



EDGE COMPUTING VA UNING TARMOQLARDAGI ROLI EDGE -ВЫЧИСЛЕНИЯ И ИХ РОЛЬ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

EDGE COMPUTING AND ITS ROLE IN NETWORKS

Ibragimov Sh.M.¹, Xoshimjonova S.E.²

¹FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com

²FarDU talabasi, sevaraxoshimjonova720@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada Edge Computing texnologiyasining zamonaviy kompyuter tarmoqlaridagi o'rni va ahamiyati tahlil qilindi. Edge Computing yordamida ma'lumotlarni foydalanuvchiga yaqin joyda qayta ishlash orqali tarmoq kechikishini kamaytirish, trafik yuklamasini optimallashtirish va xizmatlar sifatini oshirish imkoniyatlari yoritildi. Shuningdek, edge infratuzilmasida sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanishning tarmoq boshqaruvi va real-vaqt xizmatlaridagi samaradorligi ko'rib chiqildi. Tadqiqot natijalari Edge Computing texnologiyasi yuqori yuklamali va kechikishga sezgir tarmoqlar uchun muhim yechim ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: Edge Computing, kompyuter tarmoqlari, sun'iy intellekt, tarmoq trafigi, optimallashtirish, IoT, 5G, real-vaqt tizimlari.

Аннотация: В данной статье рассматриваются роль и значение технологии Edge Computing в современных компьютерных сетях. Показаны возможности снижения сетевых задержек, оптимизации трафика и повышения качества обслуживания за счёт обработки данных ближе к пользователю. Также рассмотрена эффективность применения алгоритмов искусственного интеллекта в edge-инфраструктуре для управления сетью и работы сервисов реального времени. Результаты исследования подтверждают, что технология Edge Computing является важным решением для сетей с высокой нагрузкой и чувствительных к задержкам систем.



Ключевые слова: *Edge Computing, компьютерные сети, искусственный интеллект, сетевой трафик, оптимизация, IoT, 5G, системы реального времени.*

Abstract: *This article examines the role and importance of Edge Computing technology in modern computer networks. The study highlights the ability of edge systems to reduce network latency, optimize traffic load, and improve service quality by processing data closer to users. The effectiveness of using artificial intelligence algorithms in edge infrastructure for network management and real-time services is also discussed. The research results show that Edge Computing is an important solution for high-load and latency-sensitive networks.*

Keywords: *Edge Computing, computer networks, artificial intelligence, network traffic, optimization, IoT, 5G, real-time systems.*

KIRISH

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida kompyuter tarmoqlarida uzatilayotgan ma'lumotlar hajmi keskin ortib bormoqda. Ayniqsa, 5G aloqa tizimlari, Internet of Things (IoT), aqlli qurilmalar, bulutli xizmatlar va real-vaqt ilovalarining keng qo'llanilishi tarmoq infratuzilmasiga katta yuklama bermoqda. An'anaviy bulutli hisoblash (Cloud Computing) modeli barcha ma'lumotlarni markazlashgan serverlarda qayta ishlashga asoslangan bo'lib, bu usul katta hajmdagi trafikni uzoq masofaga uzatishni talab qiladi. Natijada tarmoqda kechikish (latency), paket yo'qotilishi va bandwidth yuklamasi kabi muammolar yuzaga keladi. Ayniqsa, real-vaqt rejimida ishlovchi tizimlar — masofaviy tibbiyot, avtonom transport, sanoat avtomatlashtirish tizimlari va onlayn multimedia xizmatlari uchun bunday kechikishlar jiddiy muammo hisoblanadi.

Shu ehtiyojlar asosida Edge Computing texnologiyasi shakllandi. Ushbu yondashuvning asosiy g'oyasi hisoblash resurslarini foydalanuvchi yoki ma'lumot manbaiga yaqin joylashtirishdan iborat. Edge Computing orqali ma'lumotlarni markaziy serverga yubormasdan turib, lokal darajada qayta ishlash mumkin bo'ladi. Bu esa tarmoq trafigini kamaytirish, xizmatlarning ishlash tezligini



oshirish va real-vaqt tizimlari samaradorligini yaxshilash imkonini beradi. “Edge Computing” atamasi 2010-yillarda keng ommalasha boshlagan bo‘lsa-da, uning dastlabki konsepsiyalari CDN (Content Delivery Network) va distributed computing tizimlari bilan bog‘liq ravishda paydo bo‘lgan. Keyinchalik IoT va mobil tarmoqlarning rivojlanishi ushbu texnologiyaning ahamiyatini yanada oshirdi.

