

AMIRSAIDOV U.B., USMANOVA N.B.

# TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIDA SIFATNI TA'MINLASH VA BOSHQARISH MASALALARI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI  
VA KOMMUNIKATSIYALARINI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI  
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**Amirsaidov U.B., Usmanova N.B.**

**TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIDA SIFATNI  
TA’MINLASH VA BOSHQARISH MASALALARI**

**Toshkent-2022**

**UDK: 654**

**BBK: 32.973.202-04**

Amirsaidov U.B., Usmanova N.B. Telekommunikatsiya tarmoqlarida sifatni ta'minlash va boshqarish masalalari. Monografiya.- Toshkent: TUIT. 2022.- 169 b.

Monografiyada zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat sifatini ta'minlash va baholash jihatlari, xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlovchi yondashuvlar ta'riflanib berilgan, telekommunikatsiya tarmog'i sifat ko'rsatkichlarini baholashning matematik asoslari keltirilgan, telekommunikatsiya tarmoqlarida oqimlarga xizmat ko'rsatish va marshrutlash jarayonlarini optimallashtirish modellari hamda sifatli telekommunikatsiya xizmatlarni ta'minlash va boshqarish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Monografiya aloqa operatorlari, telekommunikatsiya yo'nalishi bo'yicha bakalabriat va magistratura talabalariga mo'ljallangan.

### **Taqrizchilar**

Davronbekov D.A. - Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU "Mobil aloqa texnologiyalari" kafedrasida professori, t.f.d.

Qurbonov J.F. – Toshkent davlat transport universiteti "Avtomatika va telemexanika" kafedrasida mudiri, t.f.d.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Ilmiy-texnik kengashining qarori asosida chop etilgan (2022 yil 29 sentyabrdagi 6-22 – sonli bayonnoma)

**ISBN: 978-9943-8998-8-9**

## KIRISH

Iqtisodiy hayot, ishlab chiqarish va iste'mol, ta'lim hamda kadrlar tayyorlash kabi yo'nalishlarga kirib kelayotgan axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) jamiyatning kelajakdagi innovatsion rivojlanishini belgilab beradi, rivojlanishning yangi vektori uchun afzalliklarni keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, raqamli iqtisodiyot jamiyatda turli sohalarda yangi yechimlar va texnologiyalar orqali axborotni ishlab chiqarish, qayta ishlash, yig'ish va uzatish jarayonlariga yangi munosabatlarni o'rnatib, bilim va intellektual salohiyatni ta'minlash bilan bog'liq barcha omillarni qo'llab-quvvatlaydigan tizim va tarmoqlarni nazarda tutadi: axborotni yig'ish, qayta ishlash va uzatish sanoati; zamonaviy aloqa tizimlari; to'g'ridan-to'g'ri ma'lumot ishlab chiqarish; reklama va xizmat ko'rsatish sohasi; axborot-kutubxona xizmatlari; davlat boshqaruvi va boshqalarni.

Nufuzli xalqaro tashkilotlar<sup>1,2</sup> o'tkazgan tahlillar raqamli iqtisodiyot imkoniyatlarini hayotga tatbiq etish masalasi mamlakat kesimida iqtisodiyotni raqamli formatga o'tish dasturini ishlab chiqish yo'lidan borilishi, zamonaviy jamiyat taraqqiyoti raqamli muhit orqali global makonga qo'shilishiga imkon berishini ko'rsatdi. Umuman olganda, robototexnika, sun'iy intellekt, additiv ishlab chiqarish va ma'lumotlarni tahlil qilish sohasidagi yutuqlar innovatsiyalarni jadallashtirish va ishlab chiqarish hamda sanoatning qo'shilgan umumiy qiymatdagi ulushini oshirish uchun muhim imkoniyatlarni taqdim etadi va ilg'or raqamli ishlab chiqarish texnologiyalari inklyuziv hamda barqaror sanoat rivojlanishi va maqsadlarga erishishda o'z hissasini qo'shishi orqali mamlakatda barqaror rivojlanish asosini yaratadi. Bu borada tarmoq va telekommunikatsiya texnologiyalari hozirgi kunda shakllanayotgan raqamli infratuzilmani asosi bo'lib, mamlakat iqtisodiyotini rivojlanishida muhim o'rin egallaydi.

Bu jarayonlar O'zbekiston telekommunikatsiya bozoriga ham mos. Hozirgi kunda mamlakatimiz iqtisodiyoti telekommunikatsiya va axborot texnologiyalar sohasida islohotlar tufayli bir qancha ahamiyatli ijobiy o'zgarishlarga ega bo'lib, bu soha eng tezkor rivojlanayotgan va uzoq muddatli iqtisodiy o'sish salohiyatga ega bo'lgan sohaga aylandi. Telekommunikatsiya xizmatlari bozorida raqobatni oshishi, o'z

---

<sup>1</sup> <https://www2.deloitte.com/xe/en/insights/industry/dcom/platforms-and-ecosystems.html>

<sup>2</sup> <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/digitalization>

navbatida, aloqa operatorlari oldida xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlash, protokollar o'rtasida o'zaro ishlashni tashkil etish, ishonchli transportni taqdim etish, xizmatlar to'plamini shakllantirish kabi hal etilishi talab qilinadigan ayrim masalalar yuzaga kelishini ta'riflaydi. Bundan tashqari, telekommunikatsiyalarning bugungi kundagi jadal sur'atlarda rivojlanishiga axborot resurslariga bo'lgan talabning oshishi asosiy sabab bo'lib, foydalanuvchilarga kerakli ma'lumotlarni yuqori sifatda, ishonchli, o'ta tezkor, qo'llanilishi oson bo'lgan tarzda olishiga ehtiyoji oshgan.

Zamonaviy hayotda telekommunikatsiya xizmatlari sifati tushunchasining roli tobora oshib borayotganligi operatorlar va provayderlar tomonidan ularga bo'lgan yuqori ahamiyatni aniqlab beradi. Buning uchun xizmat ko'rsatish sifati talablari ta'minlanib berilishi yetakchi operatorlarning bugungi kunda o'z oldiga qo'ygan muhim vazifalaridandir. Tarmoqda bir necha o'nlab, yuzlab kommutatorlar, marshrutizatorlar va boshqa vositalar o'ta murakkablashib, ma'lumot uzatish protokollari soni ko'payib bormoqda. Shu bilan birga, internet xizmatidan foydalanuvchilar soni tobora oshib bormoqda, telekommunikatsiya tarmog'ini rivojlantirish maqsadida minglab kilometrli optik-tolali aloqa liniyalari va uzatish tizimlari ekspluatatsiya qilinmoqda.

Yangi avlod Interneti tamoyilida marshrutlash, kontentni yetkazib berish, boshqarish va nazorat qilish, xavfsizlik kabi asosiy funksiyalarni tarmoqda ta'minlanishi nazarda tutilib, tarmoq boshqaruvi talablarini ma'lum vazifalarda amalga oshirilishiga imkon beradi va binobarin xizmat sifati ta'minlanishini taqozo etadi. Ushbu tendensiyalar jumladan, Big Data (katta miqdordagi ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish, taqsimlangan fayl tizimlariga, taqsimlangan ma'lumotlar bazalariga, bulutli hisoblash platformalariga, Internetda saqlashga va boshqa keng qamrovli saqlash texnologiyalariga tayanadigan texnologiya); Bulutli hisoblash (Cloud computing - resurslarni samarali ishlatilishiga imkon beruvchi yechim bo'lib, tarmoqqa qo'yiladigan talablarni keskin o'zgartirib yuborgan); Buyumlar Interneti (Internet of Things, IoT - oxirgi foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish uchun standart aloqa moslamalaridan foydalanadigan ko'plab obyektlarni o'z ichiga oladi; millionlab qurilmalar sanoat, biznes va davlat tarmoqlarida birlashtirilib, jismoniy dunyo va hisoblash, raqamli kontent, tahlil, ilovalar va xizmatlar o'rtasidagi yangi o'zaro munosabatlarni

ta'minlaydi); mobil qurilmalar (katta qismi tarmoqni rejalashtirish va boshqarish bo'yicha noyob yangi talablarni tug'diradi); yuqori tezlikli, yuqori samarali serverlar (multimediya va ma'lumotlarni qayta ishlash talablariga javob berish uchun ishlab chiqilgan bo'lib, loyihalash va boshqarishdagi ehtiyojni oshiradi)gan yechimlarni qo'llash omillarini o'z ichiga oladi. Shu bilan birga, bugungi kunda ma'lumotlar uzatish tezligining muntazam oshishi bilan birga telekommunikatsiyada transportirovka muhiti parametrlariga nihoyatda ta'sirchan interfaol trafiklarning ulushi ham oshib bormoqda. O'z o'rnida, tarmoq murakkabligiga sabab bo'ladigan bunday omillar geterogen va dinamik muhitda xizmat sifati (QoS - Quality of Service) va tajriba sifati (QoE - Quality of Experience)ni ta'minlaydigan moslashuvchan, boshqariladigan tarmoq uskunalari va xizmatlarini talab qiladi.

