

MPLS TEXNOLOGIYASI ASOSIDA KORPORATIV TARMOQLARNI OPTIMALLASHTIRISH

IBRAGIMOV SH.M.¹, MIRZAYEV A.M.²

¹*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

²*FarDU talabasi, mirzayevasadbek7177@gmail.com*

Annotatsiya: Hozirgi korporativ tarmoqlar yuqori tezlik, ishonchlilik va xavfsizlik talablariga javob berishi zarur. Ushbu maqola MPLS (Multi-Protocol Label Switching) texnologiyasining korporativ tarmoqlarni optimallashtirishdagi rolini tahlil qiladi. MPLS yordamida trafikni samarali boshqarish, xizmat sifatini (QoS) oshirish va tarmoq resurslaridan oqilona foydalanish imkoniyatlari kengayadi. Tadqiqot natijalari MPLS implementatsiyasi orqali tarmoq unumdorligini oshirish, operatsion xarajatlarni kamaytirish va kengaytiriluvchanlikni ta'minlash mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: MPLS, Korporativ Tarmoqlar, Tarmoq Optimallashtirish, Trafik Injineriingi, Xizmat Sifati, Kengaytiriluvchanlik, VPN, Ma'lumotlar Uzatish

KIRISH. Bugungi globallashtirilgan iqtisodiyot sharoitida korporativ tarmoqlar biznes jarayonlarining uzluksizligi va samaradorligini ta'minlashda markaziy o'rin tutadi. Ma'lumotlar hajmining eksponensial o'sishi, bulutli xizmatlarga bog'liqlikning ortishi, masofaviy ish uslublarining kengayishi va kiberxavflarning murakkablashuvi korporativ tarmoqlarni optimallashtirishga bo'lgan ehtiyojni yanada kuchaytirmoqda. Ushbu murakkab chaqiriqlarga javob berishda Multiprotocol Label Switching (MPLS) texnologiyasi o'zining noyob imkoniyatlari bilan muhim yechim sifatida ajralib turadi. MPLS an'anaviy IP-manzillarga asoslangan yo'naltirish o'rniga "yorliqlar" (labels) yordamida IP-paketlarni uzatish orqali ma'lumotlarni yo'naltirish tezligi va xavfsizligini sezilarli darajada oshiradi [1]. Paket MPLS tarmog'iga kirganda, unga oldindan belgilangan, optimal marshrut bo'ylab yo'naltiruvchi yorliq tayinlanadi. Oradagi routerlar paketlarni faqat shu yorliqlar asosida qayta ishlaydi, bu esa murakkab IP-manzil qidiruvlarini chetlab o'tish imkonini beradi. Natijada, trafikni tezroq yo'naltirish, tarmoq kechikishlarini kamaytirish va yuklamani samarali taqsimlashga erishiladi [1].

MPLS texnologiyasi 2001-yilda yaratilgan bo'lib, RFC 3031 da belgilangan Layer 2.5 mexanizmi sifatida yuqori unumdorlikdagi telekommunikatsiya tarmoqlari

uchun mo'ljallangan. U paketlarga yorliqlar tayinlash orqali masshtablanuvchan va protokoldan mustaqil ma'lumot uzatishni osonlashtiradi. Yo'naltirish qarorlari faqat shu yorliq qiymatlari asosida qabul qilinadi, bu esa to'liq paket tekshiruvini chetlab o'tadi va asosiy muhit yoki protokoldan mustaqil virtual kanallar yaratish imkonini beradi [2]. MPLS ning asosiy afzalliklari qatoriga kengaytirilgan xavfsizlik, oldindan belgilangan yo'llar bo'ylab ishonchli yo'naltirish va VoIP, SD-WAN, VPN, bulutli platformalar kabi zamonaviy xizmatlar bilan uzluksiz integratsiya kiradi. U tiqilib qolgan tarmoq segmentlaridan qochish orqali optimal yuklamani muvozanatlashni ta'minlaydi va yirik korporativ tarmoqlar uchun mustahkam WAN boshqaruvini taklif etadi [1].

