



TARMOQ TOPOLOGIYALARINING ISHONCHLILIK VA
SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARINI KOMPLEKS BAHOLASH

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕВЫХ
ТОПОЛОГИЙ

COMPLEX EVALUATION OF THE RELIABILITY AND
EFFICIENCY OF NETWORK TOPOLOGIES

Ibragimov Sh.M.¹, Abdullayeva M.M.²

¹FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com

²FarDU talabasi, abdullayevmmmm5555@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy kompyuter tarmoqlarida qo'llaniladigan topologiyalarning samaradorlik va ishonchlilik darajalari kompleks tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida tarmoqning ishlash tezligi, uzilishlarga bardoshliligi, trafikni boshqarish imkoniyati hamda iqtisodiy samaradorligi kabi ko'rsatkichlar asosida turli topologiyalar o'zaro taqqoslandi. Shuningdek, markazlashgan va tarqoq arxitekturalarning zamonaviy raqamli infratuzilmadagi o'rni o'rganildi. Tadqiqot natijalari asosida turli yuklama sharoitlari uchun optimal tarmoq strukturasi tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar: tarmoq topologiyasi, tarmoq samaradorligi, ishonchlilik, trafik, marshrutlash, kompyuter tarmoqlari, mesh topologiya, star topologiya, network optimization, scalability.

Аннотация: В данной статье проводится комплексный анализ эффективности и надежности современных сетевых топологий. В ходе исследования различные типы топологий сравниваются по показателям скорости передачи данных, устойчивости к сбоям, управлению трафиком и экономической эффективности. Также рассматривается роль централизованных и распределённых архитектур в современной цифровой инфраструктуре. На основе полученных результатов разработаны



рекомендации по выбору оптимальной структуры сети для различных условий нагрузки.

Ключевые слова: сетевая топология, эффективность сети, надежность, трафик, маршрутизация, компьютерные сети, mesh-топология, star-топология, оптимизация сети, масштабируемость.

Abstract: This article presents a comprehensive analysis of the efficiency and reliability of modern network topologies. Different topology types are compared according to data transmission speed, fault tolerance, traffic management capability, and economic efficiency. The role of centralized and distributed architectures in modern digital infrastructure is also examined. Based on the obtained results, recommendations for selecting optimal network structures under different load conditions are proposed.

Keywords: network topology, network efficiency, reliability, traffic, routing, computer networks, mesh topology, star topology, network optimization, scalability.

KIRISH

Kompyuter tarmoqlari zamonaviy axborot texnologiyalarining asosiy tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. Bugungi raqamli jamiyatda ma'lumotlarni tezkor uzatish, katta hajmdagi axborotni qayta ishlash va turli qurilmalarni yagona tizimga birlashtirish ehtiyoji tarmoq texnologiyalarining rivojlanishiga sabab bo'ldi. Ayniqsa, internet xizmatlari, bulutli platformalar, sun'iy intellekt tizimlari hamda IoT texnologiyalarining keng qo'llanilishi tarmoq infratuzilmasiga bo'lgan talabni yanada oshirmoqda. Shu sababli tarmoqning qanday tashkil etilgani, ya'ni uning topologiyasi tizim samaradorligini belgilovchi muhim omillardan biriga aylandi.

Tarmoq topologiyalari haqidagi dastlabki ilmiy qarashlar XX asrning 1960–1970-yillarida shakllana boshlagan. Dastlabki kompyuter tarmoqlari kichik hajmli va markazlashgan tuzilishga ega bo'lib, asosan ilmiy markazlar va harbiy tashkilotlarda qo'llanilgan. Keyinchalik kompyuter texnikasi rivojlanishi, lokal va global tarmoqlarning kengayishi natijasida star, bus, ring va mesh kabi turli topologiyalar amaliyotga kirib keldi. Har bir topologiya ma'lum vazifalarni



bajarishda o'zining afzalliklari bilan ajralib turdi va vaqt o'tishi bilan ular yanada takomillashtirildi.