Turli miqyosdagi telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishi ancha ilg'orlab ketgan va ma'lumot almashishga bo'lgan talab kundankunga ortib borayotgan hozirgi davrda mavjud bo'lgan an'anaviy aloqa tarmoqlari bilan birga aloqaning yangi xizmatlari talablarini hisobga oluvchi infratuzilmani yaratish va joriy etish dolzarb vazifalardan biri bo'lib qolmoqda. Bunda zamonaviy telekommunikatsiya bozorida raqobatning paydo bo'lishi ikkita tendensiya aniqlanishiga sabab bo'ldi: operatorlarning aloqa va xizmat ko'rsatish sifatini yaxshilash talabi hamda mijozga taqdim etilayotgan xizmatlar doirasini maksimal darajada oshirish istagi.

Raqobat sharoitida ayni QoS parametrlari birinchi navbatda foydalanuvchi va xizmatni ta'minlovchilar uchun muhim ahamiyat kasb etadi va ulardan turli maqsadlarda foydalanish mumkin, masalan, mijozga telekommunikatsiya xizmatlarini ko'rsatish kontraktlarida yoki xizmat ko'rsatish usullarini tavsiflashda xizmat ko'rsatish darajasini belgilash; turli xizmatlar ta'minlovchilarining sifat darajasi va xizmat ko'rsatishni taminlashdagi majburiyatlarini taqqoslashda; aniq bir turdagi xizmatning sifat darajasini uzoq muddatli tekshirishga tayyorlashda; xizmat sifati bo'yicha e'lon qilinadigan axborot, hisobot va statistik ma'lumotlarni tayyorlashda; boshqaruv vazifalarida, xizmatlar monitoringida, aniq holat bo'yicha statistik ma'lumotlar va muntazam tashkil etiladigan hisobotlarni tayyorlashda.

Telekommunikatsiya kompaniyalariga samarali va raqobatbardosh bo'lishiga imkon beradigan asosiy omillardan - doimiy ravishda sifatni oshirish imkoniyatidir: asosiy maqsad shundan iboratki, zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida sifatni ta'minlashni taqdim etuvchi qurilmalar va abonentlar o'rtasidagi ma'lumot almashinuvining sifat ko'rsatkichlarini ta'minlashga oid talablarni bajarilishini kafolatlanishi kerak. Istalgan xizmat ko'ratuvchi raqobatchi sheriklaridan kam bo'lmagan sifat darajasini taqdim etishni rejalashtiradi. Boshqa tomondan, tarmoqda qanday sifat ko'rsatkichini amalda ta'minlash muhimligini tahlil qilish kerak. Buning uchun tarmoq faoliyatini monitoring qilish, statistik axborotlarni olish, QoS va QoE parametrlarini va ular o'rtasidagi munosabatni aniqlash, tarmoq operatori uchun takliflar va me'yoriy talablar ishlab chiqish hamda ular asosida sifat ko'rsatkichlarini baholash masalalari o'z navbatida, mos keladigan matematik modellar va hisob uslublarini talab etadi.

Taklif etilayotgan monografiyada zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat sifatini ta'minlash va baholash jihatlari, sifatni baholash usullari, IP tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlovchi tarmoq mexanizmlari, telekommunikatsiya tarmog'i sifat ko'rsatkichlarini baholashning matematik asoslari keltirilgan va sifatli telekommunikatsiya xizmatlari bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

# **1. ZAMONAVIY TELEKOMMUNIKATSIYA OPERATORI UCHUN XIZMAT SIFATINI TA'MINLASH VA BAHOLASH JIHATLARI**

## **1.1. Zamonaviy tarmoqlarning arxitekturaviy tamoyillari, xususiyatlari va shakllanish omillari**

Bugungi kunda telekommunikatsiya tarmoqlari jamiyatda axborot va ma'lumotlarni turli xil ko'rinishlarda (ovoz, matn, video) almashish uchun muhim platformani taqdim etadi va shu orqali zamonaviy hayotni ajralmas qismi hisoblanadi. Ana'anaviy ta'rifda telekommunikatsiya tarmog'i - bu tugunlar o'rtasida xabar almashish uchun ishlatiladigan telekommunikatsiya liniyalari orqali o'zaro bog'langan tugunlar guruhidir. Telekommunikatsiya tarmoqlarida foydalanuvchilar tugunlardan biriga ulangan va har bir foydalanuvchining har bir ulanishi aloqa kanali deb ataladi (simli, optik tolali kabel yoki radioto'lqinlar bo'lishi mumkin), bunda signallarni uzatish uchun elektron kommutatsiya, paketlarni almashtirish metodologiyalariga asoslangan turli texnologiyalardan foydalaniladi [1]. Tarmoqlar sohasi asosan tarmoq tugunlari orasidagi aloqa uchun protokollarni ishlab chiqishga qaratilgan. Tezkor yetkazish vositalarining va metodologiyalarining yuqori xatoliklarini hisobga olgan holda, ularning samarali ishlashi va ishonchli uzatishga yo'naltirilgan aloqa mexanizmlarini rivojlantirishga alohida e'tibor qaratiladi.

Tarmoq imkoniyatlari va talablari tarmoq protokollariga va ularni amalga oshiradigan tizimlarga ta'sir qiladi. Ammo bir necha sabablarga ko'ra ularni amalga oshiradigan tizimlardan protokollarni farqlash muhimdir. Protokollar aloqa tizimlari usullarini belgilaydi, tarmoq tizimlari ushbu protokollarni amalga oshiradi. Umuman olganda, protokollarga turli ishlash va ishonchlilik xususiyatlariga ega tizimlarni joylashtirish mexanizmlari kiradi, bu tizimlar va mexanizmlar o'rtasida transport xatti-harakatini tartibga soluvchi usullar bilan translyasiya xatolarini aniqlash va ma'lumotlar uzatishga olib keladi. Shunday qilib, protokolni ishlab chiqish va spetsifikatsiya qilish faoliyati protokolni bajaradigan va unga nisbatan biron-bir o'ziga xos talablarni qo'yadigan tizim haqida hech qanday ma'lumotni hisobga olmaydi. Ushbu

