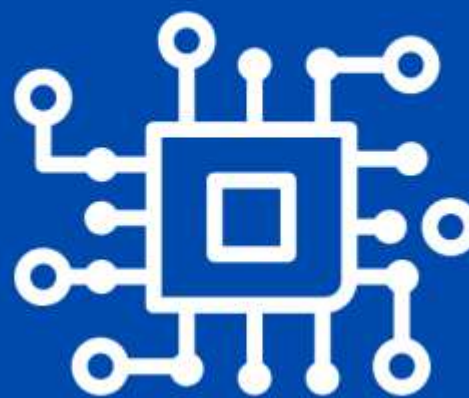




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 1 (4) 2026

TECHSCIENCE.UZ

№ 1 (4)-2026

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2026

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

Махаров Кодирбек

ОТ ПРОТОТИПОВ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ К
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ СИСТЕМАМ: ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И
ОЦЕНКА, ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА ВНЕДРЕНИЕ 4-11

Anarova Shaxzoda, Jabbarov Jamoliddin, Boliyeva Dilrabo

FRAKTAL TAHLILLAR ASOSIDA BEMORLARDAGI
STENOZ KASALLIKLARINI TASHXISLASH VA YURAK QON TOMIR
TIZIMLARINING GEOMETRIK MODELINI ISHLAB CHIQISH 12-18

Quzibayev Xudayshukur, Beymamatov Xudoybergan

MARKAZLASHGAN FEDERATIV O'QITISH MUAMMOLARI 19-28

Khonturaev Sardorbek, Qayumov Arslonbek

CLASSIFICATION OF VIBRATION DIAGNOSTICS METHODS
FOR ROTARY DEVICES AND THEIR ANALYTICAL CAPABILITIES 29-40

Raxmanov Akram, Fayziyev To'xtamurod, Bo'riyev Muhriddin

ICHKI YONUV DVIGATEL (IYOD)LI AVTOMOBILLAR BAZASIDA
ISHLAB CHIQARILGAN TRACKER AVTOMOBILINING ELEKTROMOBIL
BAZASIDA SAMARADORLIGI VA QUUVAT ZAXIRASINI HISOBLASH 41-46

MARKAZLASHGAN FEDERATIV O'QITISH MUAMMOLARI

Quzibayev Xudayshukur Shavkat o'g'li

Texnika fanlari falsafa doktori,
Urganch RANCH texnologiyalar universiteti
Email: khudayshukur.kuzibaev@ranch.university
Tel: +998999616470
ORCID: 0000-0003-1284-9848

Beymamatov Xudoybergan Ollobergan o'g'li

Urganch RANCH texnologiyalar universiteti o'qituvchi-stajyori
Email: khudaybergan.beymamatov@ranch.university
Tel: +998885109800
ORCID: 0009-0009-4304-0807

Annotatsiya. Federativ o'rganish (Federated Learning, FL) foydalanuvchi ma'lumotlarini saqlagan holda bilim almashish imkoniyati, maxfiylikni himoyalash, o'rganish samaradorligini oshirish hamda aloqa (kommunikatsiya) yuklamasini kamaytirish xususiyatlari tufayli tobora ko'proq e'tiborni tortmoqda. Markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) markaziy federativ o'rganishdan (Centralized Federated Learning, CFL) farqli ravishda, markaziy serverga bo'lgan ehtiyojni bartaraf etuvchi markazlashtirilmagan tarmoq arxitekturasiga asoslanadi. DFL mijozlar (klientlar) o'rtasida bevosita aloqa o'rnatishni ta'minlab, kommunikatsiya resurslarini sezilarli darajada tejash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Federativ o'qitish, markazlashtirilmagan o'rganish, tarmoq, maxfiylikni saqlash, buyumlar interneti (Internet of Things, IoT).

CHALLENGES IN CENTRALIZED FEDERATED LEARNING

Kuzibayev Khudayshukur Shavkat ugli

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences
Urgench RANCH University of Technologies

Beymamatov Khudoybergan Ollobergan ugli

Lecturer-Trainee
Urgench RANCH University of Technologies

Annotation. Federated Learning (FL) has recently attracted increasing attention due to its ability to enable knowledge sharing while preserving user data, protecting privacy, improving learning efficiency, and reducing communication overhead. Unlike Centralized Federated Learning (CFL), Decentralized Federated Learning (DFL) is based on a decentralized network architecture that eliminates the need for a central server. DFL enables direct communication among clients, thereby significantly reducing communication resource consumption.

Keywords: federated learning, decentralized learning, network, privacy preservation, Internet of Things (IoT).

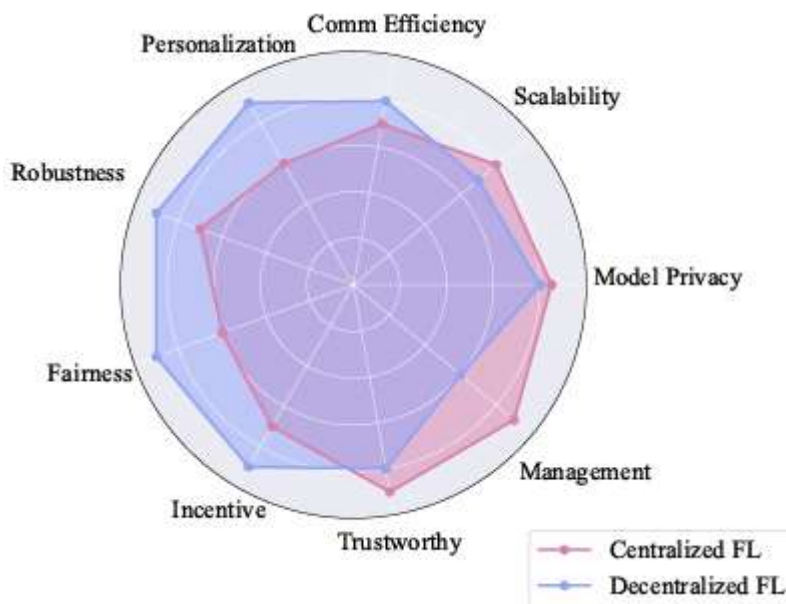
DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4i1y2026N03>

Kirish.