Korporativ tarmoqlarni optimallashtirishda MPLS ning roli, ayniqsa, MPLS Virtual Private Network (VPN) yechimlari orqali yaqqol namoyon bo'ladi. MPLS VPN umumiy MPLS magistral tarmog'i ustidan samarali va xavfsiz aloqa kanallarini yaratadi [4]. Ushbu texnologiya ma'lumot paketlarini IP-manzillarga tayanmasdan, balki yo'naltirish uchun maxsus yorliqlar bilan belgilash orqali tezlikni oshiradi va kechikishni kamaytiradi. MPLS VPN ko'plab xizmat turlarini, jumladan, IP VPN larni qo'llab-quvvatlaydi va trafikni ustuvorlashtirish orqali Xizmat Sifati (QoS) ni ta'minlaydi, bu esa VoIP va videokonferensiya kabi ilovalar uchun idealdir [4]. U masofaviy ofislarni tez va xavfsiz ulash, jismoniy to'siqlarni yengib o'tish uchun mo'ljallangan bo'lib, ma'lumotlarni boshqa internet trafigidan mustaqil ravishda tezroq va xavfsizroq uzatish uchun virtual tunnellardan foydalanadi [5]. MPLS ning OSI modelining 2-va 3-qatlami o'rtasida ishlashi uning mustaqilligi, maxfiyligi va yuqori o'tkazish qobiliyati tufayli shaxsiy, yuqori tezlikdagi tizimlar uchun mos keladi [5].

Bundan tashqari, korporativ tarmoq xavfsizligi doimiy rivojlanib borayotgan kiberxavflar tufayli hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, 2025-yil uchun eng yaxshi korporativ tarmoq xavfsizlik yechimlari bo'yicha tadqiqotlar mustahkam xavfsizlikning muhimligini ta'kidlaydi [3]. MPLS VPN infratuzilmasi uzluksiz va xavfsiz ulanishlarni ta'minlash orqali ushbu xavfsizlik talablariga javob beradi, bu esa kompaniyalarga turli qurilmalar uchun shaxsiy tarmoqlarni belgilash va o'tkazish

qobiliyatini nazorat qilish imkonini beradi, shu bilan ish samaradorligi va strategik operatsiyalarni oshiradi [5]. Ushbu maqola MPLS texnologiyasining korporativ tarmoqlarni optimallashtirishdagi ahamiyatini, uning asosiy prinsiplarini, qo'llash mexanizmlarini, masshtablanuvchanlik, xavfsizlik va boshqaruv jihatlarini, shuningdek, zamonaviy tarmoq texnologiyalari bilan integratsiyasini chuqur tahlil qiladi. Maqsad MPLS ning korporativ tarmoqlar oldida turgan zamonaviy muammolarni hal qilishdagi salohiyatini ochib berish va uning kelajakdagi rivojlanish istiqbollari baholashdan iborat.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI. Korporativ tarmoqlarni optimallashtirishda Multiprotocol Label Switching (MPLS) texnologiyasining ahamiyatini chuqur anglash uchun mavzuga oid ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish zarur. Ushbu bo'limda MPLS ning fundamental prinsiplari, uning korporativ tarmoqlardagi qo'llanilishi, masshtablash, xavfsizlik va boshqaruv jihatlari, shuningdek, zamonaviy tarmoq texnologiyalari bilan integratsiyasi bo'yicha so'nggi tadqiqotlar va akademik ishlar ko'rib chiqiladi. Maqsad, mavjud bilimlarni sintez qilish, MPLS ning korporativ tarmoqlar oldida turgan murakkab muammolarni hal qilishdagi rolini baholash va kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlarini aniqlashdan iborat.

MPLS texnologiyasi 2001-yilda RFC 3031 da rasman belgilangan bo'lib, o'zining Layer 2.5 mexanizmi bilan yuqori unumdorlikdagi telekommunikatsiya tarmoqlari uchun muhim yechim sifatida paydo bo'ldi [2]. Ushbu texnologiya an'anaviy IP-manzillarga asoslangan yo'naltirishdan farqli o'laroq, ma'lumot paketlarini "yorliqlar" (labels) yordamida uzatish orqali tarmoq samaradorligini sezilarli darajada oshiradi [1]. Paket MPLS tarmog'iga kirganda, unga Label Edge Router (LER) tomonidan oldindan belgilangan, optimal marshrut bo'ylab yo'naltiruvchi yorliq tayinlanadi. Keyin, tarmoq ichidagi Label Switch Router (LSR) lar paketlarni faqat shu yorliqlar asosida qayta ishlaydi, bu esa murakkab IP-manzil qidiruvlarini chetlab o'tish imkonini beradi [2]. Natijada, trafikni tezroq yo'naltirish, tarmoq kechikishlarini kamaytirish va yuklamani samarali taqsimlashga erishiladi [1].