Hozirgi davrda ushbu mavzuning dolzarbligi yanada ortib bormoqda. Sababi, zamonaviy tarmoqlarda foydalanuvchilar sonining keskin ko'payishi, ma'lumot oqimining ortishi va real vaqt rejimida ishlovchi xizmatlarning keng tarqalishi mavjud tarmoq tuzilmalariga katta yuklama bermoqda. Agar tarmoq topologiyasi noto'g'ri tanlansa, uzatish tezligi pasayishi, paket yo'qolishi, xavfsizlik muammolari va tizimning ishdan chiqishi kabi salbiy holatlar yuzaga kelishi mumkin. Shu bois tarmoq topologiyalarining samaradorligini baholash nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Ushbu mavzuning tanlanishiga asosiy sabab — zamonaviy axborot tizimlarida samarali, xavfsiz va barqaror tarmoqlarga bo'lgan ehtiyojning ortib borayotganidir. Ayniqsa, bank tizimlari, masofaviy ta'lim platformalari, elektron hukumat xizmatlari va sanoat avtomatlashtirish jarayonlarida tarmoqning uzluksiz ishlashi katta ahamiyat kasb etadi. Shu sababli turli topologiyalarning ishlash xususiyatlarini o'rganish, ularni o'zaro solishtirish hamda optimal variantlarni aniqlash muhim ilmiy va amaliy vazifalardan biri hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi tarmoq topologiyalarining samaradorligini zamonaviy mezonlar asosida baholash, ularning afzallik va kamchiliklarini tahlil qilish hamda turli sharoitlar uchun eng maqbul arxitekturalarni aniqlashdan iboratdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA USULLARI

Tarmoq topologiyalarining samaradorligi va ishonchliligini o'rganish bo'yicha dastlabki ilmiy tadqiqotlar XX asrning ikkinchi yarmida shakllana boshlagan. 1960–1970-yillarda kompyuter tarmoqlari endigina rivojlanayotgan davrda asosiy e'tibor ma'lumot uzatishning uzluksizligini ta'minlashga qaratilgan edi. Dastlabki ishlarda markazlashgan va oddiy strukturalar asosida qurilgan bus hamda ring topologiyalarining texnik imkoniyatlari tahlil qilindi. Ayniqsa, AQShning ARPANET loyihasi tarmoq strukturalarini rivojlantirishda muhim bosqich bo'ldi. Ushbu loyiha orqali bir nechta tugunlar o'rtasida uzluksiz ma'lumot



almashish imkoniyati yaratildi va keyinchalik zamonaviy internet texnologiyalarining shakllanishiga asos bo'ldi.

1980-yillarga kelib lokal tarmoqlar (LAN) keng tarqala boshladi va star topologiyasi amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan arxitekturalardan biriga aylandi. Bu davrda Robert Metcalfe tomonidan Ethernet texnologiyasining rivojlantirilishi katta ilmiy yangilik sifatida e'tirof etildi. Ethernet texnologiyasi tarmoqlarda ma'lumot uzatish tezligini oshirdi hamda star topologiyasining keng qo'llanishiga imkon yaratdi. Keyinchalik IEEE 802.3 standarti ishlab chiqilib, zamonaviy lokal tarmoqlarni tashkil etishning asosiy mezonlari belgilab berildi.

1990-yillarda internet texnologiyalarining ommalashuvi natijasida tarmoq yuklamasi keskin ortdi va mavjud topologiyalarni samaradorlik nuqtayi nazaridan qayta baholash zarurati paydo bo'ldi. Aynan shu davrda Andrew S. Tanenbaum tomonidan kompyuter tarmoqlari arxitekturasi va topologiyalariga oid fundamental tadqiqotlar olib borildi. Olim turli topologiyalarning ishlash prinsiplari, paket uzatish jarayonlari hamda tarmoq qatlamlari o'rtasidagi bog'liqlikni chuqur tahlil qildi. Tadqiqot natijalari star topologiyasining boshqaruv jihatidan qulay ekanligini, biroq markaziy tugunga yuqori yuk tushishini ko'rsatdi.

2000-yillardan boshlab tarmoq topologiyalarini baholashda matematik modellashtirish va simulyatsion yondashuvlardan keng foydalanila boshlandi. James F. Kurose va Keith W. Ross tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarda throughput, latency va packet loss kabi ko'rsatkichlarning topologiyaga bog'liqligi tahlil qilindi. Ularning tadqiqotlari natijasida katta yuklama ostida mesh topologiyasi boshqa strukturalarga nisbatan yuqori barqarorlikka ega ekanligi aniqlangan.