Federativ o'rganish (Federated Learning, FL) foydalanuvchi ma'lumotlari o'rniga faqat model og'irliklarini almashish orqali tabiiy tarzda maxfiylikni saqlash imkonini beruvchi markazlashtirilmagan o'rganish paradigmasi hisoblanadi [1]. Federativ o'rganish dastlab 2016-yilda Google tadqiqotchilari tomonidan taklif etilgan [2] va Google Keyboard platformasida foydalanuvchilarning tavsiya etilgan variantlar hamda kontekstual axborotlarga bosish-bosmasligini o'rganishga mo'ljallangan til modeli hamkorlik tizimini yaratishda qo'llanilgan [3].

2020-yilda Google tadqiqotchilari federativ o'rganish konsepsiyasini federativ tahlil (federated analytics) yo'nalishigacha kengaytirdilar [4]–[10]. Ushbu kengayish natijasida FL faqat o'rganish vazifalari bilan cheklanmay, balki hamkorlikda hisoblash, ma'lumotlarni tahlil qilish va xulosalar chiqarish (inferensiya) jarayonlarini ham qamrab oldi hamda Google Keyboard tizimida yanada keng miqyosda joriy etildi.

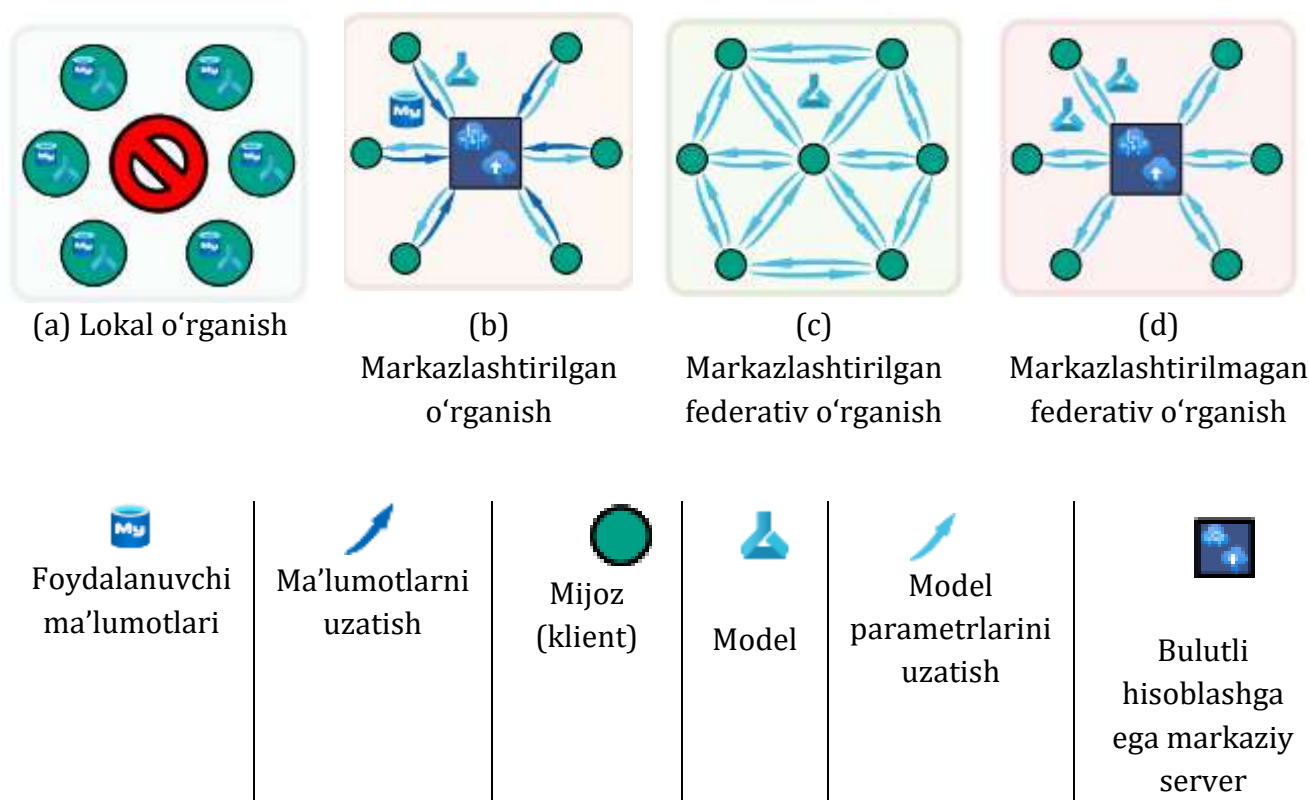
Federativ o'rganish aqlli transport tizimlari, buyumlar interneti (Internet of Things, IoT), sog'liqni saqlash, sanoat ishlab chiqarishi, qishloq xo'jaligi, energetika, masofadan zondlash va boshqa ko'plab sohalarida o'zining yuqori samaradorligini namoyon etgan [11]. Shuningdek, FL geografik cheklovlarni bartaraf etib, butun dunyo bo'ylab samarali hamkorlikni ta'minlaydi [2]. Masalan, tadqiqotchilar federativ o'rganishdan foydalanib, dunyo bo'ylab 20 ta institutdan olingan ma'lumotlarni birlashtirgan holda COVID-19 bilan kasallangan bemorlarning klinik natijalarini bashorat qilish uchun universal modelni tayyorlaganlar [3]. Ushbu yondashuv modelning umumlashtirish (generalizatsiya) qobiliyatini oshirib, turli xil ma'lumot manbalaridan olingan bilimlarni qamrab olish imkonini beradi.