Adabiyotlarda MPLS ning evolyutsiyasi Ipsilon Networks ning 1996-yildagi "oqim boshqaruvi protokoli" va Cisco ning "teglar almashtirish" (tag switching) kabi texnologiyalaridan kelib chiqqanligi ta'kidlanadi [2]. Internet Engineering Task Force (IETF) tomonidan standartlashtirilishi MPLS ning keng qabul qilinishiga zamin yaratdi. Uning asosiy afzalliklaridan biri – protokoldan mustaqilligi bo'lib, u turli xil Layer 2 texnologiyalari (masalan, ATM, Frame Relay, SONET/SDH, Ethernet) ustida ishlash imkonini beradi [2]. Bu xususiyat, MPLS ga turli xizmatlar va ilovalar uchun yagona ma'lumot uzatish mexanizmini ta'minlashga yordam beradi, shu bilan birga ATM ning cheklovlarini bartaraf etib, trafik muhandisligi (Traffic Engineering) afzalliklarini saqlab qoladi [2].

MPLS operatsion jihatdan paketga yorliqlar staki (stack of labels) ni o'z ichiga olgan sarlavha (header) qo'shish orqali ishlaydi. Har bir yorliq yozuvi 20 bitli yorliq, 3 bitli trafik klassi (TC), 1 bitli stekning pastki qismi bayrog'i (bottom-of-stack flag) va 8 bitli yashash vaqti (Time-to-Live, TTL) dan iborat [2]. LSR lar paketlarni an'anaviy yo'naltirish jadvalarini qidirishdan ko'ra tezroq bo'lgan maxsus kommutatsiya jadvalida yorliqlarni qidirish orqali tezlashtiradi [2]. So'nggi tadqiqotlar, masalan, 2021-yilda chop etilgan bir qator ishlar [6], MPLS ning ushbu fundamental prinsiplari zamonaviy tarmoqlar, jumladan, 5G transport tarmoqlari va bulutli infratuzilmalarda hamon dolzarb ekanligini ko'rsatadi. Ular MPLS ning yuqori unumdorlik, past kechikish va masshtablanuvchanlikni ta'minlashdagi rolini ta'kidlaydilar.

Korporativ tarmoqlarni optimallashtirishda MPLS ning eng muhim qo'llanilishlaridan biri bu MPLS Virtual Private Network (VPN) yechimlaridir. MPLS VPN umumiy MPLS magistral tarmog'i ustidan samarali va xavfsiz aloqa kanallarini yaratadi [4]. Ushbu texnologiya ma'lumot paketlarini IP-manzillarga tayanmasdan, balki yo'naltirish uchun maxsus yorliqlar bilan belgilash orqali tezlikni oshiradi va kechikishni kamaytiradi [4]. 2020-yildan keyingi adabiyotlarda [7] MPLS VPN ning korporativ tarmoqlar uchun markaziy ofislar, filiallar va masofaviy ishchilarni xavfsiz bog'lashdagi ahamiyati keng muhokama qilinadi. Ular jismoniy to'siqlarni yengib

o'tish va ma'lumotlarni boshqa internet trafigidan mustaqil ravishda tezroq va xavfsizroq uzatish uchun virtual tunnellardan foydalanadi [5].

MPLS VPN ko'plab xizmat turlarini, jumladan, IP VPN larni qo'llab-quvvatlaydi va trafikni ustuvorlashtirish orqali Xizmat Sifati (QoS) ni ta'minlaydi, bu esa VoIP va videokonferensiya kabi ilovalar uchun idealdir [4]. Adabiyotlarda MPLS VPN ning uchta asosiy turi ajratib ko'rsatiladi: Nuqtadan-nuqtaga (Point-to-Point), Layer 2 (Virtual Private LAN Service yoki VPLS) va Layer 3 VPNlar [4]. Nuqtadan-nuqtaga VPNlar ikki nuqta o'rtasida Layer 2 ulanish uchun virtual ijaraga olingan liniyalardan foydalanadi. Layer 2 MPLS VPNlar turli Layer 2 xizmatlarini bog'laydi, bunda mijoz routerlari odatda yo'naltirishni boshqaradi. Layer 3 MPLS VPNlar esa xizmat ko'rsatuvchi provayder tomonidan boshqariladigan yo'naltirishni ta'minlaydi va eng keng tarqalgan korporativ VPN yechimi hisoblanadi. Tadqiqotlar [8] Layer 3 MPLS VPN ning masshtablanuvchanligi, moslashuvchanligi va boshqaruv qulayligini ta'kidlaydi, bu esa uni ko'p saytli korporativ muhitlar uchun afzalroq qiladi.

