Biroq, ushbu formulaning ishonchliligi shubha tug'diradi, chunki u ma'lum xususiy holatlarda (ya'ni $\gamma^2 = \infty$ va $\gamma^2 = 0$ bo'lganda) avvaldan ma'lum bo'lgan so'nish bo'lmagandagi va amplitudasi Reley qonuni bo'yicha so'nishli bo'lgandagi $D = \varphi_1(E_r/N_0, F)$ va ($D = \varphi_2(E_r/N_0, F)$) bog'liqliklar bilan bir xil emas. Shu sababli, tasodifiy boshlang'ich fazali yoki reley so'nishili signallarni qabul qilish holatlari uchun optimal hisoblangan nokogerent sxemali rays so'nishili signallarni aniqlash xarakteristikasini baholash zarurati mavjud.

Maqolaning maqsadi nokogerent ishlov berish sxemasida rays so'nishili signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligini baholashning analitik metodining tahlilini ko'rib chiqishdir.

Rays so'nishili signal amplitudasining normallashtirilgan tebranishlarini tahlil qilish

Ushbu qo'yilgan maqsadga erishish uchun biz avvaldan ma'lum bo'lgan metodikadan, uni rays so'nishili signalni qabul qilingan holati uchun umumlashtirgan holda foydalanamiz [3]. Bunday signalni quyidagicha yozamiz

$$s_r(t) = Af(t - \tau) \cos[\omega_0 t + \varphi(t - \tau) - \theta], \quad (1)$$

bu yerda $f(t)$ va $\varphi(t)$ – amplituda va faza modulyatsiyasini ifodalaydigan funksiyalar; τ – kechikish vaqti; ω_0 – tashuvchi chastota; θ – tasodifiy (noma'lum) boshlang'ich faza.

Signalning normallashtirilgan amplituda so'nishini tavsiflovchi tasodifiy A koeffitsiyenti Rays qonuniga muvofiq taqsimlangan bo'lsin

$$W(A) = \frac{A}{\sigma_A^2} \exp\left(-\frac{A^2 + \alpha_p^2}{2\sigma_A^2}\right) I_0\left(\frac{A\alpha_p}{\sigma_A^2}\right), \quad 0 \leq A \leq \infty, \quad (2)$$

bu yerda α_p^2 va $2\sigma_A^2$ – A koeffitsiyentining muntazam va fluktuatsion tashkil etuvchilarining quvvatlari; $I_0(y)$ – nolinchi tartibli birinchi tur Bessel modifikatsiyalangan funksiyasi.

α_p^2 va $2\sigma_A^2$ qiymatlarini shunday tanlaymizki, bunda soʻnishli qabul qilingan (1) signalning oʻrtacha energiyasi soʻnimsiz ($A = 1$ boʻlganda) qabul qilingan signalning E_r energiyasiga teng boʻladi. Bu energiyalar quyidagicha ifodalanadi:

$$E_r = \int_0^T f^2(t - \tau) \cos^2[\omega_0 t + \varphi(t - \tau) - \theta] dt = \frac{1}{2} \int_0^T f^2(t - \tau) dt;$$

$$\langle E_r \rangle = M \left\{ \int_0^T A^2 f^2(t - \tau) \cos^2[\omega_0 t + \varphi(t - \tau) - \theta] dt \right\} = M\{A^2\} E_r = \langle A^2 \rangle E_r.$$

(2) ifodaga muvofiq A koeffitsiyentining dispersiyasi quyidagicha ifodalanadi.

$$\langle A^2 \rangle = \int_0^\infty A^2 W(A) dA = \int_0^\infty \frac{A^3}{\sigma_A^2} \exp\left(-\frac{A^2 + \alpha_p^2}{2\sigma_A^2}\right) I_0\left(\frac{A\alpha_p}{\sigma_A^2}\right) dA.$$

$x = A/\sqrt{2}\sigma_A$ va $\gamma = \alpha_p/\sqrt{2}\sigma_A$ deb belgilasak,

$$\langle A^2 \rangle = 4\sigma_A^2 \exp(-\gamma^2) \int_0^\infty x^3 \exp(-x^2) I_0(2\gamma x) dx.$$