1-rasm. CFL va DFL ning samaradorlik ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslanishi

Boshqa tadqiqotchilar esa federativ o'rganish yordamida 71 ta turli joydan yig'ilgan ma'lumotlarni birlashtirib, kam uchraydigan saraton kasalliklari chegaralarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib borganlar. Bu esa noyob kasalliklar bo'yicha ilmiy izlanishlarni qo'llab-quvvatlash uchun ma'lumotlar to'plamini sezilarli darajada boyitishga xizmat qilgan [11]. An'anaviy federativ o'rganish (Federated Learning, FL) ma'lumotlar parallelligi (data parallelism) tamoyiliga asoslangan markazlashtirilmagan o'rganish va markazlashtirilgan

agregatsiya paradigmasiga tayangan holda amalga oshiriladi. Ma'lumotlar parallelligi deganda, mijozlarning xom (raw) ma'lumotlari lokal muhitda parallel tarzda hosil qilinishi, ushbu ma'lumotlarning tashqi tomonga uzatilmaligi hamda boshqa ishtirokchilar uchun ko'rinmas bo'lishi tushuniladi. Har bir mijoz o'ziga tegishli lokal ma'lumotlar asosida modelni o'qitadi va so'ngra har bir mijozdan olingan o'rganish natijalarini samarali integratsiyalash hamda global modelni shakllantirish maqsadida model parametrlarini markaziy server bilan almashadi. Federativ o'rganish tasnifi (taxonomy) o'rganish tarmog'ida ishtirok etuvchi mijozlarning soni va xususiyatlariga asoslanadi hamda cross-silo va cross-device FL arxitekturalarini o'z ichiga oladi [1]. Cross-silo FL holatida mijozlar odatda turli tashkilotlar, ilmiy-tadqiqot muassasalari yoki ma'lumotlar markazlari bo'lib, ular nisbatan ishonchli aloqa kanallari, yuqori hisoblash resurslari hamda katta hajmdagi ma'lumotlarga ega bo'lishi mumkin. Cross-device FL doirasida esa mijozlar juda ko'p sonli mobil qurilmalar yoki IoT qurilmalaridan iborat bo'lib, bu holatda aloqa va hisoblash resurslari bilan bog'liq potensial cheklovlar yuzaga kelishi ehtimoli mavjud. Federativ o'rganishning yana bir tasnifi mijozlar o'rtasidagi ma'lumotlar taqsimoti farqlariga asoslanadi va gorizontal, vertikal hamda federativ transfer o'rganish turlarini o'z ichiga oladi. Gorizontal federativ o'rganishda mijozlar o'xshash xususiyatlarga ega bo'lgan namunalar bilan ishlaydi, biroq umumiy foydalanuvchilar soni kam bo'ladi. Vertikal federativ o'rganishda esa mijozlar o'rtasida umumiy foydalanuvchilar ko'p bo'lib, namunalar xususiyatlari o'xshashligi past bo'ladi. Federativ transfer o'rganishda esa mijozlar na o'xshash namunalar xususiyatlariga, na umumiy foydalanuvchilarga yetarli darajada ega bo'ladi.



2-rasm. Lokal, markazlashtirilgan va federativ o'rganish yondashuvlarining sxematik tasviri

Ushbu maqolada biz markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) bo'yicha batafsil tadqiqot olib boramiz hamda uning tasniflariga (taxonomies) oid yangi ilmiy qarashlarni taqdim etamiz. Agregatsiya jarayonida markaziy serverga tayanadigan an'anaviy markazlashtirilgan federativ o'rganish (Centralized Federated Learning, CFL) yondashuvidan farqli ravishda, ushbu ishda markaziy serverdan mustaqil faoliyat yurituvchi va nisbatan kam o'rganilgan DFL arxitekturasiga alohida e'tibor qaratiladi. 1-rasmda CFL va DFL yondashuvlari to'qqizta asosiy baholash ko'rsatkichlari bo'yicha qiyosiy tahlil qilingan bo'lib, ushbu ko'rsatkichlar zamonaviy (state-of-the-art, SOTA) tadqiqotlarning markaziy yo'nalishlari hisoblanadi va qo'shimcha chuqur izlanishlarni talab etadi.

O'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, CFL va DFL turli amaliy sohalarda o'ziga xos ustunliklarga ega. 2-rasmda lokal o'rganish, markazlashtirilgan o'rganish, CFL va DFL jarayonlarining sxematik tasviri keltirilgan. Lokal o'rganish strategiyasida har bir mijozning foydalanuvchi ma'lumotlari va o'qitilgan modeli faqat lokal darajada qo'llaniladi hamda boshqa mijozlar yoki serverlar bilan hech qanday aloqa amalga oshirilmaydi (2-rasm, a), biroq bu holat modelning ortiqcha moslashuviga (overfitting) olib kelishi mumkin. Muqobil yondashuv sifatida, 2-rasm (b) da ko'rsatilgan markazlashtirilgan o'rganish strategiyasi mijozlar va server o'rtasida xom (raw) ma'lumotlarning uzatilishini nazarda tutadi. Ushbu yondashuv o'rganish jarayonini bir markazda jamlash va muvofiqlashtirish imkonini bersada, foydalanuvchi ma'lumotlarining maxfiyligini kafolatlamaydi. Mazkur ikki strategiya ko'pincha tadqiqotchilar tomonidan federativ o'rganish bilan taqqoslash uchun bazaviy (baseline) usullar sifatida qo'llaniladi.