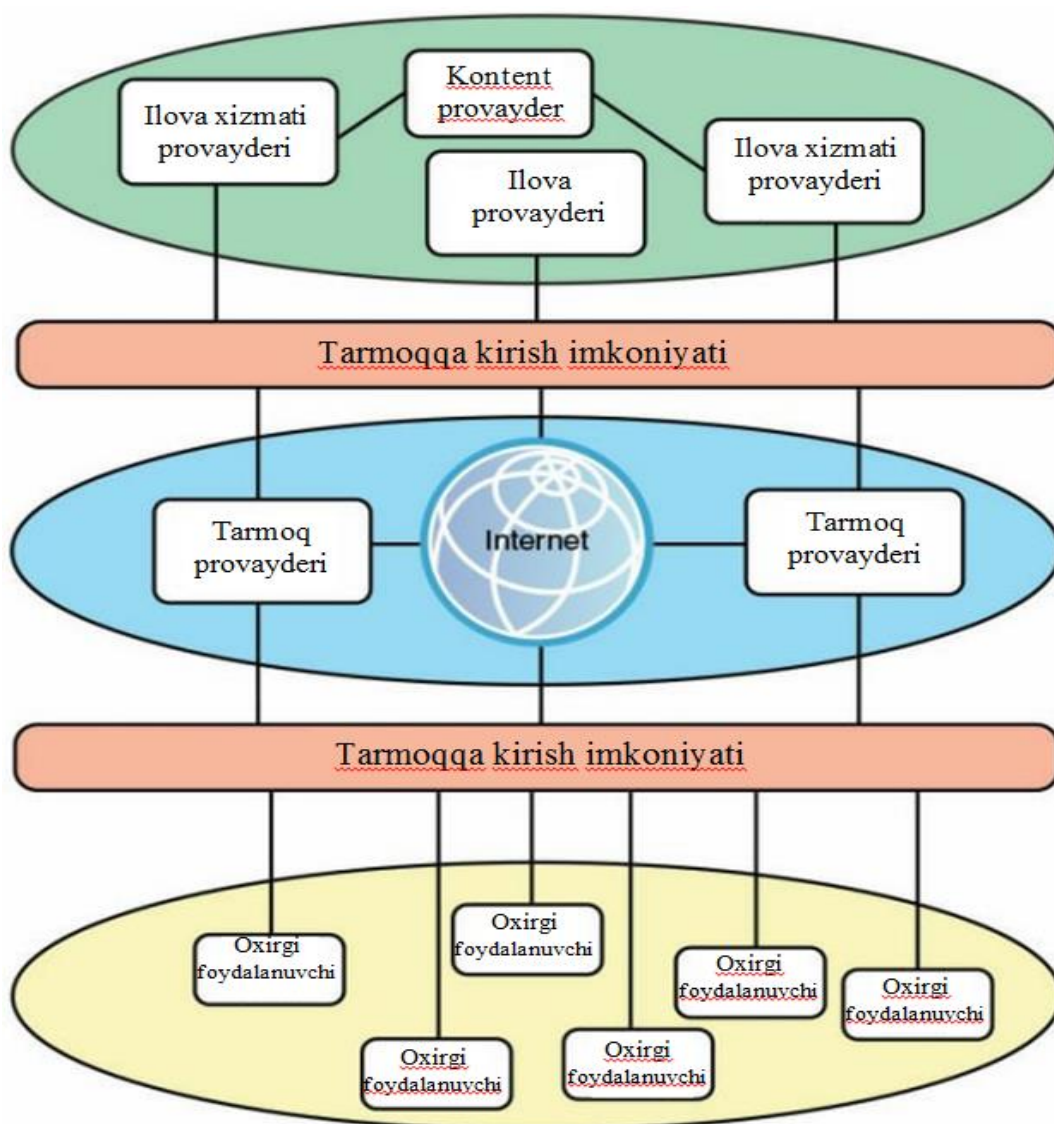


protokolning xarakteristikasi texnologiyadan mustaqil ravishda aloqa usullarini aniqlashga imkon bermaydi, shuningdek, ishlab chiqaruvchilar turli protseduralardagi turli xil platformalarda ishlashi, ishonchliligi xususiyati bilan bir xil protokollarni ishlab chiqadigan tizimlarni yaratilishi mumkin bo'lgan va xarajati iqtisodiy jihatdan kengaytirilgan tarmoq tizimlarining rivojlanishiga imkon beradi.

Aloqa protokollari turli maqsadlarga va turli ilovalar talablariga javob berish uchun ishlab chiqilgan [2,3]. Misol uchun, bir guruh protokollari simsiz ulanish orqali samarali uzatish usullari va mexanizmlariga e'tibor qaratadi, boshqalari esa kompyuterlar o'rtasida ma'lumotlarning ishonchli o'tkazilishiga mo'ljallangan. Turli darajadagi muloqot va turli xil muhit talablarini qondirish uchun ishlab chiqilgan ko'plab protokollar va ularning funksional xususiyatlarini metodologik jihatdan tartibga solish zarurligiga olib keldi. Ushbu tuzilishga qo'shimcha ravishda protokollarni amalga oshiradigan tarmoq tizimlarini rivojlantirishda erkin raqobatni ta'minlash protokollari uchun standartlashtirilgan namunaviy modelni ishlab chiqishga olib keldi.

Ko'pchilik kompyuter tarmoqlarining funksionalligi pog'onali protokollar to'plamini mos etalon modeli sifatida tuzilgan. Ushbu model Open System Interconnection (OSI) modeli sifatida kiritilgan va bugungi kunda tarmoqlar arxitekturasining mantiqiy asosi hisoblanadi. Har bir pog'ona, quyi pog'ona tomonidan taqdim etilgan funksiyalarni ko'rib chiqib, muayyan aloqa funksiyalarini taqdim etadi [4]. Tarmoq tizimlarining arxitekturalari pog'onali protokol arxitekturasini aks ettiradi. Tarmoq tizimining ishlayotgan pog'onasi (ya'ni, tarmoq arxitekturasidagi joylashuvi) tizimga qanday funksiyalarni kiritish kerakligini aniqlaydi.

Ushbu ko'rinish zamonaviy tarmoqlarning asosiy elementlarini qisqacha tahlil qilish imkonini va odatiy tarmoq ekotizimi deb hisoblanishi mumkin bo'lgan yuqori darajali tavsifni beradi. 1.1-rasm zamonaviy tarmoq ekotizimini umumiy ma'noda ifodalaydi, unda ushbu ekotizim tarkibiga kiradigan muhim arxitektura komponentlari va ilovalar keltirilgan.



1.1-rasm. Zamonaviy tarmoq ekotizimi

Butun ekotizim oxirgi foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Foydalanuvchi atamasi bu yerda juda ko'p umumiy atamalar sifatida ishlatiladi, u korxonada, jamoat muhitida yoki uyda ishlaydigan foydalanuvchilarni o'z ichiga qamrab oladi. Foydalanuvchilar platformasi sifatida noutbuk yoki mobil qurilmalar (masalan, planshet yoki smartfon) aniqlanishi mumkin.

Foydalanuvchilar keng tarmoqli kirish imkoniyati orqali tarmoqqa asoslangan xizmatlar va kontentlarga ulanishadi. Bular raqamli abonent liniyasi (DSL – Digital Subscribers Line) va kabel modemlari, Wi-Fi (Wireless Fidelity) va WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) simsiz modemlari va uyali aloqa tarmoqlaridan iborat. Bunday tarmoqlarda turli xil tarmoq provayderlari, jumladan,

Wi-Fi tarmoqlari, uyali aloqa tarmoqlari va xususiy korporativ kabi tarmoqlarga ulanish, Internetdan va turli xizmatlardan foydalanish imkoniyatini beradi [5]. Foydalanuvchilar ilovalar va kontentga kirish uchun tarmoq imkoniyatlaridan foydalanishni xohlashadi.

Ilova provayderlari odatda mobil platformaga ega bo'lgan foydalanuvchilar platformasida ishlaydigan ilovalar yoki dasturlar bilan ta'minlaydi.

Provayderning alohida toifasi ilova xizmat provayderidir. Ilova provayderi dasturiy ta'minotni foydalanuvchining platformasiga yuklaydi, ammo ilova xizmat provayderi provayder platformalarida bajariladigan dastur yoki server dasturiy ta'minoti kabi ishlaydi. Ushbu dasturiy ta'minotning an'anaviy namunalari orasida veb-serverlar, elektron pochta serverlari va ma'lumotlar bazasi serverlari mavjud. Hozirgi kundagi eng yaxshi misol - bulutli hisoblash provayderidir.

1.1-rasmda ko'rsatilgan yana bir element - kontent provayderi. Kontent provayderi foydalanuvchi qurilmasida iste'mol qilinadigan ma'lumotlarni (masalan, elektron pochta, musiqa, video) taqdim etishni ta'minlashga xizmat qiladi. Ushbu ma'lumotlar tijorat maxsuloti sifatida taqdim etilishi mumkin (kontent provayderlarining misollari - musiqiy yozuvlar va kino studiyalaridir).

1.1-rasm tarmoq ekotizimining juda umumiy tasavvurini beradi. Bu yerda zamonaviy tarmoq tuzilishining ikkita asosiy elementi aniq ko'rsatilmagan:

- Ma'lumot markazi (Data Center) tarmog'i: katta korporativ ma'lumot markazlari va bulutli provayder ma'lumotlar markazlari juda ko'p sonli bir-biriga bog'liq serverlardan iborat. Odatda, ma'lumotlar tashishning 80 foizi ma'lumotlarni markazlashtirilgan tarmoq ichida, faqatgina 20 foizi tashqi tarmoqlarga foydalanuvchilarga yetib borishi uchun mo'ljallangan.