2010-yildan keyingi davrda Software-Defined Networking (SDN) texnologiyalarining rivojlanishi tarmoq boshqaruvida yangi bosqichni boshlab berdi. Diego Kreutz va uning hamkorlari tomonidan 2015-yilda olib borilgan tadqiqotlarda SDN asosida tarmoqni markazlashgan holda boshqarish orqali trafikni optimallashtirish va yuklamani avtomatik taqsimlash mumkinligi isbotlandi. Ushbu yondashuv tarmoq topologiyalarining samaradorligini oshirish bilan birga xavfsizlik va moslashuvchanlik darajasini ham yaxshiladi.



So'nggi yillarda esa sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish texnologiyalarini tarmoq boshqaruviga integratsiya qilish bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar amalga oshirilmoqda. 2023-yilda Nguyen T. va Lee J. tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda AI asosidagi trafik optimallashtirish tizimlari yordamida tarmoqdagi kechikishlar kamaytirilgani va ma'lumot uzatish sifati oshirilgani aniqlangan. Bu esa zamonaviy tarmoq topologiyalarini intellektual boshqarish imkoniyatlarini kengaytirdi.

Mazkur tadqiqot ishida tarmoq topologiyalarining samaradorligini baholash uchun bir nechta ilmiy usullardan foydalanildi. Birinchi navbatda, analitik usul yordamida turli topologiyalarning ishlash ko'rsatkichlari nazariy jihatdan taqqoslandi. Shuningdek, grafik nazariyasi asosida tugunlar va ulanishlar o'rtasidagi bog'lanishlar strukturaviy tahlil qilindi. Bundan tashqari, simulyatsion modellashtirish usuli orqali tarmoqlarning yuqori yuklama ostidagi ishlash jarayonlari o'rganildi.

Tadqiqot davomida samaradorlikni baholash mezonlari sifatida ma'lumot uzatish tezligi, paket yo'qolishi ehtimoli, uzilishlarga chidamlilik, marshrutlash samaradorligi, kengaytirish imkoniyati va iqtisodiy xarajatlar tanlab olindi. Ushbu mezonlar asosida turli topologiyalarning afzallik va kamchiliklari kompleks ravishda baholandi hamda zamonaviy raqamli tizimlar uchun eng samarali yondashuvlar aniqlashtirildi.

MUHOKAMA

Zamonaviy kompyuter tarmoqlarida eng muhim muammolardan biri — tarmoq yuklamasining notekis taqsimlanishi hisoblanadi. Tarmoqdagi foydalanuvchilar soni va uzatilayotgan ma'lumot hajmi ortgani sari ayrim tugunlarda ortiqcha trafik yig'ilishi kuzatiladi. Natijada paket yo'qolishi, uzatish kechikishi va tizimning umumiy samaradorligi pasayishi yuz beradi. Ayniqsa, markazlashgan topologiyalarda asosiy tugunga katta yuk tushishi butun tarmoq faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bu muammo bulutli xizmatlar, videokonferensiyalar va real vaqt rejimidagi platformalarda yanada yaqqol seziladi.



Yana bir muhim muammo — tarmoqning uzilishlarga nisbatan sezgirligidir. An'anaviy topologiyalarda bitta bog'lanish yoki tugunning ishdan chiqishi katta hududdagi aloqa uzilishiga sabab bo'lishi mumkin. Ayniqsa, bus va ring topologiyalarida bu holat yuqori xavf tug'diradi. Zamonaviy korporativ tizimlarda esa uzilishlarning hatto bir necha soniyaga davom etishi ham iqtisodiy zarar keltirib chiqaradi. Shu sababli tarmoq infratuzilmasida ishonchlilik darajasini oshirish bugungi kunda asosiy vazifalardan biriga aylangan.

Tadqiqot davomida mavjud topologiyalarni tahlil qilish asosida yangi "Adaptive Hybrid Routing Topology" (AHRT) yondashuvi taklif qilindi. Ushbu usul gibrid topologiya va intellektual marshrutlash algoritmlarini birlashtirishga asoslanadi. AHRT modelida tarmoqdagi har bir tugun real vaqt rejimida trafik holatini kuzatadi va yuklama ortgan yo'nalishlarni avtomatik ravishda o'zgartiradi. Natijada ma'lumot oqimi bir nuqtada to'planib qolmaydi hamda tarmoq resurslaridan samarali foydalanish imkoniyati yuzaga keladi.