CFL markazlashtirilgan tuzilma bo'lib, unda markaziy server barcha mijozlar bilan aloqa qiladi, ularni muvofiqlashtiradi va boshqaradi. 2-rasm (c) da mijozlar va server o'rtasidagi aloqa jarayoni tasvirlangan. Mijozlar o'zlarining lokal ma'lumotlari asosida modelni o'qitadi va so'ngra o'qitilgan model parametrlarini serverga yuklaydi. Server barcha lokal modellarning parametrlarini agregatsiya qilib, hosil bo'lgan global modelni mijozlar bilan baham ko'radi. Ushbu yondashuvning asosiy g'oyasi shundan iboratki, barcha mijozlar yagona global modelni shakllantirishga hissa qo'shadi va ushbu global model barcha mijozlar uchun qo'llaniladi. CFL doirasida mijozlar server bilan faqat lokal o'qitilgan model parametrlarini almashadi, foydalanuvchilarning xom ma'lumotlari esa uzatilmaydi. Federativ o'rganish nafaqat foydalanuvchi ma'lumotlarining maxfiyligini ta'minlaydi va o'rganish samaradorligini oshiradi, balki model hajmi ma'lumotlar hajmidan ancha kichik bo'lgan holatlarda kommunikatsiya resurslarini sezilarli darajada tejash imkonini ham beradi.

Markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) — bu markaziy server mavjud bo'lmagan holda, mijozlar o'zaro bevosita aloqa orqali model parametrlarini almashadigan va ulashadigan markazlashtirilmagan tuzilma hisoblanadi. So'nggi ilmiy adabiyotlarda ushbu yondashuv turli nomlar bilan uchraydi, jumladan: peer-to-peer federativ o'rganish, server-free federativ o'rganish, serverless federativ o'rganish, device-to-device federativ o'rganish, swarm learning va boshqalar. 2-rasm (d) da mijozlarning server muvofiqlashtiruvsiz to'g'ridan-to'g'ri boshqa mijozlar bilan aloqa qilishi tasvirlangan. Markaziy server tomonidan yagona muvofiqlashtirish va konfiguratsiya mavjud bo'lmaganligi sababli, mijozlar o'rtasidagi kommunikatsiya tarmog'i yanada xilma-xil va moslashuvchan bo'ladi. DFLda serverdan voz kechish yuqori darajadagi moslashtiriluvchanlikni ta'minlaydi hamda turli xil variantlarda aloqa va hisoblash resurslarini yanada samarali tejash imkonini

beradi. Kommunikatsiya tarmog'idagi yo'naltirilgan va teng huquqli (peer) ulanishlar muayyan ssenariyga qarab moslashuvchan tarzda sozlanadi va o'zgartiriladi, bu esa DFLning muhim afzalliklaridan biridir. An'anaviy chiziqli, halqali (ring) va to'liq bog'langan (fully connected) peer ulanish turlaridan tashqari, mijozlarni geografik yaqinlik, o'zaro o'xshashlik darajasi, aloqa protokollari va boshqa mezonlar asosida bog'lash ham mumkin.

DFL konsepsiyasi ilk bor 2018-yilda taklif etilgan. 2023-yil 1-iyun holatiga ko'ra, Google Scholar qidiruv tizimida DFL bilan bog'liq 1 350 ta ilmiy ish aniqlangan bo'lib, shulardan 652 tasi faqat 2022-yilda chop etilgan. Bu holat DFL bilan bog'liq tadqiqotlar doimiy va eksponensial o'sish tendensiyasiga ega ekanligini ko'rsatadi. DFL yangi paydo bo'layotgan istiqbolli arxitektura sifatida keng ilmiy e'tiborga sazovor bo'lmoqda.

DFLning eng muhim afzalligi shundan iboratki, u markaziy server vositachiligiga bo'lgan ehtiyojni va u bilan bog'liq yuqori tarmoqli kenglik (bandwidth) talablarini bartaraf etadi, natijada aloqa resurslari sezilarli darajada tejaladi. Xu va hammualliflar [61] aloqa xarajatlarini kamaytirishning to'rtta asosiy yo'lini sanab o'tgan bo'lib, ular: DFLdan foydalanish, modelni siqish, mijozlar bilan tanlab aloqa qilish hamda aloqa chastotasini pasaytirishdan iborat. Lian va hammualliflar esa markazlashtirilmagan o'rganishning markazlashtirilgan o'rganishga nisbatan ustunliklarini ko'rsatib, xususan, markazlashtirilmagan o'rganishda mijozlar sonining ortishi hisoblash tezligining oshishiga mutanosib ekanligini isbotlaganlar. Federativ o'rganish (Federated Learning, FL) sezilarli va ilgari kuzatilmagan afzalliklarni namoyon etganiga qaramay, mavjud tadqiqotlarning aksariyati hanuzgacha markazlashtirilgan federativ o'rganish (Centralized Federated Learning, CFL) doirasida cheklangan. FLning muhim yo'nalishlaridan biri bo'lgan markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) esa jadal rivojlanib bormoqda va CFLga nisbatan bir qator ustunliklarni taklif etmoqda. So'nggi sharh maqolalarida asosan CFLga ko'proq e'tibor qaratilgan bo'lib, DFLga nisbatan kamroq yondashuv bildirilgan.