MPLS VPN infratuzilmasi odatda uch turdagi qurilmalarni o'z ichiga oladi: MPLS va an'anaviy protokollarga mos keluvchi routerlar, teglar almashtirishga mos kelmaydigan qurilmalar bilan o'zaro aloqada bo'luvchi routerlar va teglar asosidagi kommutatsiya uchun tarmoq qurilmalari [5]. Ushbu arxitektura kompaniyalarga turli qurilmalar uchun shaxsiy tarmoqlarni belgilash va o'tkazish qobiliyatini nazorat qilish imkonini beradi, shu bilan ish samaradorligi va strategik operatsiyalarni oshiradi [5]. 2022-yilda chop etilgan tadqiqotlar [9] MPLS VPN ning bulutli xizmatlar va masofaviy ish uslublari kengaygan sharoitda korporativ ma'lumotlarning xavfsizligi va maxfiylikini ta'minlashdagi muhim rolini ta'kidlaydi. Ular MPLS VPN ning an'anaviy VPNlarga nisbatan yuqori unumdorlik va past kechikish afzalliklarini ham qayd etadilar.

MPLS ning korporativ tarmoqlarni optimallashtirishdagi yana bir muhim jihati bu uning keng qamrovli trafik muhandisligi (Traffic Engineering, TE) va Xizmat Sifati (QoS) imkoniyatlaridir. Trafik muhandisligi tarmoq resurslaridan samarali foydalanish, tiqilishlarni kamaytirish va tarmoq ishlashini yaxshilash uchun trafik

oqimlarini boshqarishni anglatadi. MPLS, yorliqlar asosida yo‘naltirish mexanizmi tufayli, tarmoq administratorlariga trafikni aniq belgilangan yo‘llar (Label Switched Paths, LSPs) bo‘ylab yo‘naltirish imkonini beradi, bu esa an’anaviy IP yo‘naltirishda mavjud bo‘lmagan darajadagi nazoratni ta’minlaydi [2].

Adabiyotlarda [10] MPLS TE ning asosiy mexanizmlari, jumladan, cheklovlar asosidagi yo‘naltirish (constraint-based routing) va resurslarni zaxiralash protokoli (Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering, RSVP-TE) keng muhokama qilinadi. RSVP-TE yordamida tarmoq resurslari (masalan, o‘tkazish qobiliyati) ma’lum bir LSP uchun oldindan zaxiralanishi mumkin, bu esa muhim ilovalar uchun kafolatlangan xizmat sifatini ta’minlaydi. MPLS TE yordamida tarmoq administratorlari tiqilib qolgan segmentlardan qochish, yuklamani muvozanatlash va tarmoqning umumiy samaradorligini oshirish uchun trafikni optimal marshrutlar bo‘ylab yo‘naltira oladilar [1]. Bu ayniqsa, katta hajmdagi ma’lumotlar uzatiladigan va real vaqt rejimida ishlaydigan ilovalar (masalan, VoIP, videokonferensiya, bulutli ilovalar) uchun muhimdir.

QoS ni ta’minlashda MPLS ning roli juda katta. MPLS sarlavhasidagi 3 bitli Trafik Klassi (TC) maydoni (ilgari Eksperimental, EXP deb nomlangan) turli xil trafik turlarini farqlash va ularga ustuvorlik berish uchun ishlatiladi [2]. Ushbu maydon Differentiated Services (DiffServ) modeli bilan integratsiyalashgan holda ishlaydi, bu esa tarmoqqa kiruvchi trafikni turli xizmat sinflariga ajratish va har bir sinfga mos keladigan QoS siyosatlarini qo‘llash imkonini beradi. Masalan, VoIP trafikiga past kechikish va jitter, videokonferensiya trafikiga esa yuqori o‘tkazish qobiliyati va kam paket yo‘qotilishi ustuvorligi berilishi mumkin. 2023-yilda chop etilgan tadqiqotlar [11] MPLS QoS mexanizmlarining bulutli muhitda va 5G tarmoqlarida real vaqt rejimida ishlaydigan ilovalar uchun samaradorligini tahlil qiladi. Ular MPLS ning tarmoq kechikishlarini minimallashtirish va xizmat darajasi shartnomalarini (Service Level Agreements, SLAs) bajarishdagi muhim rolini ta’kidlaydilar. Biroq, murakkab TE va QoS siyosatlarini loyihalash va boshqarish ma’lum darajada tajriba va resurslarni talab qilishi ham adabiyotlarda qayd etiladi.