Ushbu integral standart jadval shaklidagi integral boʻlib [7], $L_n(p)$ Lager polinomi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\int_0^\infty x^3 \exp(-x^2) I_0(2\gamma x) dx = \frac{1}{2} \exp(\gamma^2) L_1(-\gamma^2) = \frac{1}{2} \exp(\gamma^2) (1 + \gamma^2).$$

U holda $\langle A^2 \rangle = 2\sigma_A^2 + \alpha_p^2$ ga teng boʻladi,

$$\langle E_r \rangle = \langle A^2 \rangle E_r = \alpha_p^2 E_r + 2\sigma_A^2 E_r = E_r \quad (3)$$

va natijada tenglikni taʼminlash uchun α_p^2 va $2\sigma_A^2$ ning qiymatlarini $\alpha_p^2 + 2\sigma_A^2 = 1$ ga teng qilib tanlash lozim.



Rays soʻnishli signallarni toʻgʻri aniqlash ehtimolligini baholash

Nokogerent qabul qiluvchi qurilma kirishiga signal yoʻqligida (1), yaʼni faqat Gauss shovqini taʼsir qilganda yolgʻon safarbarlik ehtimolligi avvaldan maʼlum boʻlgan [3-5] ifoda bilan aniqlanadi

$$F = \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) = \exp\left(-\frac{h_0^2}{2}\right), \quad (4)$$

bu yerda

$$h_0 = \frac{h}{\sigma_z^2} = \frac{h}{\sqrt{N_0 E_r / 2}} - \quad (5)$$

h chegaraning normallashtirilgan qiymati; σ_z^2 – spektral zichligi N_0 boʻlgan shovqin taʼsirida moslashgan filtr chiqishidagi z egiluvchisiining dispersiyasi.

Nokogerent qabul qiluvchi qurilmaning kirishiga Gauss shovqini va A koeffitsiyentining belgilangan qiymatida (1) signalning yigʻindisi taʼsir qilganda toʻgʻri aniqlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi [8-9].

$$D(A) = \int_h^\infty W(z|A) dz = \int_h^\infty \frac{z}{\sigma_z^2} \exp\left(-\frac{z^2 + A^2 E_r^2}{2\sigma_z^2}\right) I_0\left(\frac{A E_r z}{\sigma_z^2}\right) dz, \quad (6)$$

bu yerda $W(z|A)$ – Rays taqsimoti bilan tavsiflanadigan, $A = \text{const}$ boʻlganda z egiluvchining ehtimollik zichligi. U holda toʻgʻri aniqlashning toʻliq ehtimolligi Rays qonuni (2) boʻyicha (z kabi) taqsimlangan, (6) ifodaning barcha A qiymatlari boʻyicha oʻrtachalashtirish yoʻli bilan aniqlanadi

$$D = \int_h^\infty D(A) W(A) dA = \int_h^\infty \frac{z}{\sigma_z^2 \sigma_A^2} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma_z^2} - \frac{\alpha_p^2}{2\sigma_A^2}\right) I_0\left(\frac{A E_r z}{\sigma_z^2}\right) \times \\ \times \int_0^\infty A \exp\left[A^2 \left(\frac{E_r^2}{2\sigma_z^2} + \frac{1}{2\sigma_A^2}\right)\right] I_0\left(\frac{A E_r z}{\sigma_z^2}\right) I_0\left(\frac{A \alpha_p}{\sigma_A^2}\right) dA dz. \quad (7)$$

Ichki integral standart jadval integrali [7] ekanligini hisobga olib,

$$\int_0^\infty x \exp(-px^2) I_v(bx) I_0(cx) dx = \frac{1}{2p} \exp\left(\frac{b^2 + c^2}{4p}\right) I_v\left(\frac{bx}{2p}\right),$$

(7) ifodani quyidagi koʻrinishda yozish mumkin

$$D = \int_h^\infty \frac{z}{\sigma_{Az}^2} \exp\left(-\frac{z^2 + E_{pr}^2}{2\sigma_{Az}^2}\right) I_0\left(\frac{E_{pr} z}{\sigma_{Az}^2}\right) dz, \quad (8)$$

bu yerda $\sigma_{Az}^2 = \sigma_A^2 E_r^2 + \sigma_z^2$; $E_{pr} = \alpha_p E_r$.