Jadval 1

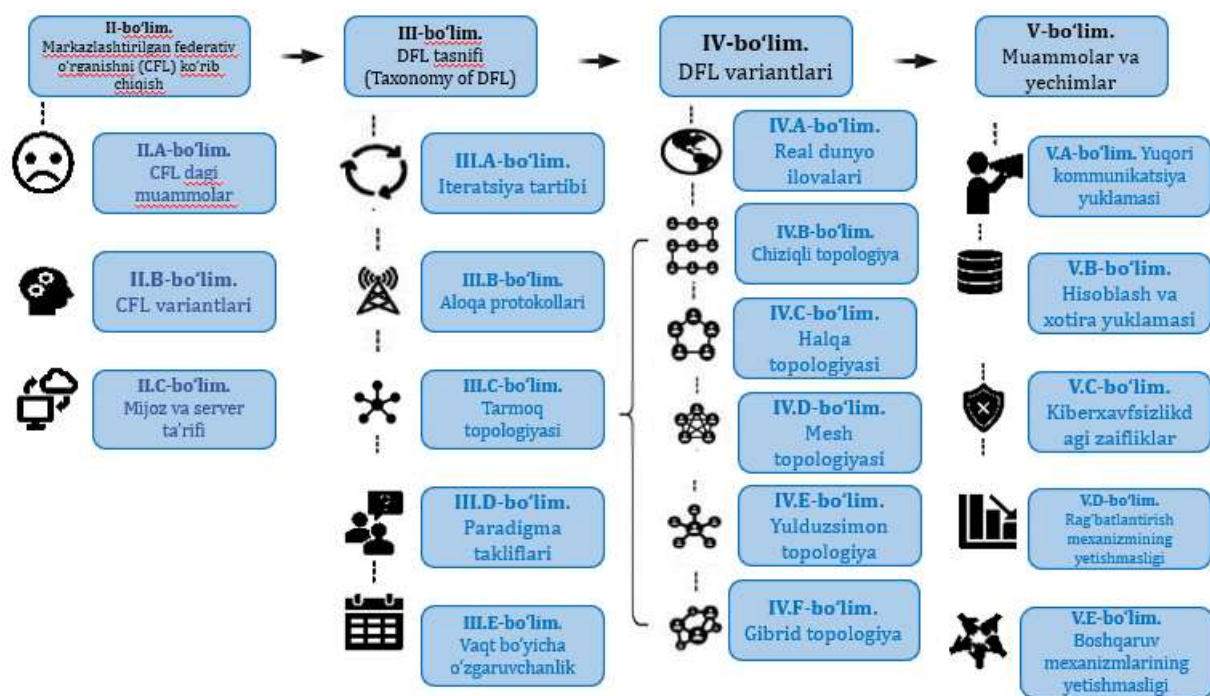
Markazlashtirilmagan Federativ O'rganish (DFL) bo'yicha mavjud ishlarining qiyosiy tahlili

Shahr	Yil	DFL mavzusi	Qo'llash sohasi	Iteratsiya	Protokol	Topologiya	Paradigma	O'zgaruvchanlik
[1]	2021	Kirish	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[63]	2021	Kirish	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[64]	2021	UAV	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[65]	2021	IoT	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[66]	2022	Blockchain	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[67]	2022	Sharh	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[68]	2022	Sharh & Mulohaza	✗ IoT	✗	✗	✗	✗	✗
[69]	2023	Qo'llanma (Tutorial)	✗	✗	✗	✗	✗	✗

[70]	2023	Sharh	✗	✗	✗	✗	✗	✗
[71]	2023	Topologiya	✗	✗	✗	✓	✗	✗
[72]	2023	CAV	🚗	✗	✗	✗	✗	✗
[73]	2023	Sharh & Tutorial	🚗 📱 🏭 ✈️	✗	✓	✗	✗	✗
[74]	2024	Xavfsizlik & Maxfiylik	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Biznin g ish	2024	Sharh & Perspektiva	🚗 📱 🏭 ✈️ 🌐 🤖	✓	✓	✓	✓	✓

Belgilar izohi:

✓ — yoritilgan, ✗ — yoritilmagan



🚗 — Ulangan va Avtonom Transport Vositalari (CAV), 📱 — Sog'liqni saqlash, 🏭 — Mobil xizmatlar, 🤖 — Sanoat IoT, ✈️ — UAV va sun'iy yo'ldoshlar, 🌐 — Ijtimoiy tarmoqlar, 🤖 — Umumiy Sun'iy Intelлект (AGI).

Bundan tashqari, iteratsiya jarayoni, aloqa protokollari, tarmoq topologiyasi, paradigma va boshqa muhim jihatlarni o'z ichiga olgan holda DFL tizimini qurish mantiqini izchil va chuqur yoritib beradigan keng qamrovli hamda tahliliy sharh ishlarining yetishmasligi kuzatilmoqda. Ushbu maqola CFL bo'yicha adabiyotlar sharhi bilan boshlanib, undagi asosiy muammolar hamda ularni hal etishga qaratilgan turli kengaytirilgan variantlarni umumlashtiradi va ularni DFL bilan taqqoslash hamda analogiya qilish imkonini beradi. Rivojlanayotgan ilmiy yo'nalish sifatida, mazkur sharh maqolasi DFL bo'yicha mavjud sharh adabiyotlaridagi bo'shliqlarni to'ldirishni maqsad qilgan bo'lib, hozirga qadar e'tibordan chetda qolgan perspektiv tadqiqot ishlarini ham qamrab oladi. Ushbu ishda DFL

bo'yicha eng zamonaviy (state-of-the-art, SOTA) tadqiqotlar tizimli tarzda integratsiyalangan va tasniflangan. Bizning sharhimizning boshqa DFLga oid sharh maqolalari bilan batafsil va keng qamrovli qiyosiy tahlili I-jadvalda keltirilgan.