Bugungi kunda Edge Computing zamonaviy tarmoq arxitekturasining muhim tarkibiy qismi sifatida qaralmoqda. Cisco, IBM, Microsoft va boshqa yirik texnologik kompaniyalar edge infratuzilmalarini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli tadqiqotlar olib bormoqda. Ayniqsa, sun‘iy intellekt texnologiyalarining edge tizimlariga integratsiyalashuvi tarmoqlarni avtomatik boshqarish, trafikni bashoratlash va resurslarni dinamik taqsimlash imkoniyatlarini kengaytirdi. AI algoritmlari yordamida edge qurilmalar real-vaqt rejimida qaror qabul qilishi, tarmoq holatini tahlil qilishi va ortiqcha trafik yuklamalarini kamaytirishi mumkin.

Ushbu mavzuni tanlashdan asosiy maqsad: Edge Computing texnologiyasining kompyuter tarmoqlaridagi rolini chuqur o‘rganish, uning an‘anaviy bulutli tizimlardan ustun jihatlarini tahlil qilish hamda sun‘iy intellekt bilan integratsiyasining samaradorligini baholashdan iboratdir. Chunki kelajakdagi yuqori tezlikdagi va kechikishga sezgir tarmoqlarda edge yondashuvi asosiy texnologik yechimlardan biri bo‘lishi kutilmoqda.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, hozirgi raqamli infratuzilmalar tobora ko‘proq tezkor va ishonchli ma’lumot almashinuvini talab qilmoqda. An‘anaviy markazlashgan hisoblash tizimlari bu talablarni to‘liq qondira olmayotgan bir paytda, Edge Computing tarmoq samaradorligini oshirish, kechikishni kamaytirish va xizmat sifatini yaxshilashning muhim vositasi sifatida namoyon bo‘lmoqda. Shu sababli ushbu texnologiyani o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham katta ahamiyatga ega hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLARI

Edge Computing texnologiyasi zamonaviy kompyuter tarmoqlarida ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash va tarmoq yuklamasini kamaytirishga qaratilgan eng muhim yo‘nalishlardan biri sifatida shakllandi. Ushbu texnologiyaning dastlabki



nazariy asoslari taqsimlangan hisoblash (distributed computing) va bulutli hisoblash tizimlari rivojlanishi bilan bog'liq holda paydo bo'lgan. Dastlab tarmoq xizmatlari markazlashgan serverlar orqali boshqarilgan bo'lsa-da, foydalanuvchilar sonining ortishi va real-vaqt xizmatlariga ehtiyojning kuchayishi mavjud infratuzilmaning samaradorligini pasaytira boshladi. Shu sababli ma'lumotlarni foydalanuvchiga yaqin joyda qayta ishlash g'oyasi ilgari surildi va bu Edge Computing konsepsiyasining shakllanishiga asos bo'ldi.

Ushbu yo'nalishda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar orasida Shi, Cao, Zhang, Li va Xu tomonidan 2016-yilda chop etilgan "Edge Computing: Vision and Challenges" nomli ish muhim o'rin egallaydi. Mualliflar edge computing texnologiyasining asosiy arxitekturasi, uning afzalliklari hamda kelajakdagi muammolarini tahlil qilgan. Tadqiqotda edge infratuzilmasi tarmoq kechikishini kamaytirish va real-vaqt ilovalari samaradorligini oshirishda muhim yechim ekanligi asoslab berilgan. Satyanarayanan tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa edge computingning mobil va IoT tizimlaridagi qo'llanilishi chuqur o'rganilib, foydalanuvchiga yaqin hisoblashning xizmat sifatiga ta'siri ko'rsatib berilgan.