- IoT (Internet of Things) yoki Fog tarmoqlari: korxonadan tomonidan o'rnatiladigan Buyumlar Interneti yuzlab, minglab, hatto millionlab qurilmalardan iborat bo'lishi mumkin. Ushbu qurilmalarga va ulardan olingan ma'lumotlar trafigining katta

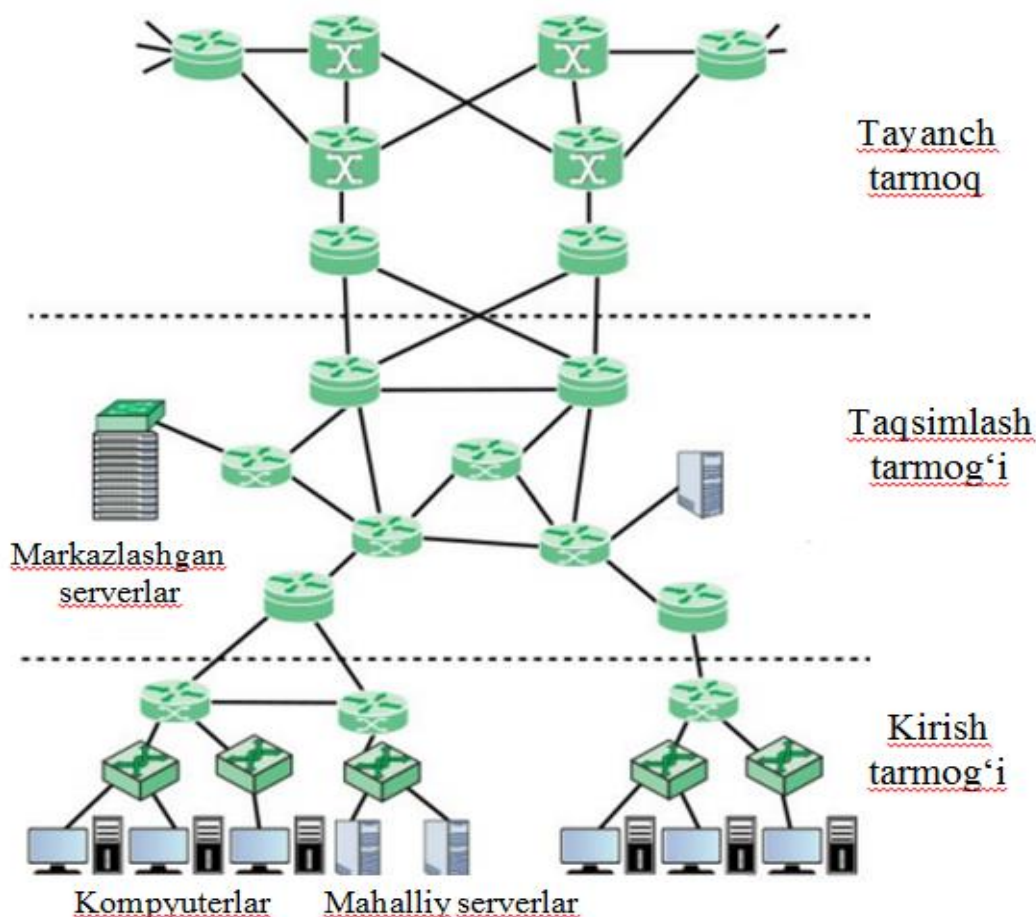
qismiga foydalanuvchi-mashinaning o'rniga mashina-mashina muloqoti, ya'ni, inson ishtirokisiz ishlov beriladi.

O'z navbatida, ushbu tarmoq muhitlarining har biri o'zgacha talablarni yuzaga keltiradi.

### *Zamonaviy tarmoqning xususiyatlari va shakllanish omillari*

Zamonaviy tarmoqlar nuqtai nazaridan tarmoq arxitekturasi 1.2-rasmda keltirilgan bo'lib tarmoq tuzilmalarini iyerarxiyasi sifatida ko'rsatilgan: kirish (access), taqsimlash (distribution) va tayanch (core) tarmoq.

Oxirgi foydalanuvchiga eng yaqin bo'lgani bu - kirish tarmog'i. Odatda, kirish tarmog'i mahalliy tarmoq (LAN - Local area network) yoki kampus bo'ylab tarmoq LAN kommutatorlari (odatda Ethernet kommutatorlari) va katta LAN larda, kommutatorlar orasidagi bog'lanishni ta'minlaydigan IP (Internet Protocol) –marshrutizator (router)lardan tashkil topgan bo'ladi.



1.2-rasm. Tarmoq iyerarxiyasi

Kirish tarmog‘i ish stoli kompyuteri va noutbuklar hamda mobil qurilmalar kabi oxirgi foydalanuvchilarni qo‘llab-quvvatlaydi. Kirish tarmog‘i, shuningdek, mahalliy kirish tarmoqlarida foydalanuvchilarga birinchi navbatda ishlatiladigan yoki faqat ekspluatatsiya qilinadigan mahalliy serverlarni qo‘llab-quvvatlaydi [2].

Bir yoki bir nechta kirish routerlari mahalliy iyerarxiyaning keyingi yuqori darajasiga, taqsimlash tarmog‘iga ulanadi. Ushbu ulanish Internet va boshqa davlat yoki xususiy aloqa vositalari orqali amalga oshirilishi mumkin.

Taqsimlash tarmog‘i kirish tarmoqlarini bir-biri bilan va tayanch tarmoqlari bilan bog‘lab turadi. Taqsimlash tarmog‘idagi chekka router ulanishni ta‘minlash uchun kirish tarmog‘idagi chekka routerga ulanadi. Ikkala router bir-birlarini tanib olish uchun tuzilgan va odatda marshrutlash va ulanish haqidagi ma‘lumotlar va ba‘zi bir uzatish (transport) protokoli bilan bog‘liq ma‘lumotlarni almashadi. Routerlar o‘rtasidagi ushbu hamkorlik ‘peering‘ deb ataladi.

Taqsimlash tarmog‘i tayanch qismini yuqori darajadagi peeringdan himoya qiladigan tayanch routerga mo‘ljallangan trafikni birlashtirishga xizmat qiladi. Boshqacha qilib aytganda, taqsimlash tarmog‘idan foydalanish ‘core’ bo‘yida chekka routerlari bilan tengdosh munosabatlarni o‘rnatadigan, xotira, qayta ishlash va uzatish imkoniyatlarini tejaydigan routerlarning sonini cheklaydi. Bitta taqsimlash tarmog‘i, ma‘lumotlar bazasi serverlari va tarmoq boshqaruvi serverlari kabi bir nechta erkin foydalanish tarmoqlari uchun ishlatiladigan serverlarni bevosita ulashi mumkin.

Shunga qaramay, kirish tarmoqlarida bo‘lgani kabi, ba‘zi taqsimlash marshrutizatorlari ham ichki bo‘lishi mumkin va chekka router vazifasini ta‘minlamaydi.

Shuningdek, magistral tarmoq deb ataladigan asosiy tarmoq (backbone network) geografik jihatdan tarqalgan taqsimlash tarmoqlarini birlashtiradi hamda korporativ tarmoqning tarkibiy qismi bo‘lmagan boshqa tarmoqlarga kirishni ta‘minlaydi [6]. Odatda, tayanch tarmoq juda yuqori unumdorlikka ega routerlari, yuqori tezlikli uzatish liniyalari va boshqa imkoniyatlar uchun bir-biriga ulangan routerlardan

foydalanadi. Asosiy tarmoq, shuningdek, katta ma'lumotlar bazasi serverlari va xususiy bulutli qurilmalar kabi yuqori samarali, yuqori imkoniyatli serverlarga ulanishi mumkin. Asosiy routerlarning ayrimlari butunlay ichki bo'lib, tayanch routeriga xizmat qilmasdan ortiqcha va qo'shimcha imkoniyatlarni ta'minlaydi.

Bunday iyerarxik tarmoq arxitekturasi muqobil modulli tuzilishga yaxshi misoldir. Ushbu dizayn yordamida tarmoq uskunasi (marshrutizatorlar, kommutatorlar, tarmoq boshqaruv serverlari) unumdorligi, xususiyatlari va funkcionalligi ularning iyerarxiyadagi o'rnini va ma'lum bir iyerarxik darajadagi talablar uchun optimallashtirilishi mumkin.

Bugungi kunda ko'plab tarmoq texnologiyalari aloqa uchun turli xil imkoniyatlarni taqdim etmoqda. Tarmoqlarning faol o'sishi bilan bog'liq bo'lgan Internetga keng polosali ulanishning jadal rivojlanishi ko'rsatilayotgan xizmatlar sifatining sezilarli yaxshilanishiga yordam berdi. Internet xizmatlarining tobora ommalashib borishi muqarrar ravishda tarmoqda yangi turdagi xizmatlar va ilovalarning paydo bo'lishiga olib keladi, ularning har biri tarmoq parametrlari (kechikishlar, ma'lumotlarni uzatish tezligi va boshqalar) ga o'z talablarini qo'yadi. Natijada, tarmoqdagi ma'lumotlar miqdori doimiy ravishda o'sib boradi. Bu ma'lum bir tizimning mavjud imkoniyatlari doirasida sodir bo'lganligi sababli, operator trafikni boshqarishga yondashuvlarni qayta ko'rib chiqishga majbur.