Mazkur maqolaning asosiy hissalarini quyidagilardan iborat:

- Ushbu ishda markazlashtirilgan federativ o'rganish (Centralized Federated Learning, CFL) batafsil tavsiflanadi, undagi asosiy muammolar umumlashtiriladi hamda mavjud turli variantlarga oid keng qamrovli sharh taqdim etilib, ularning vazifalari, hal etilayotgan masalalari va afzalliklari chuqur tahlil qilinadi.
- Markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) uchun beshta asosiy tasnif tizimli ravishda aniqlanadi va tavsiflanadi. Ushbu tasniflar iteratsiya tartibi, aloqa protokoli, tarmoq topologiyasi, paradigma takliflari hamda vaqt bo'yicha o'zgaruvchanlikni o'z ichiga oladi. Bizning bilishimizcha, mazkur ish DFL bo'yicha ilk keng qamrovli, chuqur va ilmiy qarashlarni taqdim etuvchi perspektiv maqola hisoblanadi.
- Tarmoq topologiyasiga asoslangan holda, DFLning beshta turli varianti taklif etiladi va tasavvur qilinadi. Ushbu variantlar so'nggi ilmiy adabiyotlarni tizimli tasniflash, potensial qo'llash ssenariylarini oldindan ko'ra bilish hamda ularning afzalliklarini yoritishga xizmat qiladi.
- DFL sohasida mavjud bo'lgan beshta dolzarb muammo, ularni hal etish bo'yicha ehtimoliy yechimlar hamda kelgusidagi ilmiy tadqiqot yo'nalishlari umumlashtiriladi.
- Mazkur maqolaning taqdim etilishi 3-rasmda umumlashtirilgan. II-bo'limda CFLning rivojlanish tarixi, mavjud muammolari hamda ularni hal etishga qaratilgan ayrim variantlar ko'rib chiqiladi. III-bo'limda DFLning aloqa protokoli, tarmoq topologiyasi va paradigma takliflariga oid ta'riflar hamda batafsil tavsiflar keltiriladi. IV-bo'limda DFLning bir qator variantlari namoyish etiladi, shundan so'ng V-bo'limda DFLga xos muammolar chuqur tahlil qilinadi. Yakuniy VI-bo'limda esa mazkur ish bo'yicha umumiy xulosalar taqdim etiladi.

Markazlashtirilgan federativ o'rganishga sharh

McMahan va hammualliflar [2] federativ o'rganish (Federated Learning, FL) sohasida birinchi yetuk va eng keng tarqalgan algoritm — federativ o'rtachalash (Federated Averaging, FedAvg) ni taklif etganlar. Har bir aloqa raundida mijozlar o'zlarining lokal tarzda o'qitilgan modellarini markaziy serverga yuklaydi, server esa har bir mijozga tegishli namunalar soniga mutanosib ravishda barcha lokal modellarning og'irlikli o'rtachasini hisoblab, global modelni shakllantiradi. FedAvg asosida FL algoritmlarida mavjud muammolarni bartaraf etish maqsadida turli xil hosila (derivation) va optimallashtirish sxemalari ishlab chiqilgan [7].

Li va hammualliflar [8] FedProx nomli ilg'or algoritmni ishlab chiqib, unda lokal modelning global modeldan og'ishishini jazolash uchun proksimal had (proximal term) kiritilgan. Ushbu yondashuvning asosiy afzalligi shundan iboratki, u tizim geterogenligi mavjud bo'lgan mijozlarda ortiqcha moslashuv (overfitting) natijasida yuzaga keladigan lokal modellarning katta dispersiyasi va beqaror konvergentsiyasini cheklash imkonini beradi.

Wei va hammualliflar [8] FL jarayonida mijozlar tomonidan serverga yuboriladigan model parametrlaridan kelib chiqadigan maxfiylikning sizib chiqishi (privacy leakage) muammosini inobatga olib, agregatsiya uchun serverga uzatishdan oldin shovqin (noise) qo'shish orqali differensial maxfiylikni oshirishni taklif etganlar. Shuningdek, ushbu ishda FLning konvergentsiyasi va maxfiylikni saqlash o'rtasidagi o'yin-nazariy muvozanat (trade-off) hamda optimal aloqa raundlari masalalari ham yoritilgan. Mavjud turli xil hosila va

optimallashtirilgan yondashuvlar FL samaradorligini oshirishga xizmat qilganiga qaramay, markaziy serverga bog'liq bo'lgan bir qator muhim kamchiliklar, jumladan yagona nosozlik nuqtasi (Single Point of Failure, SPoF) muammosi hanuzgacha saqlanib qolmoqda. Ushbu bo'limda, avvalo serverga bog'liq muammolar va cheklovlar ko'rib chiqiladi, so'ngra ushbu muammolarni bartaraf etishga qaratilgan turli yechim variantlari hamda zamonaviy (state-of-the-art, SOTA) texnologiyalar taqdim etiladi.

A.Markazlashtirilgan Federativ O'rganishdagi Muammolar

Markazlashtirilgan federativ o'rganishda (Centralized Federated Learning, CFL) markaziy server ko'plab vazifalar va muammolarni o'z zimmasiga oladi. Odatda yirik xizmat ko'rsatuvchi provayderlar, masalan, katta tashkilotlar va ilmiy-tadqiqot muassasalari server rolini bajaradi. Bunday yirik provayderlar kichik subyektlarga nisbatan beqiyos resurslarga ega bo'lishiga qaramay, mijozlar sonining cheksiz ortib borishi bilan bog'liq bir qator xavotirli jihatlar mavjud.