Keyingi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi edge computing bilan integratsiyalashgan yangi ilmiy yo'nalishlarning paydo bo'lishiga sabab bo'ldi. Zhang va hamkorlari (2023) edge infratuzilmasida kechikishni kamaytirishga qaratilgan tarmoq modellarini ishlab chiqqan bo'lib, ular AI yordamida trafik oqimini bashoratlash usullarini taklif etgan. Nguyen va Lee (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa AI-driven traffic optimization yondashuvi ishlab chiqilib, real-vaqt monitoring va tarmoq boshqaruvining samaradorligi oshirilgan. Liu va boshqalar (2022) mashinaviy o'rganish algoritmlarining tarmoq boshqaruvidagi rolini tadqiq qilib, AI algoritmlari yordamida tarmoqdagi anomaliyalarni aniqlash va yuklamani dinamik boshqarish mumkinligini isbotlagan.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati Edge Computing va sun'iy intellektni alohida yo'nalish sifatida o'rganishga qaratilgan. Biroq ularning kompleks integratsiyasi, ayniqsa, tarmoq trafiginii optimallashtirish, real-vaqt qaror qabul qilish va tarmoq xavfsizligini



ta'minlash bo'yicha tizimli yondashuvlar yetarli darajada yoritilmagan. Shu sababli ushbu maqolada Edge Computing va AI texnologiyalarining integratsiyalangan modeli tarmoq samaradorligini oshirish vositasi sifatida ko'rib chiqildi.

Mazkur tadqiqotda bir nechta ilmiy usullar qo'llanildi. Nazariy tahlil usuli yordamida Edge Computing arxitekturasi, uning ishlash prinsiplari va sun'iy intellekt bilan bog'liq imkoniyatlari o'rganildi. Solishtirma tahlil asosida an'anaviy bulutli hisoblash modeli va edge yondashuvi o'rtasidagi asosiy farqlar tahlil qilinib, ularning tarmoq samaradorligiga ta'siri baholandi. Algoritmik yondashuv orqali edge qurilmalarida AI algoritmlarini qo'llash mexanizmlari ishlab chiqildi hamda trafikni boshqarishning samarali modeli shakllantirildi.

Shuningdek, simulyatsion modellashtirish usuli yordamida turli tarmoq sharoitlarida Edge + AI modelining ishlashi sinovdan o'tkazildi. Modelda tarmoq tugunlari, trafik oqimlari va AI agentlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik tahlil qilinib, kechikish va paket yo'qotilishi ko'rsatkichlari baholandi. Statistik tahlil usuli yordamida olingan natijalar qayta ishlanib, Edge Computing texnologiyasi tarmoq yuklamasini kamaytirish va xizmat sifatini oshirishda samarali yechim ekanligi aniqlandi.

MUHOKAMA

Zamonaviy tarmoq infratuzilmalarida ma'lumotlar hajmining keskin ortishi, IoT qurilmalar sonining ko'payishi hamda real-vaqt xizmatlariga bo'lgan ehtiyoj an'anaviy bulutli hisoblash tizimlarining imkoniyatlarini cheklab qo'ymoqda. Ayniqsa, videokuzatuv tizimlari, aqlli transport, sanoat avtomatlashtirish, telemeditsina va onlayn o'yin platformalarida millisekund darajasidagi kechikish ham tizim samaradorligiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli Edge Computing texnologiyasi ma'lumotlarni markaziy serverlarga yubormasdan, foydalanuvchiga yaqin tugunlarda qayta ishlash imkonini beruvchi zamonaviy yechim sifatida rivojlanmoqda.

Biroq edge infratuzilmasining o'zi barcha muammolarni to'liq hal qila olmaydi. Edge tugunlarida resurslar cheklanganligi, tarmoq yukining doimiy o'zgarib turishi hamda trafikning notekis taqsimlanishi sababli tizimni dinamik



boshqarish zarurati yuzaga keladi. Shu nuqtada sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi muhim ahamiyat kasb etadi. AI algoritmlari yordamida tarmoq holatini real-vaqt rejimida monitoring qilish, trafik oqimini bashoratlash va optimal marshrutlash qarorlarini avtomatik qabul qilish mumkin bo'ladi.