Dunyodagi telekommunikatsiya sanoati rivojlanishining eng sezilarli tendentsiyalari zamonaviy xizmat tushunchasini va imkoniyatlarini ancha murakkablashtirib yubordi. Biznes olamida tobora keng tus olayotgan elektron raqamli imzo, operatorlar tarmoqlarining texnologik asosi bo'lgan 5G texnologiyasi, aloqa operatorlari uchun kelajakda barqaror o'sishining omili sanalgan Buyumlar Interneti (Internet of Things, IoT) xizmatlari, sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish imkoniyatlari, turli xil aqlli shahar platformalari yechimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari orqali uzatiladigan ma'lumotlar hajmi eksponensial ortib borishi va xavfsizlik masalalari, raqamli transformatsiyada telekommunikatsiya sanoatini istiqbolli ilovalaridan

bo'lgan Blockchain kabi istiqbolli texnologiyalar va yechimlar birlashtirilgan funktsiyalarga ega tarmoqda zarur bo'lgan xizmat darajasini kafolatlash kerakligini taqozo etadi. Bu o'z navbatida, xizmat sifatini ta'minlash masalalarini yanada dolzarb ekanligini ko'rsatib beradi.

## **1.2. Xizmat ko'rsatish sifati: asosiy tushuncha va standartlar**

Zamonaviy hayotda mamalakatlar iqtisodiyotiga va millionlab kishilarning yashash sharoitlariga telekommunikatsiya texnologiyalari va axborotlashtirishning rivojlanish darajasi ta'siri kundan kunga oshib bormoqda. Telekommunikatsiya texnologiyalari hozirgi kunda shakllanayotgan raqamli iqtisodiyotning axborot infratuzilmasini asosi bo'lib, mamlakat iqtisodiyotini rivojlanishida muhim o'rinni egallaydi. Telekommunikatsiya sohasining mutaxassisleri quyidagi muammolarni hal qilishlari lozim: axborotlarni yetkazish bo'yicha oshib borayotgan talablarni qondirish uchun mamlakatda telekommunikatsiya tarmoqlarini rivojlanish yo'nalishini aniqlash; aloqa vositalari ko'lami va sonini belgilash; uzatilayotgan xabarlarini o'z vaqtida yetkazish va aniqliligini ta'minlash, ko'rsatilayotgan xizmat sifatini nazoratini amalga oshirish va yaxshilash; minimal xarajatlarda zaruriy samara olish, shuningdek, uskunalari va aloqa kanallaridan maksimal foydalanish uchun telekommunikatsiya tarmoqlarini qanday optimal rivojlantirishni bilishlari kerak.

Ma'lumki, zamonaviy axborot kommunikatsiya texnologiyalari tarkibida ishlatiladigan ko'plab tizimlar murakkab telekommunikatsiya majmualari hisoblanadi. Barcha sohalarni tez sur'atlar bilan qamrab olgan telekommunikatsiya xizmatlariga bo'lgan talabni oshishi ularni baholash, nazorat qilish va rivojlantirish kabi jarayonlarni vujudga keltiradi. Tezlik bilan rivojlanayotgan telekommuni-katsiya sohasida raqobatbardoshlikni va barqarorlikni ta'minlash uchun operatorlar aynan ko'rsatilayotgan xizmatlar sifati ustida ishlar olib borishlari kerak. Sifatli xizmat iste'molchilar sonining oshishi va doimiy mijozga aylanishida asos ekanligi hammaga ma'lum [7]. Foydali va kafolatlangan

xizmatlardan olinayotgan daromad esa soha rivojining poydevori hisoblanadi. Bu borada, xizmat sifatining ahamiyati bilan bog'liq bo'lgan ko'plab tushunchalar va atamalar, xizmat sifatini yaxshilash maxsus ko'rsatkichlar va nazorat orqali ta'minlanadigan xarakteristikalar xizmat ko'rsatish sifatining ko'plab jihatlarini o'rganishni va tadqiq qilishni taqozo etadi.

Aloqa operatorlari oldida xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlash, protokollar o'rtasida o'zaro ishlashni tashkil etish, ishonchli transportni taqdim etish, xizmatlar to'plami kabi hal etilishi talab qilinadigan ayrim masalalar yuzaga keladi [8]. Bu borada telekommunikatsiyalarning bugungi kundagi jadal sur'atlarda rivojlanishiga axborot resurslariga bo'lgan talabning oshishi asosiy sababdir. Foydalanuvchilarning o'ziga kerak bo'lgan ma'lumotlarni yuqori sifatda, ishonchli, o'ta tezkor, qo'llanilishi oson bo'lgan tarzda olishiga ehtiyoji oshgan. Buning uchun xizmat ko'rsatish sifati (Quality of Service - QoS) talablari ta'minlab berilishi yetakchi operatorlarning bugungi kunda o'z oldiga qo'ygan vazifasidir. Turli miqyosdagi telekommunikatsiya tarmoqlarning rivojlanishi ancha yuqorilab ketgan va ma'lumot almashishga bo'lgan talab kundan-kunga ortib borayotgan hozirgi davrda mavjud bo'lgan an'anaviy aloqa tarmoqlari bilan birga aloqaning yangi xizmatlari talablarini hisobga oluvchi axborot infratuzilmani yaratish va joriy etish dolzarb vazifalardan biri bo'lib qolmoqda. Asosiy maqsad, zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida sifatni ta'minlashni taqdim etuvchi qurilmalar va abonentlar o'rtasidagi ma'lumot almashinuvining sifat ko'rsatkichlarini ta'minlashga oid talablarni bajarilishi kafolatlanishini ta'minlashdan iboratdir.

Istalgan xizmat ko'ratuvchi raqobatchi sheriklaridan kam bo'lmagan sifat darajasini taqdim etishni rejalashtiradi [9]. Boshqa tomondan, tarmoqda qanday sifat ko'rsatkichini amalda ta'minlash muhimligini tahlil qilish kerak. Buning uchun tarmoq faoliyatini monitoring qilish, uning faoliyati xaqida statistik axborotlarni olish, Quality of Service (QoS) va Quality of Experience (QoE) parametrlari, ular o'rtasidagi munosabatni aniqlash, tarmoq operatori uchun takliflar



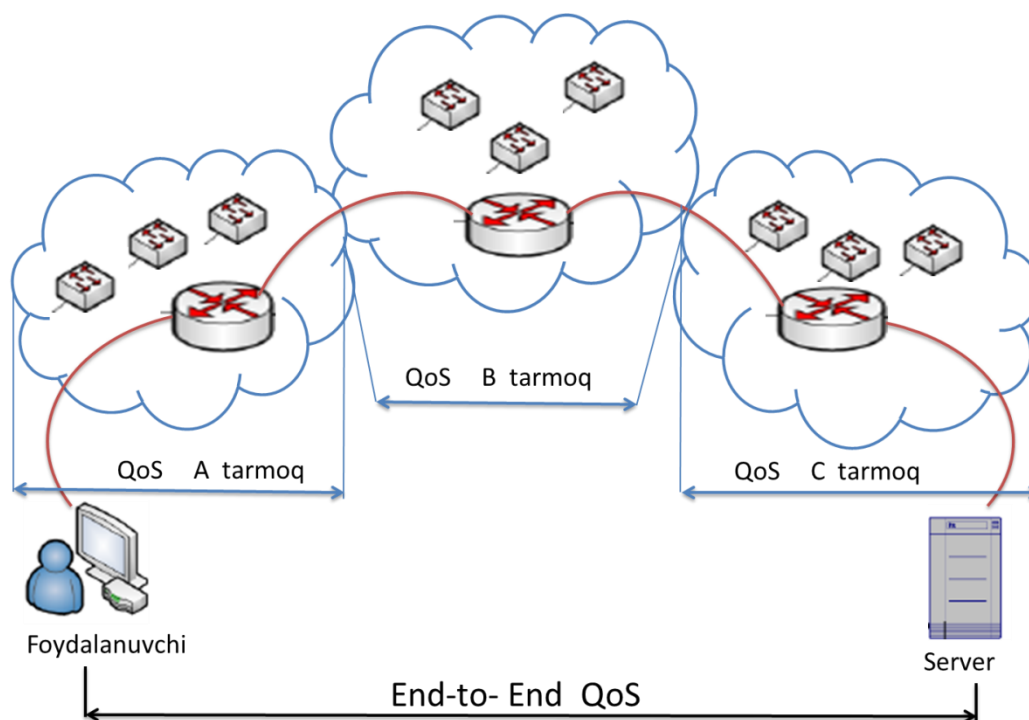
va me'yoriy talablar ishlab chiqish va ular asosida sifat ko'rsatkichlarini baholash kerak.