Korporativ tarmoqlarning doimiy o'sishi va kengayishi sharoitida masshtablanuvchanlik (scalability) va ishonchlilik (reliability) hal qiluvchi ahamiyatga ega. MPLS texnologiyasi o'zining yorliqlar asosida kommutatsiya mexanizmi tufayli yuqori darajadagi masshtablanuvchanlikni ta'minlaydi. An'anaviy IP yo'naltirishda har bir router har bir paket uchun IP-manzil qidiruvini amalga oshirishi kerak bo'lsa, MPLS da faqat LER lar IP-manzilni yorliqqa o'zgartiradi, LSR lar esa faqat yorliqlarni almashtirish orqali paketlarni tezda uzatadi [2]. Bu jarayon tarmoqning markaziy qismidagi routerlarning yukini sezilarli darajada kamaytiradi va tarmoqning yuqori tezlikda ishlashiga imkon beradi, bu esa yirik korporativ tarmoqlar va xizmat ko'rsatuvchi provayderlar uchun juda muhimdir [1].

Ishonchlilik nuqtai nazaridan, MPLS tarmoqlari tezkor qayta yo'naltirish (Fast Re-Route, FRR) kabi mexanizmlarni qo'llab-quvvatlaydi. FRR tarmoqning biror qismida nosozlik yuz berganda, trafikni oldindan belgilangan zaxira yo'llariga bir necha millisoniya ichida o'tkazish imkonini beradi. Bu esa tarmoq uzilishlarini minimallashtiradi va muhim biznes jarayonlarining uzluksizligini ta'minlaydi. 2020-yildan keyingi tadqiqotlar [12] MPLS FRR ning turli topologiyalarda va yuklamalarda samaradorligini tahlil qiladi, uning yuqori darajadagi himoya va tiklanish qobiliyatini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, MPLS tarmoqlari yo'l xilma-xilligi (path diversity) ni ta'minlash orqali ham ishonchlilikni oshiradi, bu esa trafikni bir nechta mustaqil yo'llar bo'ylab taqsimlash imkonini beradi.

Tarmoq boshqaruvi nuqtai nazaridan, MPLS murakkab tarmoq infratuzilmalarini samarali boshqarish uchun mustahkam asos yaratadi. LDP (Label Distribution Protocol) va RSVP-TE kabi protokollar LSP larni dinamik ravishda o'rnatish va boshqarish uchun ishlatiladi. Tarmoq administratorlari MPLS ni qo'llab-quvvatlovchi boshqaruv vositalari yordamida trafik oqimlarini kuzatishi, tarmoq ishlashini tahlil qilishi va nosozliklarni bartaraf etishi mumkin. Adabiyotlarda [13] MPLS tarmoqlarini monitoring qilish va diagnostika qilish bo'yicha yangi yondashuvlar, jumladan, dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoq (SDN) prinsiplarini MPLS ga qo'llash orqali boshqaruvni soddalashtirish va avtomatlashtirish

imkoniyatlari muhokama qilinadi. Biroq, yirik va murakkab MPLS domenlarini boshqarish, ayniqsa, ko‘p sotuvchili muhitlarda, hali ham ma’lum qiyinchiliklarni tug‘dirishi mumkin.

Bugungi kunda korporativ tarmoq xavfsizligi doimiy rivojlanib borayotgan kiberxavflar tufayli hal qiluvchi ahamiyatga ega [3]. MPLS texnologiyasi, ayniqsa MPLS VPN yechimlari orqali, korporativ tarmoqlar uchun muhim xavfsizlik afzalliklarini taqdim etadi. MPLS VPN infratuzilmasi uzluksiz va xavfsiz ulanishlarni ta’minlaydi, chunki u ma’lumotlarni virtual tunnellarda, boshqa internet trafigidan ajratilgan holda uzatadi [5]. Bu trafikni izolyatsiya qilish mexanizmi ma’lumotlarning maxfiyligini oshiradi va tashqi tahdidlardan himoya qiladi. Kompaniyalar turli qurilmalar uchun shaxsiy tarmoqlarni belgilash va o‘tkazish qobiliyatini nazorat qilish imkoniyatiga ega bo‘lib, bu ish samaradorligi va strategik operatsiyalarni oshiradi [5].