1) Mijozlar geterogenligi.

Mijozlar geterogenligi asosan uchta yashirin omil bilan bog'liq: individual, guruhiiy va tizimli geterogenlik. Individual geterogenlik har bir namuna yoki shaxsga xos bo'lgan farqlardan kelib chiqadi, masalan, shifoxona sharoitida bemorlar o'rtasidagi tafovutlar. Guruhiiy geterogenlik namunalar kichik to'plamlarida umumiy xususiyatlarning mavjudligi bilan izohlanadi; bunga turli yosh guruhlari, geografik hududlar yoki tibbiy tarixga ega bo'lgan bemorlar misol bo'la oladi. Tizimli geterogenlik esa ma'lumotlarni yig'ish jarayonida tizim tomonidan kiritiladigan farqlar natijasida yuzaga keladi; bunday farqlar turli uskunalar, klinik amaliyotlar yoki ma'lumot yig'uvchi xodimlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

2) Aloqa resurslarining cheklanganligi.

Aloqa resurslari server va mijoz tomonida cheklangan hisoblanadi. Garchi federativ o'rganish foydalanuvchilarning xom (raw) ma'lumotlari o'rniga faqat model parametrlarini almashish orqali aloqa resurslari sarfini sezilarli darajada kamaytirgan bo'lsa-da, parallel ishlayotgan mijozlar sonining juda katta bo'lishi (hatto milliardgacha) sharoitida aloqa resurslari jiddiy muammo bo'lib qolmoqda. Xususan, kommunikatsiyadagi kechikishlar sabab server aloqa muammosiga duch kelgan mijozlarni kutib qolsa, bu butun FL tizimining samaradorligini keskin pasaytirishi mumkin. Ushbu muammoni bartaraf etish maqsadida aloqa samaradorligini oshirishga qaratilgan bir qator federativ o'rganish yondashuvlari taklif etilgan.

3) Hisoblash va saqlash resurslariga yuklama.

Server tomonidagi hisoblash va xotira (saqlash) resurslari ham jiddiy muammolarga duch keladi. Server milliardlab mijozlarga tegishli modellarni saqlashi va ularni agregatsiya qilishi talab etiladi. So'nggi yillarda yengil (lightweight) modellar paydo bo'layotganiga qaramay, model ma'lumotlarini hisoblash va saqlashga bo'lgan ehtiyoj osonlik bilan petabayt darajasiga yetishi mumkin. Joriy lokal modellarning katta hajmli versiyalaridan tashqari, global modelning turli holatlari (subconditionals) va versiyalar bo'yicha saqlanishi (versioned storage) ham zarur bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, mijozlar tomonidan real vaqt rejimida katta hajmdagi inferensiya vazifalarini bajarish talabi server tomonida inferensiya jarayonida yuqori hisoblash quvvatini talab qiladi.

4) Adolatlilik, xavfsizlik va ishonchlilik.

Adolatlilik, xavfsizlik va ishonchlilik masalalari CFLda doimo muhim ahamiyat kasb etib kelgan bo'lib, ular tizimning umumiy ishonchliligi, foydalanuvchilar ishonchi va ma'lumotlar

yaxlitligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Xavfsizlik va ishonch bilan bog'liq savollar zanjiri quyidagi masalalarni qamrab oladi: server tomonidan amalga oshiriladigan agregatsiya modeli qanchalik asosli, global model barcha mijozlar uchun yuqori samaradorlikni ta'minlay oladimi, global model qanday tekshiriladi, undan qanday qilib xavfsiz foydalanish mumkin hamda server hujumlardan qay darajada himoyalangan. Xavfsizlik muammolari bo'yicha tadqiqotlar zararli hujumlar, ma'lumotlarni zaharlash (data poisoning), anomaliyalarni aniqlash va maxfiylikni himoyalash kabi yo'nalishlarni o'z ichiga oladi. Shuningdek, federativ o'rganishda ishonchlilik (trustworthiness), adolatlilik (fairness), rag'batlantirish mexanizmlari (incentive) hamda izohlanadiganlik (interpretability) masalalari ham istiqbolli tadqiqot yo'nalishlari hisoblanadi.

5) Ishonchsiz aloqa.

Federativ o'rganishda ishonchsiz aloqa muammolari beqaror kommunikatsiya sharoitlari, zararli hujumlar yoki server nosozliklari kabi omillar natijasida yuzaga kelishi mumkin bo'lib, bu holatlar kechikishlar, paketlarning yo'qolishi yoki model uzatilishida shovqin paydo bo'lishiga olib keladi. Odatda barcha mijozlar yagona markaziy server bilan aloqa qilganligi sababli, yagona nosozlik nuqtasi (Single Point of Failure, SPoF) butun tizimning yangilanish jarayonini to'xtatib qo'yishi mumkin. Bir nechta edge-serverlardan foydalanish SPoF xavfini qisman kamaytirishi mumkin bo'lsa-da, muammoga uchragan edge-serverga ulangan tizim segmentlarining javobsiz holatga tushib qolish ehtimoli saqlanib qoladi ishlarida markaziy server rolini almashtirish orqali SPoF muammosini kamaytirish maqsadida blokcheyn texnologiyasidan foydalanish o'rganilgan, biroq ushbu yondashuv an'anaviy markazlashtirilgan federativ o'rganish modelidan sezilarli darajada farq qiladi.