(5) ni hisobga olgan holda rays soʻnishli signallarni toʻgʻri aniqlash ehtimolligi uchun (8) ifodani yanada ixcham shaklda yozish mumkin

$$D = Q(g_1, h_{01}), \quad (9)$$

bu yerda

$$g_1 = \frac{E_{pr}}{\sigma_{Az}} = \left(\frac{2\alpha_p^2 E_r}{2\sigma_A^2 E_r + N_0} \right)^{1/2} = \frac{\alpha_p (2E_r/N_0)^{1/2}}{(1 + 2\sigma_A^2 E_r/N_0)^{1/2}}; \quad (10)$$

$$h_{01} = \frac{h}{\sigma_{Az}} = \left(\frac{2h^2/E_r}{2\sigma_A^2 E_r + N_0} \right)^{1/2} = \frac{h_0}{(1 + 2\sigma_A^2 E_r/N_0)^{1/2}}; \quad (11)$$

$$Q(y, x) = \int_x^\infty p \exp\left(-\frac{p^2 + y^2}{2}\right) I_0(y p) dp -$$

– Markum funksiyasi.

Xususiyl holda soʻnish mavjud boʻlmaganda (3) ifodaga muvofiq $2\sigma_A^2 = 0$ va $\alpha_p^2 E_r = E_r$ boʻlganda Markum funksiyasining (10, 11) argumentlari quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$g_1 = \left(\frac{2E_r}{N_0} \right)^{1/2} = g;$$

$$h_{01} = \left(\frac{2h^2}{N_0 E_r} \right)^{1/2} = h_0 = \left(2 \ln \frac{1}{F} \right)^{1/2}; \quad (12)$$

va olingan (9) ifoda tasodifiy boshlangʻich fazali signallarni nokogerent aniqlash holati uchun avvaldan maʼlum boʻlgan koʻrinishni oladi [10-11]:

$$D = Q(g_1, h_0) = Q\left(g, \sqrt{2 \ln \frac{1}{F}}\right). \quad (13)$$

Boshqa bir reley soʻnishli hususiy holda (3) ifodaga muvofiq $\alpha_p^2 = 0$ va $\langle E_r \rangle = 2\sigma_A^2 E_r$ boʻlganda Markum funksiyasining (10, 11) argumentlari quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$g_1 = 0;$$

$$h_{01} = \frac{h_0}{\left(1 + \frac{2\sigma_A^2 E_r}{N_0}\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{h_0}{(1 + \langle E_r \rangle / N_0)^{\frac{1}{2}}}. \quad (14)$$

U holda Markum funktsiyasining ma'lum $Q(0, x) = \exp(-x^2/2)$ xususiyatlarini [3] va (14) formulani hisobga olgan holda (9) ifoda tasodifiy boshlang'ich fazali va amplitudasi relely taqsimlangan signallarni nokogerent aniqlash holati uchun avvaldan ma'lum bo'lgan ko'rinishni oladi:

$$D = Q(0, h_{01}) = \exp\left(-\frac{h_{01}^2}{2}\right) = \exp\left(-\frac{h_0^2}{2} \cdot \frac{1}{(1 + 2\sigma_A^2 E_r / N_0)}\right) = F^{\frac{1}{(1 + E_r / N_0)}}. \quad (15)$$

Olingan (9) ifodani rays so'nishili signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligini baholash uchun amplitudaning rays taqsimoti (2) parametri orqali yozish maqsadga muvofiq

$$\gamma^2 = \alpha_p^2 / 2\sigma_A^2, \quad (16)$$

ya'ni γ^2 rays parametrining muntazam tashkil etuvchi α_p^2 quvvatini fluktuatsion σ_A^2 tashkil etuvchi quvvatiga nisbati orqali ifodalanadi va so'nish chuqurligini xarakterlaydi ($\infty \geq \gamma^2 \geq 0$) [12].