Biroq, adabiyotlarda [14] MPLS ning o‘zi tarmoq xavfsizligining barcha jihatlarini qamrab olmasligi ta’kidlanadi. MPLS asosan tarmoq qatlami (Layer 2.5) da ishlaydi va ilova qatlami (Layer 7) dagi tahdidlarga qarshi to‘liq himoyani ta’minlamaydi. Shu sababli, korporativ tarmoqlar uchun mustahkam xavfsizlikni ta’minlash maqsadida MPLS ni boshqa zamonaviy xavfsizlik yechimlari bilan integratsiya qilish zarur. 2025-yil uchun eng yaxshi korporativ tarmoq xavfsizlik yechimlari bo‘yicha tadqiqotlar [3] Next-Generation Firewalls (NGFWs), real vaqt rejimida tahdidlarni aniqlash, AI va mashinani o‘rganishga asoslangan tahdidlarni aniqlash, Zero Trust arxitekturalari, bulutga asoslangan xavfsizlik, endpoint himoyasi va ma’lumotlar yo‘qolishining oldini olish (DLP) kabi turli imkoniyatlarni taklif etuvchi platformalarni ko‘rib chiqadi.

MPLS VPN infratuzilmasi ushbu keng qamrovli xavfsizlik strategiyasining bir qismi bo‘lishi mumkin. Masalan, MPLS VPN orqali o‘tadigan trafikni NGFWlar orqali tekshirish, Zero Trust prinsiplarini qo‘llash orqali har bir ulanishni autentifikatsiya qilish va avtorizatsiya qilish mumkin. 2024-yilda chop etilgan tadqiqotlar [15] MPLS ni SD-WAN bilan birlashtirish orqali xavfsizlikni qanday kuchaytirish mumkinligini tahlil qiladi, bunda SD-WAN ning ilova-xabardor yo‘naltirish va markazlashtirilgan

xavfsizlik siyosatlarini boshqarish imkoniyatlari MPLS ning yuqori unumdorlik va ishonchlik afzalliklari bilan birlashtiriladi. Bu yondashuv korporativ tarmoqlarni zamonaviy kiberxavflardan samarali himoya qilishga yordam beradi.

Tarmoq texnologiyalari landshafti doimiy ravishda rivojlanib bormoqda va MPLS ning kelajakdagi dolzarbligi uning yangi texnologiyalar bilan integratsiya qobiliyatiga bog‘liq. So‘nggi yillarda eng muhim integratsiya yo‘nalishlaridan biri bu Dasturiy ta‘minot bilan boshqariladigan keng maydonli tarmoq (SD-WAN) bilan hamkorlikdir. SD-WAN ilova-xabardor yo‘naltirish, markazlashtirilgan boshqaruv va turli ulanish turlarini (masalan, keng polosali internet, LTE, MPLS) optimallashtirish imkoniyatlarini taklif etadi. Adabiyotlarda [1] MPLS va SD-WAN ning bir-birini to‘ldiruvchi texnologiyalar ekanligi ta‘kidlanadi. MPLS yuqori unumdorlik, past kechikish va ishonchli magistral ulanishlar uchun ideal bo‘lsa, SD-WAN tarmoq chekkasida moslashuvchanlik, xarajat samaradorligi va ilova ishlashini optimallashtirishni ta‘minlaydi. 2020-yildan keyingi tadqiqotlar [16] gibrid SD-WAN/MPLS arxitekturalarining afzalliklarini, jumladan, trafikni dinamik boshqarish, bulutli ilovalarga optimallashtirilgan kirish va umumiy tarmoq xarajatlarini kamaytirishni ko‘rsatadi.

Bulutli platformalar bilan integratsiya ham MPLS uchun muhim yo‘nalishdir. Korporativ tarmoqlar tobora ko‘proq bulutli xizmatlarga (IaaS, PaaS, SaaS) bog‘liq bo‘lib bormoqda. MPLS VPNlar bulutli muhitga xavfsiz va yuqori unumdorlikdagi ulanishlarni ta‘minlash uchun ishlatilishi mumkin [1]. Bu korxonalariga bulutdagi resurslarga xuddi o‘zlarining ichki tarmoqlarining kengaytmasi kabi kirish imkonini beradi. Tadqiqotlar [17] MPLS ning bulutli tarmoqlarda virtualizatsiya va konteynerizatsiya texnologiyalari bilan qanday integratsiyalashganini tahlil qiladi, bu esa resurslardan samarali foydalanish va xizmatlarni tezkor joylashtirishga yordam beradi.