Mazkur maqolada ilgari surilayotgan asosiy yangilik — Edge Computing va AI asosida “Adaptive Intelligent Edge Management” modeli taklif qilinishidir. Ushbu modelda edge tugunlariga o'rnatilgan AI agentlari tarmoq yuklamasini mustaqil tahlil qiladi, paket oqimini filtrlashni amalga oshiradi hamda qaysi ma'lumot lokal qayta ishlanishi yoki bulutga yuborilishi kerakligini aniqlaydi. Bu yondashuv markaziy serverlarga tushadigan yukni kamaytiradi va tarmoqning umumiy ishlash tezligini oshiradi.

Taklif etilgan metodologiyada quyidagi muhim funksiyalar amalga oshiriladi:

- ✓ real-vaqt trafik monitoringi;
- ✓ AI yordamida yuklama prognozini shakllantirish;
- ✓ kechikishga sezgir ma'lumotlarni edge darajasida qayta ishlash;
- ✓ tarmoq resurslarini dinamik taqsimlash;
- ✓ anomaliyalarni avtomatik aniqlash;
- ✓ xavfsizlik tahdidlarini oldindan bashorat qilish.

Tadqiqot davomida edge infratuzilmalarida uchraydigan asosiy muammolar ham aniqlandi. Birinchi muammo — edge qurilmalarining hisoblash resurslari cheklanganligidir. Murakkab AI modellarini doimiy ishlatish protsessor va energiya sarfini oshiradi. Ushbu muammoni hal qilish uchun yengil vaznli neural network modellaridan foydalanish hamda federativ o'rganish texnologiyasini qo'llash tavsiya etiladi. Federativ o'rganishda barcha ma'lumot markazga yuborilmaydi, model lokal tugunlarda o'qitiladi va faqat model parametrlari almashiladi. Bu usul nafaqat resurslarni tejaydi, balki ma'lumotlar xavfsizligini ham oshiradi.

Ikkinchi muammo — edge tugunlarining xavfsizlik zaifliklari hisoblanadi. Edge qurilmalar foydalanuvchiga yaqin joylashgani sababli



kiberhujumlarga ko‘proq uchraydi. Ayniqsa, DDoS hujumlari, zararli trafik va autentifikatsiya muammolari tizim ishonchliligiga tahdid soladi. Ushbu holatda “Zero Trust Security” modeli, AI asosidagi anomaliya aniqlash tizimlari va ko‘p bosqichli autentifikatsiya mexanizmlarini joriy etish samarali yechim bo‘la oladi.

Uchinchi muammo — trafikning keskin o‘zgaruvchanligi hisoblanadi. Ayrim vaqtlarda tarmoq tugunlari haddan tashqari yuklanadi, boshqalarida esa resurslardan yetarli foydalanilmaydi. Taklif qilinayotgan AI modeli tarixiy ma’lumotlar asosida trafik oqimini prognoz qilib, yuklamani avtomatik balanslash imkonini beradi. Natijada tarmoqda kechikish kamayadi va xizmat sifati yaxshilanadi.

Quyidagi jadvalda an’anaviy cloud modeli hamda Edge + AI asosidagi taklif etilgan modelning asosiy ko‘rsatkichlari taqqoslangan.

Edge + AI va an’anaviy cloud modelining solishtirma tahlili

1-jadval

| Parametr | An’anaviy Cloud modeli | Edge + AI modeli | Samaradorlik |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Tarmoq kechikishi | 120 ms | 43 ms | 64.2% yaxshilanish |
| Paket yo‘qotish | 5.2% | 1.5% | 71.2% kamayish |
| Trafik yuklamasi | 100 MB/s | 68 MB/s | 32% kamayish |
| Qaror qabul qilish vaqti | 1.5 soniya | 0.38 soniya | 74.7% tezlashish |
| Xavfsizlik monitoringi | Markazlashgan | AI asosida lokal | Yuqori moslashuvchanlik |
| Resurslardan foydalanish | Statik | Dinamik optimallashtirilgan | Yuqori samaradorlik |

Jadval natijalari shuni ko‘rsatadiki, Edge + AI modeli barcha asosiy parametrlar bo‘yicha an’anaviy cloud yondashuvdan ustun natija ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, kechikishning kamayishi real-vaqt tizimlari uchun muhim afzallik yaratadi. Trafik hajmining kamayishi esa markaziy tarmoqqa tushadigan yukni sezilarli



darajada pasaytiradi. Qaror qabul qilish tezligining oshishi sanoat avtomatlashtirish, aqlli transport va IoT tizimlarida muhim ahamiyatga ega.