(12) ifodani inobatga olib, (3) tenglik $\alpha_p^2 + 2\sigma_A^2 = 1$ va $\gamma^2 + 1 = 1/2\sigma_A^2$ (9) ifodadagi Q-funksiya $D = Q(g_1, h_{01})$ ni quyidagicha yozish mumkin:

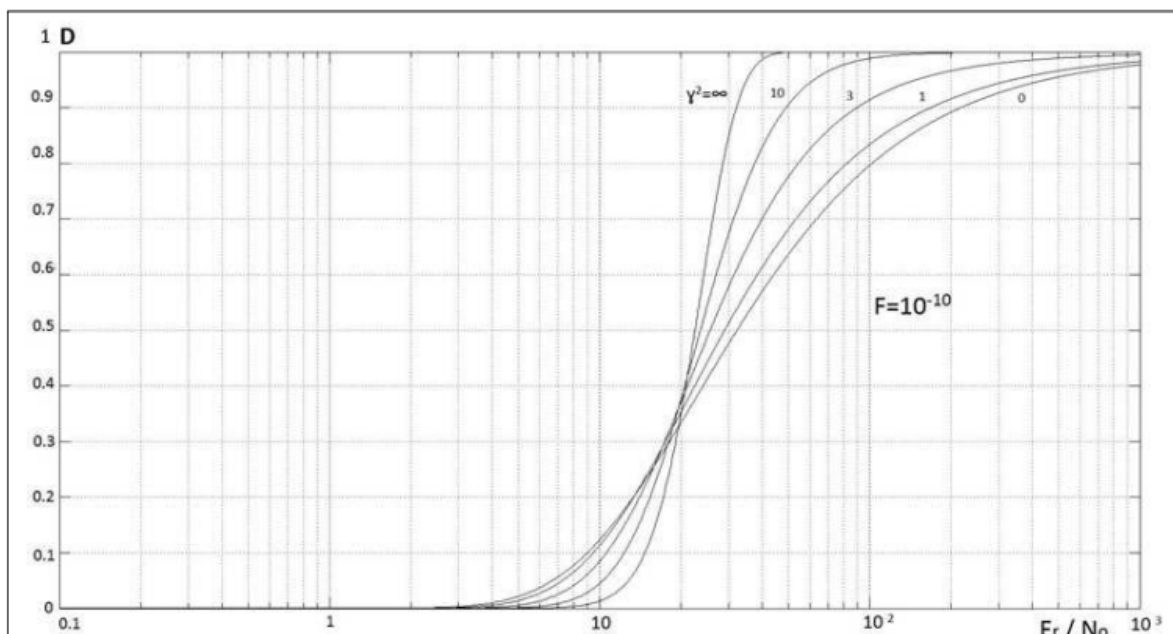
$$g_1 = \left\{ \frac{2E_r}{N_0} \cdot \frac{\gamma^2}{1 + \gamma^2 + (E_r/N_0)} \right\}^{1/2}; \quad (17)$$

$$h_{01} = h_0 \cdot \left\{ \frac{1 + \gamma^2}{1 + \gamma^2 + (E_r/N_0)} \right\}^{1/2} = \left\{ 2 \ln\left(\frac{1}{F}\right) \cdot \frac{1 + \gamma^2}{1 + \gamma^2 + (E_r/N_0)} \right\}^{1/2}. \quad (18)$$

Olingan (17, 18) ifodalarning ishonchligi shu bilan tasdiqlanadiki, xususi holda so'nish mavjud bo'lmaganda ($2\sigma_A^2 = 0$ va $\gamma^2 = \alpha_p^2 / 2\sigma_A^2 \rightarrow \infty$ bo'lganda) (13) ifoda bilan bir xil, relely so'nishida esa ($\alpha_p^2 = 0$ va $\gamma^2 = 0$ bo'lganda) (15) ifoda bilan bir xil.