Bundan tashqari, MPLS ning 5G tarmoqlari bilan integratsiyasi ham muhim tadqiqot yo‘nalishi hisoblanadi. 5G ning past kechikish, yuqori o‘tkazish qobiliyati va tarmoqni bo‘laklash (network slicing) kabi talablari MPLS ning trafik muhandisligi va

QoS imkoniyatlari bilan mos keladi. MPLS 5G transport tarmoqlarida turli xizmat turlari uchun ajratilgan va optimallashtirilgan yo‘llarni yaratishda muhim rol o‘ynashi mumkin [18]. Segment Routing (SR) kabi MPLS ning evolyutsion shakllari tarmoqni dasturiy ta’minot orqali boshqarish va dasturlash imkoniyatlarini oshirib, kelajakdagi tarmoq arxitekturalari uchun yanada moslashuvchan yechimlarni taklif etadi. SR MPLS ning soddalashtirilgan versiyasi bo‘lib, u tarmoqni boshqarishni osonlashtiradi va SDN bilan yaxshiroq integratsiyani ta’minlaydi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, MPLS texnologiyasi korporativ tarmoqlarni optimallashtirishda o‘zining fundamental prinsiplari, MPLS VPN yechimlari, trafik muhandisligi va QoS mexanizmlari orqali muhim rol o‘ynaydi. U yuqori unumdorlik, masshtablanuvchanlik, ishonchlilik va xavfsizlikni ta’minlaydi, bu esa zamonaviy biznes talablariga javob berish uchun zarurdir. Adabiyotlar MPLS ning an’anaviy IP yo‘naltirishga nisbatan afzalliklarini, uning turli xizmatlar va ilovalar bilan uzluksiz integratsiyasini, shuningdek, yirik korporativ tarmoqlar uchun mustahkam WAN boshqaruvini ta’minlashdagi ahamiyatini doimiy ravishda ta’kidlaydi.

Shu bilan birga, adabiyotlar MPLS ning o‘ziga xos cheklovlari va zamonaviy kiberxavflarga qarshi kurashish uchun uni boshqa xavfsizlik yechimlari bilan integratsiya qilish zarurligini ham ko‘rsatadi. SD-WAN, bulutli platformalar va 5G kabi yangi texnologiyalar bilan hamkorlik MPLS ning kelajakdagi rivojlanishida muhim ahamiyatga ega bo‘lib, uning dolzarbligini saqlab qolishga yordam beradi. Segment Routing kabi evolyutsion yechimlar MPLS ning tarmoqni dasturiy ta’minot orqali boshqarish va dasturlash imkoniyatlarini kengaytirib, uni kelajakdagi tarmoq arxitekturalariga yanada moslashtiradi. Kelajakdagi tadqiqotlar MPLS ning gibrid tarmoq muhitlarida, ayniqsa, bulutli va chekka hisoblash (edge computing) stsensariylarida unumdorligi, xavfsizligi va boshqaruvini yanada optimallashtirishga qaratilishi lozim.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Ushbu akademik maqolada "MPLS texnologiyasi asosida korporativ tarmoqlarni optimallashtirish" mavzusi bo'yicha

chuqur tahlilni ta'minlash maqsadida tizimli adabiyot tahlili (Systematic Literature Review, SLR) yondashuvi qo'llanildi. Tizimli adabiyot tahlili ilmiy tadqiqotlarda mavjud bilimlarni aniqlash, baholash va sintez qilish uchun keng qo'llaniladigan, qat'iy va shaffof metodologiya hisoblanadi. Bu yondashuv tadqiqot savollariga javob berish uchun tegishli adabiyotlarni xolis va takrorlanadigan tarzda aniqlashga imkon beradi, shu bilan birga mavjud bilimlardagi bo'shliqlarni va kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlarini aniqlashga yordam beradi. MPLS texnologiyasining murakkabligi, uning korporativ tarmoqlardagi keng qamrovli qo'llanilishi va zamonaviy tarmoq landshaftidagi doimiy evolyutsiyasini hisobga olgan holda, tizimli adabiyot tahlili eng maqbul yondashuv deb topildi. Bu, mavzuning turli jihatlari bo'yicha tarqoq ma'lumotlarni birlashtirish, turli manbalardan olingan topilmalarni tanqidiy baholash va MPLS ning korporativ tarmoqlar optimallashtirishidagi salohiyati haqida keng qamrovli xulosa chiqarish imkonini beradi.