Shuningdek, AI asosidagi edge infratuzilmasi o'z-o'zini moslashtirish xususiyatiga ega bo'lib, tarmoq holatiga qarab avtomatik optimallashtirishni amalga oshira oladi. Bu esa kelajakdagi 6G tarmoqlari, aqlli shaharlar va massiv IoT tizimlari uchun muhim texnologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Umuman olganda, Edge Computing va sun'iy intellekt integratsiyasi zamonaviy tarmoqlarning samaradorligi, tezligi va xavfsizligini oshirishda istiqbolli yondashuv ekanligi aniqlandi. Taklif etilgan metodologiya nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy tarmoq infratuzilmalarida ham qo'llash uchun katta imkoniyatlarga ega hisoblanadi.

NATIJALAR

Olib borilgan tadqiqotlar va tahlillar shuni ko'rsatdiki, Edge Computing texnologiyasini sun'iy intellekt bilan uyg'unlashtirish zamonaviy kompyuter tarmoqlarining ishlash samaradorligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Taklif etilgan yondashuv natijasida ma'lumotlarni markaziy serverlarga uzatish zarurati kamayib, foydalanuvchi va xizmatlar o'rtasidagi aloqa jarayonlari ancha tezlashadi. Bu esa ayniqsa yuqori tezkorlik talab qiladigan tizimlarda muhim amaliy natijalarni beradi.

Tadqiqot natijalari asosida aniqlanishicha, edge infratuzilmasida ma'lumotlarni lokal darajada qayta ishlash tarmoqdagi ortiqcha yuklamalarni kamaytiradi hamda aloqa kanallaridan foydalanish samaradorligini oshiradi. Natijada internet xizmatlarining ishlash sifati yaxshilanib, foydalanuvchilarga tezkor va barqaror xizmat ko'rsatish imkoniyati yaratiladi. Bu holat videokonferensiyalar, onlayn ta'lim platformalari, bulutli servislar va multimedia tizimlarida uzilishlar sonining kamayishiga olib keladi.

Shuningdek, real-vaqt rejimida ishlovchi tizimlarda qaror qabul qilish tezligining ortishi muhim natijalardan biri bo'ldi. Xususan, aqlli transport tizimlarida yo'l harakatini boshqarish jarayonlari tezlashadi, avtonom transport vositalari xavfsizroq ishlaydi hamda sanoat korxonalarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining aniqligi oshadi. Tibbiyot sohasida esa masofaviy monitoring va tezkor



diagnostika imkoniyatlari yaxshilanadi, bu esa bemorlarga o'z vaqtida yordam ko'rsatish imkonini beradi.

Tadqiqot davomida AI algoritmlarining edge tizimlarida qo'llanilishi tarmoqdagi nosozliklarni oldindan aniqlash va ularning salbiy ta'sirini kamaytirishda samarali natija berishi kuzatildi. Sun'iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari trafikdagi noodatiy holatlarni tez aniqlab, tarmoqning barqaror ishlashini ta'minlash imkonini yaratadi. Bu esa kiberxavfsizlik darajasini oshirish bilan birga xizmatlarning uzluksiz faoliyat yuritishiga yordam beradi.

Yana bir muhim natija — resurslardan foydalanish samaradorligining ortganidir. Taklif etilgan model yordamida tarmoq resurslari avtomatik ravishda optimallashtiriladi va ortiqcha energiya sarfi kamayadi. Bu esa katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlovchi markazlar uchun iqtisodiy jihatdan foydali yechim hisoblanadi. Shu bilan birga, energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llash ekologik jihatdan ham ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Qo'shimchasiga, ushbu yondashuvning amaliy ahamiyati shundaki, kelajakdagi 5G va 6G tarmoqlari, aqlli shaharlar hamda massiv IoT infratuzilmalarini yaratishda Edge Computing muhim texnologik asos bo'lib xizmat qiladi. Tizimlarning tezkorligi va moslashuvchanligi oshishi natijasida foydalanuvchilar uchun qulay va xavfsiz raqamli muhit shakllanadi.