Olingan (9), (17), (18) ifodalarga muvofiq, 1-rasmda signalni to'g'ri aniqlash ehtimolligining qabul qiluvchi qurilma kirishidagi (E_r/N_0) signal/shovqin nisbatiga Rays parametrining 5 ta ($\gamma^2 = \infty; 10; 3; 1; 0$) qiymatida va $F = 10^{-10}$ yolg'on safarbarlik ehtimolligiga bog'liqligi, ya'ni $D = \Psi(E_r/N_0, \gamma^2, F)$ grafigi keltirilgan.

1-rasmni tahlil qilish ko'rsatadiki, to'g'ri aniqlash ($D_{ta} = 0.95$) va yolg'on safarbarlikka ($F = 10^{-10}$) yuqori talablar qo'yilganda, rays so'nishi parametrining $\gamma^2 = \alpha_p^2 / 2\sigma_A^2 = \infty$ (so'nishlar bo'lmaganda) dan $\gamma^2 = 3$ va $\gamma^2 = 0$ qiymatlarigacha kamayishi qabul qiluvchi qurilma kirishida signal/shovqin nisbatini $E_r/N_0 \approx 32$ dan $E_r/N_0 \approx 150$ va 400 (ya'ni, mos ravishda 7 dB va 11 dB) ga oshirishni talab qiladi.



1-rasm. Signalni to'g'ri aniqlash ehtimolligining turli chuqurlikdagi so'nishlar ($\gamma^2 = \infty \dots 0$) va yolg'on safarbarlik ehtimolligi $F = 10^{-10}$ da signal/shovqin nisbatiga bog'liqligi

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, so'nish chuqurligi parametriga ($\gamma^2 = \alpha_p^2 / 2\sigma_A^2$) bog'liq holda signallarni ularga ishlov berishning nokogerent sxemasida rays so'nishili signallarni to'g'ri aniqlash ehtimolligini baholash uchun analitik ifodani olishga imkon beradigan metodika tahlil qilingan, va ushbu analitik ifoda xususiy hollarda avvaldan ma'lum bo'lgan tasodifiy boshlag'ich fazali signallarni nokogerent aniqlash (13) va tasodifiy boshlang'ich fazali hamda reley so'nishili signallarni nokogerent aniqlash (15) ifodalariga mos keladi.



Adabiyotlar

1. Yusupov Ya.T. Yaqin masofa qidirib topish radiotexnik qurilmalari yordamida Gauss shovqini fonidagi tasodifiy signallarni aniqlash va farqlash. Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali 4(18)/2021, 117-120 b.
2. Nazarov A.M., Yarmuhamedov A.A., Yusupov Ya.T. Radiolokatsiya va radionavigatsiya sistemalari. O'quv qo'llanma. – T.: «Tafakkur», 2018. – 248 b.
3. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Том 1. М.: Сов. Радио, 1972. 744 с.
4. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Сов. Радио, 1982. 624 с.
5. Радиолокационные системы [Электронный ресурс]: учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В. П. Бердышева; разработ.: Центр обучающихся систем ИнТК СФУ. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск: СФУ, 2012.
6. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: ЗАО «Маквис», 1998. 828 с.
7. Прудников А.П. Интегралы и ряды. / А.П. Прудников, Ю.А. Бычков, О.И. Маричев. М.: Наука, 1981. 800 с.
8. Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. – М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.
9. Денисенко А.Н. Сигналы. Теоретическая радиотехника. Справочное пособие. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 704с.
10. Теоретические основы радиолокации. Справочник. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 510с.
11. Воловач В.И. Решение задачи обнаружения детерминированных сигналов радиотехнических датчиков, работающих в режиме активной радиолокации, и определение величины их порогового напряжения. // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012): сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2012. – С. 324-331.
12. <https://www.radartutorial.eu/01.basics/rb10.ru.html>.

Management and Future Technologies

journal.umft.uz