Hozirgi vaqtda umumiy qabul qilingan xizmat sifati tushunchasining batafsil tavsifi mavjud emas. Turli tashkilotlar tomonidan, ular hal qiladigan masalalarga mos ravishda, o'zlarining sifat tavsifi beriladi. Misol uchun, faqatgina ITU-T tavsiyanomalaridan 13 dan ortiq turli QoS tavsiflarini topish mumkin.

Sifat tushunchasining umumiy tavsifi 1994 yili xalqaro ISO 8402 standartida keltirilgan: "belgilangan va ko'zlangan extiyojni qondiradigan obyekt xarakteristikalarining majmui". 2000 yilda ISO 8402 standarti ISO 9000 standarti bilan almashtirilgan, unda "sifat" tushunchasiga o'zining talab xarakteristikalariga mos kelish darajasi, deb tavsif berilgan.

ISO 8402 sifat standarti umumiy tushunchasining asosida, birinchi marotaba ITU-T E.800 Tavsiyanomalarida keltirilgan, aloqa xizmatlari sifati sohasidagi asosiy terminlari belgilangan (Quality of Service, QoS). ITU-T E.800 Tavsiyanomalarida QoSga quyidagicha ta'rif berilgan: "foydalanuvchining xizmatdan qoniqqanlik darajasini belgilovchi, xizmatning foydalanishga oid xarakteristikalarining umumiy ko'rsatkichi".

Texnika sohasida sifatga oid ko'plab maqolalarda, e'lonlar va xalqaro standartlarda QoS tushunchasidan foydalaniladi, yoki yuqorida ko'rsatilgan ta'riflardan biriga tayanadilar. Masalan, ko'pchilik standartlar, hisobotlar va tasniflarda QoS tushunchasidan foydalanilganda ITU-T E.800-Tavsiyanomasiga murojaat etiladi. Shu bilan birga, foydalanuvchidan xizmat nuqtasigacha (End-to-End, E2E) xizmat sifati QoS telekommunikatsiya sohasida raqobatbardoshlikning muhim differensial omili hisoblanadi. E2Ega oid QoS imkoniyligi 1.3-rasmda keltirilgan.



1.3-rasm. E2E QoS etalon modeli

Bundan tashqari “idrok qilish sifati” (tajriba sifati) tushunchasi (Quality Of Experience, QoE) ham qoʻllaniladi, uni baholash metodologiyasi va parametrlarining asosiy koʻrsatkichlari G.1011-Tavsiyanomasida belgilangan. Toʻliligicha, xizmat sifati quyidagi asosiy isteʼmolga oid xususiyatlarning majmui bilan xarakterlanadi: taʼminlanganlik darajasi, foydalanishning qulayligi, amaliy natija berishligi, xavfsizligi va har bir xizmat uchun maxsus boʻlgan boshqa xususiyatlar.

*Xizmatning taʼminlanganlik darajasi bu - aloqa operatori tomonidan xizmatni (xizmatlar toʻplamini) taqdim qilish qobiliyati va isteʼmolchiga sifatlilik tarzda xizmat koʻrsatishni taʼminlash.*

*Foydalanishning qulayligi bu - isteʼmolchi tomonidan bu xizmatni qulay va muvaffaqiyatli ravishda olishni xarakterlovchi, xizmat xususiyatidir.*

*Amaliy natija berishligi bu – isteʼmolchiga zarur paytda taqdim qilingan xizmatdan foydalanish xususiyati, va zarur vaqt davomida haddan tashqari yomonlashmasdan davom etib turishiligi (belgilangan sharoitlar va imkoniyatlar doirasida).*

*Xavfsizlik bu* – ruxsatsiz kirish, g‘arazli niyatda va noto‘g‘ri foydalanish, ataylab qilingan shikastlanishdan, inson xatolaridan va tabiiy ofatlardan xizmatning himoyalaniş xususiyatidir.

Yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan to‘rtta xususiyatlardan eng asosiysi - bu amaliy natija berish xususiyatidir, va u o‘z navbatida uchta tarkibiy qismdan iborat:

*qulaylik* – iste‘molchining xohishiga ko‘ra xizmatdan foydalanish xususiyatiga ega bo‘lishligi;

*uzluksizlik* – taqdim etilgandan keyin, zarur vaqt davomida xizmat xususiyatidan foydalanish;

*yaxlitlik* - taqdim etilgandan keyin, xizmat xususiyatidan davomiy ravishda, yomonlashmagan holda, ta‘minlanib turilishi.

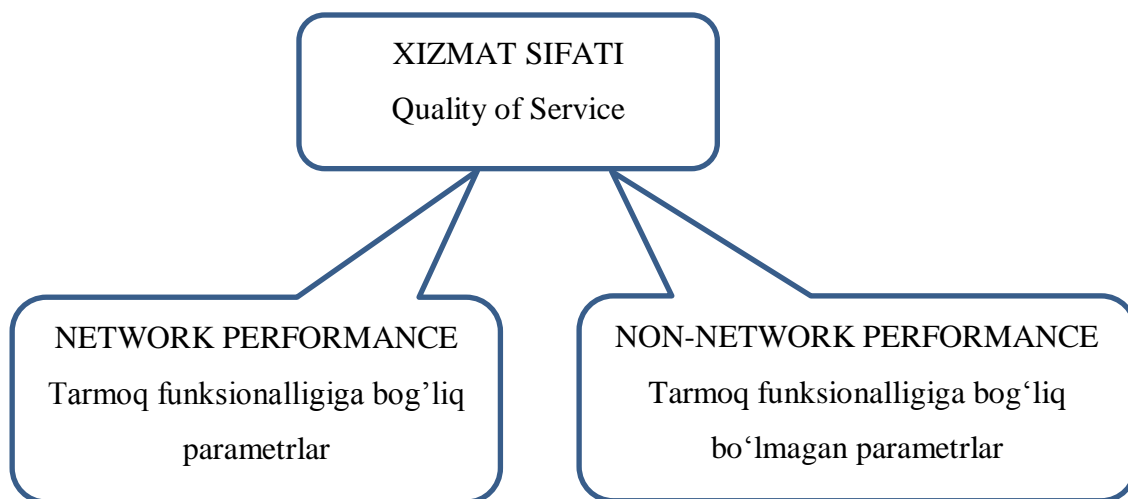
QoS tushunchasiga taalluqli turli ta‘riflarning mavjudligi barcha jihatlar tavsifining murakkabligini ko‘rsatib turadi.

Xizmatning sifati tarmoqning ishlash xarakteristikalariga bog‘liq (Network Performance, NP). Tarmoqning ishlash xarakteristikalari tarmoq yoki uning qismlarining vazifasi bo‘lgan iste‘molchilar orasidagi aloqani ta‘minlash xususiyatini belgilaydi.

QoS – bu iste‘molchining idrok qilish natijasidir, NP esa alohida tarmoq elementlarining (qismlarining) ishlatish xarakteristikalari yoki butun tarmoqning ishlatish xarakteristikalari bilan belgilanadi.

Shunday qilib, QoS texnik ko‘rsatkichlar yordamida aniqlanadigan, nafaqat belgilangan ko‘rsatkichlari bilan ifodalanadi, shu bilan birga o‘ziga xos bo‘lgan iste‘molchi tomonidan kutiladigan va o‘zlashtira oladigan sifat bilan ham ifodalanadi. Boshqacha qilib aytganda, QoS tushunchasi berilgan trafikka ma‘lum texnologik talablar doirasida kerakli servis (xizmat)ni ta‘minlab berish imkoniyligi bilan bog‘liq.

Network performance (NP) – tarmoqni ishlash parametrlarini ifodalaydi: tarmoq yoki tarmoq qismi qobiliyatining funkcionalligini foydalanuvchilarga o‘zaro ta‘sirini ta‘minlaydi (1.4 rasm va 1.1 jadvalda keltirilgan).



1.4-rasm. ‘Quality of Service’ va ‘Network Performance’ni o‘zaro aloqasi

QoE tushunchasiga keladigan bo‘lsak, bu integral ko‘rsatkich bo‘lib, u foydalanuvchilarga xizmatdan qoniqqanlik darajasini belgilaydi.