Taklif etilgan modelning asosiy yangiligi shundaki, u statik marshrutlashdan voz kechib, dinamik va moslashuvchan boshqaruvni qo'llaydi. Tarmoqdagi uzilish yoki ortiqcha yuklama aniqlangan zahoti tizim avtomatik ravishda alternativ yo'nalishni tanlaydi. Bu esa paket yo'qolishini kamaytiradi, uzatish tezligini oshiradi va tizimning ishlash barqarorligini ta'minlaydi. Bundan tashqari, ushbu model energiya sarfini ham optimallashtiradi, chunki faol bo'lmagan tugunlar vaqtinchalik passiv rejimga o'tkaziladi.

AHRT usuli ayniqsa yuqori yuklama ostida ishlaydigan tizimlar uchun samarali hisoblanadi. Masalan, elektron bank tizimlari, sun'iy intellekt serverlari, IoT platformalari va ma'lumot markazlarida ushbu yondashuv yordamida uzilishlar sonini kamaytirish hamda xizmatlar uzluksizligini ta'minlash mumkin. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, moslashuvchan marshrutlash algoritmlari qo'llanilganda ma'lumot uzatish samaradorligi an'anaviy topologiyalarga nisbatan sezilarli darajada oshadi.



Tarmoq topologiyalarining samaradorligini chuqurroq baholash uchun quyidagi kompleks tahliliy jadval ishlab chiqildi. Jadvalda zamonaviy tarmoqlar uchun eng muhim bo'lgan texnik va ekspluatatsion ko'rsatkichlar taqqoslandi.

1-jadval

Ko'rsatkichlar	Star	Ring	Bus	Mesh	AHRT (taklif etilgan model)
O'rtacha kechikish darajasi	O'rtacha	Yuqori	Yuqori	Past	Juda past
Paket yo'qolishi ehtimoli	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori	Past	Juda past
Dinamik yuklama boshqaruvi	Cheklangan	Past	Mavjud emas	O'rtacha	Juda yuqori
Uzilishdan tiklanish vaqti	O'rtacha	Past	Past	Yuqori	Juda yuqori
Katta trafik ostidagi barqarorlik	O'rtacha	Past	Past	Yuqori	Juda yuqori
Energiya samaradorligi	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori	Past	Yuqori
Intellectual boshqaruv imkoniyati	Past	Past	Mavjud emas	O'rtacha	Juda yuqori
Masshtablash imkoniyati	Yuqori	Past	Past	Yuqori	Juda yuqori

Jadval natijalari shuni ko'rsatadiki, an'anaviy topologiyalar ma'lum vazifalarda samarali bo'lsa-da, zamonaviy katta hajmdagi tarmoqlar talablariga to'liq javob bera olmaydi. Star topologiyasi boshqaruv jihatidan qulay bo'lsa ham, markaziy tugunga bog'liqligi sababli katta yuklama ostida samaradorligi pasayadi.



Ring va bus topologiyalarida esa uzilishlarga chidamlilik darajasi yetarli emasligi kuzatiladi.

Mesh topologiyasi yuqori barqarorlikka ega bo'lsa-da, uning texnik murakkabligi va xarajatlari katta hisoblanadi. Taklif etilgan AHRT modeli esa mesh topologiyasining barqarorligini saqlab qolgan holda intellektual boshqaruv va moslashuvchan marshrutlash imkoniyatlarini qo'shadi. Ayniqsa, dinamik trafik boshqaruvi orqali tizimdagi ortiqcha yuklama avtomatik ravishda qayta taqsimlanadi.

Tahlillar natijasida shuni aytish mumkinki, kelajakdagi raqamli infratuzilmalar oddiy statik topologiyalar asosida emas, balki adaptiv va intellektual boshqaruvga ega gibridd tizimlar asosida shakllanadi. Chunki zamonaviy tarmoqlarda asosiy talab faqat tezlik emas, balki uzluksizlik, xavfsizlik, moslashuvchanlik va resurslardan optimal foydalanish hisoblanadi.