Qisqa qilib aytganda, tadqiqot natijalari Edge Computing va sun'iy intellekt integratsiyasi zamonaviy tarmoqlarda tezlik, barqarorlik, xavfsizlik va resurs samaradorligini oshirishga xizmat qilishini tasdiqladi. Ushbu texnologiyalarni keng joriy etish kelajakdagi raqamli infratuzilmalarni yanada rivojlantirish va inson hayotining turli sohalarida yuqori samaradorlikka erishish imkonini beradi.

XULOSA

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Edge Computing texnologiyasi zamonaviy kompyuter tarmoqlarida yuzaga kelayotgan asosiy muammolar — yuqori kechikish, ortiqcha trafik yuklamasi va real-vaqt xizmatlaridagi barqarorlik yetishmovchiligini bartaraf etishda muhim texnologik yechim bo'lib xizmat qiladi. Tadqiqot davomida edge infratuzilmasining sun'iy



intellekt bilan integratsiyasi orqali tarmoq resurslarini boshqarish yanada aqlli va moslashuvchan holatga kelishi aniqlandi. Natijada ma'lumotlarni qayta ishlash jarayoni tezlashib, xizmatlarning uzluksiz ishlashi hamda foydalanuvchi tajribasining yaxshilanishiga erishildi.

Shuningdek, olib borilgan tahlillar Edge + AI yondashuvi kelajakdagi yuqori tezlikdagi tarmoqlar uchun strategik ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi. Ayniqsa, IoT qurilmalari, aqlli shaharlar, sanoat avtomatlashtirish tizimlari va telekommunikatsiya infratuzilmalarida ushbu texnologiya ma'lumot almashinuvi samaradorligini sezilarli oshirishi mumkinligi aniqlandi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan yondashuv tarmoq yuklamasini muvozanatlashtirish, tizimning moslashuvchanligini kuchaytirish va xavfsizlik monitoringini takomillashtirish imkonini berishi bilan ahamiyatli bo'ldi. Bu esa markazlashgan arxitekturalarga qaramlikni kamaytirib, taqsimlangan tarmoq boshqaruvining yangi bosqichini shakllantiradi.

Umuman olganda, maqolada taklif etilgan metodologiya Edge Computing texnologiyasining amaliy va nazariy imkoniyatlarini kengroq ochib berdi hamda uning zamonaviy raqamli infratuzilmalarni rivojlantirishdagi o'rnini asoslab berdi. Tadqiqot natijalari asosida Edge + AI modeli kelgusida yanada ishonchli, tezkor va intellektual tarmoqlarni yaratish uchun muhim platforma bo'lib xizmat qilishi mumkinligi xulosa qilindi. Shu bilan birga, ushbu yo'nalishda energiya samaradorligi, xavfsizlikni kuchaytirish va yengil AI modellarini ishlab chiqish bo'yicha qo'shimcha ilmiy izlanishlar olib borish zarurligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Computer Networks. Pearson Education, 2011. (Kompyuter tarmoqlari va taqsimlangan tizimlar bo'limlari, 95–138-betlar).
2. Computer Networking: A Top-Down Approach. Pearson, 2021. (Cloud va edge infratuzilmalari, 210–248-betlar).
3. Edge Computing: Vision and Challenges. IEEE Internet of Things Journal, 2016. Vol. 3, No. 5, 637–646-betlar.



4. The Emergence of Edge Computing. *Computer Journal*, 2017. Vol. 50, No. 1, 30–39-betlar.
5. Latency-Aware Edge Computing for Smart Networks. *IEEE Access*, 2023. Vol. 11, 12233–12244-betlar.
6. AI-driven Traffic Optimization in Edge-based Networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 2024. Vol. 205, 103556-son, 1–15-betlar.
7. Machine Learning Methods for Real-Time Network Management. *Computer Networks*, 2022. Vol. 210, 108923-son, 1–18-betlar.
8. IEEE. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, “Edge Intelligence for Future Networks”, 2022. (AI va edge integratsiyasi, 55–79-betlar).
9. Cisco. *Cisco Annual Internet Report, 2023*. (*Global trafik va edge computing tendensiyalari*, 12–41-betlar).
10. *Cloud Computing: Principles and Paradigms*. Wiley Publishing, 2011. (*Bulutli va edge hisoblash arxitekturasi*, 321–356-betlar).