1.1-jadval

Ma’lumot uzatish tarmoqlarida muhim funkcionallik ko‘rsatkichlari  
Y.1541 ITU-T tavsiyasi asosida

Ko‘rsatkichning nomlanishi	Interfaol (0 sinf Y.1541)	Yo‘ldosh aloqa liniyasidan foydalanishda interfaol (1 sinf Y.1541)	Signalli (2 sinf Y.1541)	Oqimli (3 sinf Y.1541)	Interfaol, signalli va oqimli trafikdan tashqari ma’lumot uzatish trafigi (4 sinf Y.1541)
O‘rtacha kechikish (ms)	100 dan ko‘p bo‘lmagan	400 dan ko‘p bo‘lmagan	100 dan ko‘p bo‘lmagan	400 dan ko‘p bo‘lmagan	1000 dan ko‘p bo‘lmagan
O‘rtacha kechikish qiymatidan og‘ish (ms)	50 dan ko‘p bo‘lmagan	50 dan ko‘p bo‘lmagan		50 dan ko‘p bo‘lmagan Y.1541 da aniqlanmagan	-
Paketlarni yo‘qotish koeffitsienti	$10^{-3}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-3}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-3}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-3}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-3}$ dan ko‘p bo‘lmagan
Paketlardagi xatolik koeffitsienti	$10^{-4}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-4}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-4}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-4}$ dan ko‘p bo‘lmagan	$10^{-4}$ dan ko‘p bo‘lmagan

## Aloqa xizmati sifatini standartlashtirish

Telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish va ulardan keyingi ekspluatatsiya qilishdagi muammolardan biri bu turli ishlab chiqaruvchilarning uskunalari mosligidir. Bundan tashqari, tarmoqlarning turli elementlarining samarali ishlashida ularning o‘zaro ta’siri uchun umumiy protokollardan foydalanish kerak. Shu maqsadda telekommunikatsiya sohasidagi standartlar tashkilotlari tegishli standartlarni ishlab chiqadilar. Bunday tashkilotlarning a’zolari, qoida tariqasida, turli mamlakatlarning davlat idoralari va taniqli ishlab chiqarish kompaniyalari hisoblanadi.

Xizmat sifatini xalqaro darajada standartlashtirish bilan Xalqaro elektraloqa ittifoqi (International Telecommunication Union, ITU) va u bilan birgalikda Telekommunikatsiyalar bo‘limi (ITU-T) va Radioaloqa bo‘limi (ITU-R), Telekommunikatsiya Standartlari bo‘yicha Yevropa Instituti (European Telecommunications Standardization Institute, ETSI) va 3GPP guruhi shug‘ullanadi.

ITUda qayd qiladigan aloqa tarmoqlar xizmati va uning asosiy qurilmalari, foydalanish tarmoqlari, transport tarmoqlari, telefon aloqa tarmoqlari sifatini ta’minlashga qaratilgan tavsiyanomalarni ishlab chiqish bo‘yicha masalalarni ITU-T bo‘limi hal qiladi. Simsiz aloqa tarmoqlari va uning asosiy qurilmalari, ko‘chma aloqa tarmoqlari, yo‘ldoshli aloqa xizmat sifatini ta’minlash bo‘yicha masalalar bo‘limida hal qilinadi.

ITU-T elektr aloqa tarmoqlarining xizmat sifatini ta’minlash masalalarini standartlashtirishga qaratilgan, umumiy asosini tashkil qiluvchi, bazaviy tavsiyanomalarni ishlab chiqqan, jumladan quyida keltirilganlarni.

ITU-T ning G.1000 “Aloqa xizmatining sifati” tavsiyanomasida QoS ga umumiy tavsif keltirilgan.

ITU-T ning G.1010 tavsiyanomasi “Oxirgi iste’molchi nuqtai nazaridan multimedia xizmati sifatining toifalari”, bunda oxirgi iste’molchi uchun QoS toifalari va ularning tarmoq ishi xarakteristikalari bilan o‘zaro munosabatlari keltirilgan.

ITU-T ning E.800 tavsiyanomasida sifatga oid ishonchlilik, tarmoqlar ishi va aloqa xizmati tushunchalari qamrab olingan.

ITU-T ning Y.1541 tavsiyanomasi “Xizmatni taqdim etish uchun IP protokoliga asoslangan tarmoqning ish parametrlari”, bunda IP protokoli bo‘yicha paketli kommutatsiyaga ega tarmoqlarning QoS turkumlari va QoS ning ba’zi parametrlari keltirilgan.

ITU-T ning J.163 tavsiyanomasi “Real vaqt tartibida kabelli modemlardan foydalangan holda kabelli televizion tarmoqlar orqali taqdim etiladigan xizmatlar uchun dinamik QoS”, bunda real vaqt tartibini talab qiluvchi qo‘shimchalar uchun zarur bo‘lgan QoS ning parametrlari keltirilgan.

ITU-T ning X.140 tavsiyanomasi “Umumiy foydalanishga mo‘ljallangan ma’lumotlarni uzatish tarmoqlarida qo‘llaniladigan aloqa xizmati sifatining parametrlari”, bunda umumiy foydalanishga mo‘ljallangan ma’lumotlarni uzatish tarmoqlari uchun QoS parametrlar majmui keltirilgan.

Aloqa xizmati sifati sohasidagi ITU-T ning yetakchi tadqiqot komissiyasi, TK 12 hisoblanadi (“Tarmoq ishi parametrlari, xizmat sifati va idrok qilish sifati”). ITU-T da ilgari aloqa xizmati sifati masalalari bo‘yicha TK 8 (“Mobil aloqa, radiolokatsiya, havaskor aloqa, yo‘ldoshli aloqa va xizmatlar”) texnik qo‘mitasi shug‘ullanar edi. Hozirgi kunda TK 8 vazifalari TK 4 va TK 5 orasida taqsimlangan.

Aloqa xizmati sifatini ta’minlashdagi ETSI ning umumiy yondashuvlar keltirilgan asosiy hujjatlar 1.2. jadvalda berilgan.

Aloqa xizmati sifatini ta'minlashdagi ETSI ning umumiy yondoshuvlar keltirilgan  
asosiy hujjatlar ro'yxati

Hujjat rakami	Hujjat nomi	Hujjat mazmuni
ETSI ETR 003	Network Aspects (NA); General aspects of Quality of Service (QoS) and Network Performance (NP)	«QoS» va «NP» tushunchalarining tavsifi, ularning aloqadorligi.
ETSI ETR 138	Network Aspects (NA); Quality of service indicators for Open Network Provision (ONP) of voice telephony and Integrated Services Digital Network (ISDN)	Telefon aloqa tarmoqlari va ISDNdagi ovoqli xizmatlar uchun QoS parametrlari.
ETSI EG 202 057-1 V1.3.1.	Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 1: General	Turli xizmatlar uchun QoS parametrlarining tavsifi. Bu parametrlarni o'lchash va statistik ma'lumotlarni yig'ish bo'yicha umumiy tavsiyalar.
ETSI EG 202 057-3 V1.3.1.	Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 3: QoS parameters specific to Public Land Mobile Networks (PLMN)	Ko'chma aloqa tarmoqlari uchun QoS parametrlarining tavsifi. Bu parametrlarni o'lchash va statistik ma'lumotlarni yig'ish bo'yicha umumiy tavsiyalar.
ETSI EG 202 057-4 V1.1.1.	Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access	Internet tarmog'i uchun QoS parametrlarining tavsifi. Bu parametrlarni o'lchash va statistik ma'lumotlarni yig'ish bo'yicha umumiy tavsiyalar.
ETSI TS 102 250-1 V2.2.1 (2011-04)	Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 1: Assessment of Quality of Service	GSM va 3G tarmoqlarida taqdim etiladigan xizmatlar uchun QoS parametrlarining tavsifi. Xizmat sifati modeli. Natijalarni baholash va o'lchash ishlarini bajarishning umumiy tartibi.
ETSI TS 102 250-2 V2.2.1 (2011-04)	Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks. Definition of Quality of Service parameters and their computation	GSM va 3G tarmoqlarida taqdim etiladigan xizmatlar uchun QoS parametrlarini hisoblash qoidalari. Iste'molchi qabul qilishdagi ulanish fazasi va aloqa tarmog'idagi ulanish fazasi o'rtasidagi muvofiqlik keltirilgan.
ETSI TS 102 250-3 V2.2.1 (2011-04)	Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 3: Typical procedures for Quality of Service measurement equipment	Ko'chma aloqa tarmog'ida taqdim etiladigan xar bir xizmat uchun QoS parametrlarini hisoblash uchun umumiy tavsiyalar.
ETSI TS 102 250-4 V1.3.1 V2.2.1 (2011-04)	Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 4: Requirements for Quality of Service measurement equipment	O'lchov asboblari qo'yilgan minimal talablar.
ETSI TS 102 250-5 V2.3.1 (2011-11)	Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 5: Definition of typical measurement profiles	Ko'chma aloqa tarmoqlarida hisoblash ishlarini amalga oshirishga tavsiya etiladigan vaziyatlar.