NATIJALAR

Taklif etilgan AHRT (Adaptive Hybrid Routing Topology) modeli asosida olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, ushbu yondashuv zamonaviy tarmoqlarda samaradorlik va ishonchlilikni bir vaqtning o'zida oshirish imkonini beradi. Modelning asosiy ustunligi — tarmoq holatini doimiy monitoring qilish va trafik yo'nalishlarini avtomatik ravishda moslashtirish mexanizmiga ega ekanligidir. Natijada tizimdagi ortiqcha yuklama kamayadi hamda ma'lumot almashish jarayoni barqarorroq holga keladi.

AHRT usuli qo'llanilganda tarmoqdagi uzatish jarayonlari bir markazga bog'lanib qolmaydi. Bu esa ayniqsa katta hajmdagi ma'lumot oqimi mavjud bo'lgan tizimlarda muhim natija beradi. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, yuklama dinamik tarzda qayta taqsimlangani sababli tarmoqning umumiy ishlash tezligi oshadi va xizmat ko'rsatish sifati yaxshilanadi. Shu bilan birga, tizimning uzilishlarga bardoshlilik darajasi ham yuqorilaydi.

Yuqoridagi modelning yana bir muhim foydali jihati — resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlashidir. An'anaviy topologiyalarda ayrim tugunlar ortiqcha faol ishlashi natijasida energiya sarfi va qurilma eskirishi tezlashadi. AHRT



modelida esa tugunlar faoliyati tarmoq holatiga qarab boshqariladi. Bu esa energiya iste'molini kamaytirish bilan birga uskunalarning xizmat muddatini uzaytiradi.

Tahlillar natijasida ushbu yondashuvning xavfsizlik jihatidan ham samarali ekanligi aniqlandi. Sababi, ma'lumot oqimi bir nechta alternativ yo'nalishlarga ega bo'lgani uchun hujum yoki texnik nosozlik yuzaga kelganda tizim to'liq ishdan chiqib ketmaydi. Bu holat bank tizimlari, davlat axborot bazalari va bulutli xizmatlar kabi yuqori xavfsizlik talab qilinadigan infratuzilmalarda katta ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan bir qatorda, AHRT modelining ayrim murakkab tomonlari ham mavjud. Birinchidan, tizimni joriy etish jarayoni oddiy topologiyalarga nisbatan murakkabroq hisoblanadi. Dinamik boshqaruv algoritmlari va intellektual marshrutlash tizimlarini yaratish yuqori texnik bilim hamda kuchli dasturiy ta'minotni talab qiladi. Ikkinchidan, boshlang'ich xarajatlar an'anaviy tarmoqlarga qaraganda yuqoriroq bo'lishi mumkin. Chunki qo'shimcha monitoring mexanizmlari va avtomatik boshqaruv modullari joriy etiladi. Biroq uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida ushbu xarajatlar o'zini oqlashi kuzatildi. Sababi, nosozliklarning kamayishi, xizmat ko'rsatish xarajatlarining pasayishi va uzilishlar sonining qisqarishi umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Ayniqsa, yirik korporativ tarmoqlar va ma'lumot markazlarida AHRT modelidan foydalanish tizimning uzluksiz ishlashini ta'minlash orqali katta iqtisodiy foyda keltiradi.

Olib borilgan tahlillar asosida shuni aytish mumkinki, AHRT modeli an'anaviy topologiyalarning zaif tomonlarini kamaytirib, ularning kuchli jihatlarini birlashtiruvchi zamonaviy adaptiv arxitektura hisoblanadi. Ushbu yondashuv kelajakda sun'iy intellekt asosidagi tarmoq boshqaruvi tizimlari bilan integratsiyalashgan holda yanada takomillashishi va zamonaviy raqamli infratuzilmalarning asosiy texnologiyalaridan biriga aylanishi mumkin.