XULOSA

Ushbu maqolada markazlashtirilmagan federativ o'rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) freymvorki keng qamrovli tarzda tahlil qilindi. Xususan, kommunikatsiya protokollari, tarmoq topologiyalari, paradigma takliflari, kengaytirilgan variantlar, asosiy muammolar hamda ehtimoliy yechimlar batafsil muhokama etildi. Mazkur ishning asosiy maqsadi — mavjud adabiyotlar va ta'riflarni tizimlashtirgan holda, aniq belgilangan, izchil va kompleks ilmiy nuqtayi nazarni taqdim etish hamda DFL bilan endigina shug'ullana boshlagan tadqiqotchilar uchun puxta kirish manbai yaratishdan iborat. DFL jadal rivojlanayotgan tadqiqot sohasi ekanligini inobatga olib, ushbu maqolada besh xil variantni aniqlash va muhokama qilish orqali mustahkam nazariy asos shakllantirildi. Bu nafaqat tadqiqotchilarga ushbu sohani chuqurroq tushunishga yordam beradi, balki yangi g'oyalar va ilmiy hamkorliklarning yuzaga kelishini ham rag'batlantiradi.

Shuni ta'kidlash joizki, ushbu ish an'anaviy so'rov (survey) maqolalardan farq qiladi, chunki unda DFL bo'yicha mualliflarning shaxsiy qarashlari, tahlillari va innovatsion fikrlari ilgari surilgan. Bundan tashqari, maqolada DFL freymvorki doirasida ilgari deyarli o'rganilmagan bir qator yangi turlar aniqlangan. Masalan, hozirgi kunga qadar mavjud tadqiqotlarda Uzluksiz (Continual) paradigma bilan to'r (mesh) tarmoq topologiyasini birlashtirgan yondashuv namoyish etilmagan. Kelgusida tadqiqotchilar asinxron DFL yondashuvlarini ko'rib chiqishi mumkin, bunda mijozlar ma'lumotlarni turli vaqtlarda yig'ib, o'rganishni ham turli vaqtlarda amalga oshiradi. Bu esa Uzluksiz paradigmaning va mesh topologiyaning ikki tomonlama afzalliklaridan, jumladan aloqa yuklamasining kamayishi, shaxsiylashtirish va boshqa imkoniyatlardan samarali foydalanish imkonini beradi. Turli foydalanish ssenariylarini hisobga olgan holda, ushbu ish boshqa DFL tadqiqotchilarining ilmiy

qiziqishini rag'batlantirish va kengaytirishni, shuningdek, freymvorkni o'ziga xos ehtiyojlar va amaliy sharoitlarga moslashtirishga undashni maqsad qiladi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. P. Kairouz, H. B. McMahan, B. Avent, A. Bellet, M. Bennis, A. N.Bhagoji, K. Bonawitz, Z. Charles, G. Cormode, R. Cummings et al., "Advances and open problems in federated learning," *Found. Trends Mach. Learn.*, vol. 14, no. 1–2, pp. 1–210, Jun. 2021.
2. B. McMahan, E. Moore, D. Ramage, S. Hampson, and B. A. y Arcas, "Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data," in *Artificial intelligence and statistics*. PMLR, 2017, pp.1273–1282.
3. A. Hard, K. Rao, R. Mathews, S. Ramaswamy, F. Beaufays, S. Augenstein, H. Eichner, C. Kiddon, and D. Ramage, "Federated learning formobile keyboard prediction," *arXiv preprint arXiv:1811.03604*, 2018.
4. D. Ramage and S. Mazzocchi, "Federated analytics: Collaborative data science without data collection," *Google Research*, 2020.
5. D. Wang, S. Shi, Y. Zhu, and Z. Han, "Federated analytics: Opportunities and challenges," *IEEE Network*, vol. 36, no. 1, pp. 151–158, 2021.
6. A. R. Elkordy, Y. H. Ezzeldin, S. Han, S. Sharma, C. He, S. Mehrotra, S. Avestimehr et al., "Federated analytics: A survey," *APSIPA Transactions on Signal and Information Processing*, vol. 12, no. 1, 2023.
7. D. Chen, D. Wang, Y. Zhu, and Z. Han, "Digital twin for federated analytics using a bayesian approach," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 22, pp. 16301–16312, 2021.
8. S. R. Pandey, M. N. Nguyen, T. N. Dang, N. H. Tran, K. Thar, Z. Han, and C. S. Hong, "Edge-assisted democratized learning toward federated analytics," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 572–588, 2021.
9. Z. Wang, Y. Zhu, D. Wang, and Z. Han, "FedFPM: A unified federated analytics framework for collaborative frequent pattern mining," in *IEEE INFOCOM 2022-IEEE Conference on Computer Communications*. IEEE, 2022, pp. 61–70.
10. D. Froelicher, J. R. Troncoso-Pastoriza, J. L. Raisaro, M. A. Cuendet, J. S. Sousa, H. Cho, B. Berger, J. Fellay, and J.-P. Hubaux, "Truly privacy-preserving federated analytics for precision medicine with multiparty homomorphic encryption," *Nature communications*, vol. 12, no. 1, p. 5910, 2021.
11. Z. Wang, R. Gupta, K. Han, H. Wang, A. Ganlath, N. Ammar, and P. Tiwari, "Mobility digital twin: Concept, architecture, case study, and future challenges," *IEEE Internet Things J.*, Mar. 2022.
12. L. U. Khan, W. Saad, Z. Han, E. Hossain, and C. S. Hong, "Federated learning for internet of things: Recent advances, taxonomy, and open challenges," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, no. 3, pp. 1759–1799, 2021.
13. Y. Li, B. Dang, W. Li, and Y. Zhang, "Gih-water: A large-scale dataset for global surface water detection in large-size very-high-resolution satellite imagery," in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 38, no. 20, 2024, pp. 22213–22221.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 1 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com