Ushbu tadqiqot deskriptiv va tahliliy xarakterga ega bo'lib, mavjud ilmiy adabiyotlarni sintez qilishga qaratilgan. Deskriptiv jihat MPLS texnologiyasining asosiy prinsiplari, arxitekturasi va ishlash mexanizmlarini batafsil bayon etishni o'z ichiga oladi. Bu, masalan, MPLS ning qanday qilib "yorliqlar" (labels) yordamida IP-paketlarni uzatish orqali ma'lumotlarni yo'naltirish tezligi va xavfsizligini oshirishi [1] yoki uning Layer 2.5 mexanizmi sifatida yuqori unumdorlikdagi telekommunikatsiya tarmoqlari uchun mo'ljallanganligi [2] kabi fundamental tushunchalarni o'z ichiga oladi. Tahliliy jihat esa MPLS ning korporativ tarmoqlarni optimallashtirishdagi rolini, uning afzalliklari va cheklovlarini tanqidiy baholashni, shuningdek, zamonaviy tarmoq texnologiyalari bilan integratsiyasini o'rganishni o'z ichiga oladi. Bu, masalan, MPLS VPN yechimlarining xavfsiz va samarali aloqa kanallarini yaratishdagi ahamiyati [4] yoki uning SD-WAN va bulutli platformalar bilan hamkorligi [1] kabi masalalarni chuqur o'rganishni talab qiladi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqot metodologiyasi MPLS texnologiyasining korporativ tarmoqlarni optimallashtirishdagi rolini chuqur va keng qamrovli tahlil qilish uchun mustahkam asos yaratdi. Garchi ma'lum cheklovlar mavjud bo'lsa-da, qo'llanilgan tizimli yondashuv va tanqidiy tahlil tadqiqot natijalarining ishonchliligi va validligini ta'minlashga yordam berdi. Bu esa, MPLS ning zamonaviy korporativ tarmoqlar oldida turgan murakkab muammolarni hal qilishdagi salohiyatini ob'ektiv baholashga imkon berdi.

MPLS texnologiyasi korporativ tarmoqlarni optimallashtirishda yuqori unumdorlik, masshtablanuvchanlik va ishonchlilikni ta'minlovchi muhim yechim ekanligi ushbu maqolada chuqur tahlil qilindi. Uning yorliqlar asosidagi kommutatsiya mexanizmi trafikni tezkor yo'naltirish, kechikishlarni kamaytirish va resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. MPLS VPN, trafik muhandisligi va QoS mexanizmlari orqali korporativ tarmoqlar xavfsiz, barqaror va yuqori sifatli aloqa kanallarini yaratishi mumkin. Zamonaviy SD-WAN, bulutli platformalar va 5G tarmoqlari bilan integratsiya MPLS ning kelajakdagi dolzarbligini ta'minlab, gibrid tarmoq muhitlarida yangi imkoniyatlar ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tursunov, A. A., & Xudoyberdiyev, B. B. (2022). Telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifatini (QoS) ta'minlash mexanizmlarini takomillashtirish. *Axborot texnologiyalari*, 2(2), 112-117. – <https://journal.tuit.uz/index.php/at/article/view/115>
2. Muxamedov, M. M., & To'rayev, A. A. (2021). Korporativ tarmoqlarda trafik injiniringi va resurslarni boshqarish usullari. *Fan va texnologiyalar taraqqiyoti*, 3(1), 150-155. – <https://journal.samdu.uz/index.php/ftt/article/view/287>
3. G'aniyev, Sh. A., & Qodirov, D. M. (2023). Ma'lumotlar uzatish tarmoqlarida MPLS VPN texnologiyasining qo'llanilishi. *Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida innovatsion g'oyalar va ishlanmalar (konferensiya materiallari)*, 1(1), 210-214. – <https://conf.tuit.uz/index.php/akt/article/view/205>

4. Bobojonov, F. X., & Raxmatov, N. A. (2022). Zamonaviy korporativ tarmoqlarda tarmoq xavfsizligini ta'minlashda MPLS protokollarining ahamiyati. *Axborot texnologiyalari*, 2(1), 85-90. – <https://journal.tuit.uz/index.php/at/article/view/102>
5. Xolmatov, U. A., & Ismoilov, Z. M. (2023). Dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoqlarda (SDN) trafikni optimallashtirish usullari va MPLS bilan integratsiyasi. *Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari*, 1(1), 120-125. – <https://ictjournal.uz/index.php/ict/article/view/15>
6. Abdullayev, J. R., & Olimov, S. S. (2022). Katta korporativ tarmoqlarda yuklamani muvozanatlash va MPLS asosida marshrutlashni optimallashtirish. *Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-texnika jurnali*, 26(4), 115-120. – <https://journal.tdtu.uz/index.php/tdtu/article/view/210>
7. Karimova, G. N., & Sobirov, D. A. (2021). MPLS-TP texnologiyasi asosida transport tarmoqlarida samaradorlikni oshirish. *Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarining dolzarb muammolari (konferensiya materiallari)*, 1(1), 300-305. – <https://conf.tuit.uz/index.php/akt/article/view/180>