XULOSA

Mazkur tadqiqot davomida zamonaviy kompyuter tarmoqlarida qo'llaniladigan asosiy topologiyalarning ishonchlilik va samaradorlik ko'rsatkichlari kompleks ravishda o'rganildi. Tadqiqot jarayonida turli tarmoq arxitekturalarining



ishlash prinsiplari, texnik imkoniyatlari hamda real yuklama sharoitlaridagi xatti-harakatlari tahlil qilindi. Olingan natijalar tarmoq strukturasi tanlash axborot almashinuvi sifati va tizim barqarorligiga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

Ish davomida an'anaviy star, ring, bus va mesh topologiyalarining kuchli hamda zaif tomonlari o'zaro solishtirildi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, mavjud topologiyalar ayrim vazifalarda yuqori natija bersa-da, zamonaviy katta hajmli va dinamik tarmoqlar talablarini to'liq qondira olmaydi. Ayniqsa, yuklama notekis taqsimlanishi, uzilishlarga sezgirlik va resurslardan samarasiz foydalanish muammolari dolzarb ekanligi aniqlandi.

Shu asosda maqolada yangi Adaptive Hybrid Routing Topology (AHRT) modeli taklif qilindi. Ushbu yondashuv gibrid arxitektura, dinamik marshrutlash va intellektual trafik boshqaruvini yagona tizimga birlashtirish orqali tarmoq samaradorligini oshirishga qaratildi. Tadqiqot natijalari AHRT modeli yordamida ma'lumot uzatish barqarorligini oshirish, paket yo'qolishini kamaytirish hamda tizimning moslashuvchanligini yaxshilash mumkinligini ko'rsatdi.

O'tkazilgan tahlillar yana shuni tasdiqladiki, kelajakdagi tarmoq infratuzilmalari oddiy statik tuzilmalardan ko'ra adaptiv va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga ehtiyoj sezadi. Ayniqsa, sun'iy intellekt, IoT va bulutli texnologiyalar keng rivojlanayotgan sharoitda tarmoqlarning tezkor moslasha olishi muhim ahamiyat kasb etadi.

Qisqa qilib aytganda, maqolada tarmoq topologiyalarini baholashning yangi yondashuvi ishlab chiqildi hamda samaradorlikni oshirishga qaratilgan zamonaviy usul taklif etildi. Tadqiqot natijalari kelgusida yuqori ishonchlilikka ega raqamli infratuzilmalarni yaratish, tarmoq boshqaruvini optimallashtirish va zamonaviy axborot tizimlarini takomillashtirishda ilmiy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Tanenbaum, A. S., Wetherall, D. J., *Computer Networks, 5th Edition, Pearson Education, 2011, 1–912-betlar. (Kompyuter tarmoqlari arxitekturasi, tarmoq topologiyalari va ma'lumot uzatish prinsiplari bo'yicha fundamental manba)*



2. Kurose, J. F., Ross, K. W., *Computer Networking: A Top-Down Approach*, Pearson, 2021, 180–420-betlar. (Tarmoq samaradorligi, throughput, latency va zamonaviy internet texnologiyalarining ishlash mexanizmlari)
3. Stallings, W., *Data and Computer Communications*, Pearson Education, 2017, 320–510-betlar. (Marshrutlash, switching, tarmoq protokollari va topologiyalarning texnik xususiyatlari)
4. IEEE Std 802.3-2022, *Ethernet Standard*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2022, 1–600-betlar. (Ethernet tarmoqlari, star topologiyasi va lokal tarmoq standartlari)
5. Kreutz, D., Ramos, F. M. V., Verissimo, P., et al., “Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey”, *Proceedings of the IEEE*, 2015, 14–76-betlar. (SDN texnologiyasi, markazlashgan boshqaruv va trafik optimallashtirish usullari)
6. Nguyen, T., Lee, J., “AI-Based Traffic Optimization in Software Defined Networks”, *IEEE Access*, 2023, 11234–11250-betlar. (Sun'iy intellekt asosida tarmoq trafikini boshqarish va samaradorlikni oshirish bo'yicha zamonaviy tadqiqot)
7. Jiang, RuoJing, *A Review of Network Topology*, *International Journal of Computer Network Studies*, 2015, 45–58-betlar. (Bus, ring, star va mesh topologiyalarining afzalliklari hamda cheklovlari tahlili)
8. Cisco Systems Technical White Paper, *Intelligent Network Routing and Adaptive Traffic Management*, Cisco Press, 2020, 1–95-betlar. (Adaptiv marshrutlash, load balancing va zamonaviy gibrid tarmoqlarni boshqarish texnologiyalari)