Aloqa xizmati sifatini ta'minlashdagi 3GPP ning umumiy yondoshuvlar keltirilgan asosiy hujjatlar ro'yxati 1.3. jadvalda berilgan.

1.3- jadval

Aloqa xizmati sifatini ta'minlashdagi 3GPP ning umumiy yondoshuvlar keltirilgan asosiy hujjatlar

Hujjat rakami	Hujjat nomi	Hujjat mazmuni
3GPP TS 23 207 V11.0.0 (2012-09)	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; End- to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 11)	IP va IMS paketli kommutatsiya texnologiyasini qo'llash asosida qurilgan qo'chma aloqa tarmoqlaridagi QoS arxitekturasiga qo'yilgan talablar.
3GPP TS 29.208 V6.7.0 (2007-06)	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; End- to-end Quality of Service (QoS) signalling flows (Release 6)	IP va IMS paketli kommutatsiya texnologiyasini qo'llash asosida qurilgan qo'chma aloqa tarmoqlari sifat ko'rsatkichlari bilan muvofiq ravishda tarmoq resurslarini zaxiralash uchun signalizatsiya oqimi.
3GPP TS 29.213	Policy and Charging Control signalling flows and Quality of Service (QoS) parameter mapping (ETSI TS 129.213)	QoS parametrlarning yuqori va pastki darajalar bilan aks ettirish modeli.
3GPP TR 23.802 V7.0.0 (2005-09)	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architectural enhancements for end-to-end Quality of Service (QoS) (Release 7)	IP va IMS paketli kommutatsiya texnologiyasini qo'llash asosida qurilgan qo'chma aloqa tarmoqlarida xizmat sifati ta'minotini hisobga olgan xolda aloqalarni o'rnatish ssenariysi.
3GPP TS 22.105 V11.0.0 (2012-09)	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Services and service capabilities (Release 11)	Qo'chma aloqa tarmoqlaridagi sifat parametrlari va xizmatlar klassifikatsiyasi.



### 1.3. To'liq sifat menejmenti (TQM) tamoyillari

TQM (Total Quality Management) atamasi yoki umum sifat menejmenti o'tgan asrning 60-yillarida kompaniyalarni boshqarishda Yaponiya menedjerlarining yondashuvi tufayli yuzaga kelgan. Bu yondashuv turli faoliyat sohalarida - ishlab chiqarish, savdo, ishni tashkillashtirish va h.k.z larda uzluksiz tarzda sifatni yaxshilashga qaratilgan. Zamonaviy talqinda TQM tashkilotni boshqarishda falsafiy yondashuvni ilgari suradi [10].

TQM na tizim, na vosita, na boshqarish jarayoni hisoblanadi. Umum sifat menejmenti o'ziga turli nazariy tamoyillarni va amaliy uslublarni, ma'lumotning sifat va son tahlilini amalga oshirishda, iqtisodiy nazariya elementlari va bir maqsad - uzluksiz sifatni yaxshilashga qaratilgan jarayon tahlilini o'z ichiga oladi.

TQMni tashkilotni sifatga yo'naltirilgan yondashuv asosida boshqarish deb qarash mumkin. Sifat barcha personalni faoliyatni yaxshilashga jalb etish orqali amalga oshiriladi.

Sifatni yaxshilashdan asosiy maqsad foydalanuvchilarning qoniqishi va barcha ishtirokchilar va umuman jamiyat (ishchilar, egalik qiluvchilar, vositachilar, yetkazuvchilar) tomonidan foyda va daromad olishdir.

TQM falsafasi asosida ko'pgina korxonalar *TQM sifat tizimi* deb ataladigan o'z sifat tizimlarini yaratadi.

#### **TQM tamoyillari**

Umum sifat menejmenti falsafasi bir qancha asosiy tamoyillarga tayanadi. Ularni tushunish va amaliyotga tadbiq etish tashkilotlar uchun «to'g'ri narsalar»ni birinchi urinishdayoq «to'g'ri» amalga oshirishga imkon yaratadi:

- Iste'molchiga yo'naltirilgan - TQM ning asosiy tamoyili bo'lib iste'molchi tomonidan sifat darajasini baholashga asoslangan.
- Tashkilotning sifatni oshirish bo'yicha amalga oshiradigan har qanday harakati: personalni malakasini oshirish, sifatni boshqarishni jarayonlarga qo'llash, dasturiy va apparat vositalarini mukammallashtirish yoki o'lchov va nazoratning yangi

vositalariga ega bo'lish harakatlari muhim deb qaralmaydi. Faqatgina iste'molchi bu amalga oshirilgan sa'y harakatlarni ijobiy ekaligini baholaydi.

- Personalni jalb etish – TQM tamoyili tashkilotning barcha xodimlarining maqsadga erishish yo'lidagi birgalikdgi faoliyatini ta'minlaydi.

Personalni jalb etishga qachonki xodimlarda ish o'rnini yo'qotish hissini yo'qotganidan so'ng, yangi o'zgarishlarga ishonish va uni amalga oshirish vakolatiga ega bo'lganidan so'ng erishiladi. Rahbar esa buning uchun zaruriy muhitni shakllantiradi.

Jarayonli yondashuv – TQM tashkilotning istalgan faoliyatini jarayon sifatida qaraydi. Jarayon bu ta'minlovchilar tomonidan yetkazilgan obyektlar (kirish) ni bir qancha natijaga (chiqish) aylantiruvchi harakatlar to'plami bo'lib, bu natijalarni iste'molchiga yetkazadi.

Ta'minlovchi (yetkazuvchi) va iste'molchilar korxonaga mansubligi jihatidan ichki va tashqi bo'lishi mumkin. Jarayon harakatlari to'plami aniq belgilangan va ular o'zaro bog'langan bo'lishi lozim.

Jarayonning ijrosini belgilangan rejadan og'maslik uchun doimo nazoratda olib borish zarur.

- Tizimning yaxlitligi – Tashkilot vertikal bo'ysunish iyerarxiyasiga ega bo'lgan maxsus bo'limlardan tashkil topishi mumkin. Mazkur bo'limlar gorizontal (bir sathli) o'zaro aloqalarni amalga oshiruvchi jarayonlar bilan bog'langan. Har bir bo'limning ichida o'z jarayonlari amalga oshirilishi mumkin. Ular tashkilotning umumiy jarayonlarining qismi bo'lishi mumkin. Shu tarzda kichik bo'lim jarayonlari butun tashkilot jarayonlariga birikib ketadi va strategik maqsadlarga erishishga imkon yaratadi.
- Har bir tashkilot o'z ishlash madaniyatiga ega. Ishlab chiqarilgan mahsulot yoki ko'rsatiladigan xizmatlar uchun yuqori natijalarga erishish uchun barcha bo'limlarda bir vaqtda sifat madaniyatini shakllantirish lozim bo'ladi.

- Strategik va tizimli yondashuv –TQMning ahamiyatli tamoyillaridan biri hisoblanadi. Sifatni doimiy yaxshilash tashkilotning strategik maqsadlaridan biri bo‘lishi lozim. Sifatni oshirish bo‘yicha belgilangan maqsadlarga erishish uchun tizimli va uzluksiz faoliyatni olib borish lozim.
- Uzluksiz yaxshilash –TQMning tayanch tamoyili hisoblanib, uzluksiz ravishda sifatni yaxshilash raqobatdoshlik va samaradorlikka erishish uchun analitik va ijodiy usullarni qo‘llashga imkon yaratadi.
- Faktlar asosida qaror qabul qilish – tashkilot qanday ishlayotganini tushunish uchun o‘lchov ishlari natijalari zarur bo‘ladi. Yaxshilashni amalga oshirish uchun faoliyat haqidagi axborotlarni doimo yig‘ish va tahlil qilish kerak. Faqatgina faktlar asosida to‘g‘ri boshqaruv yechimlarini qabul qilish mumkin.
- Kommunikatsiya – o‘zgarishlar davrida kommunikatsiya ma’naviy ruhni va barcha boshqaruv pog‘onalarida xodimlarni ishga munosabatini so‘ndirmaslik uchun kommunikatsiya katta o‘rin egallaydi.
- Kommunikatsiya bo‘lib o‘tayotgan o‘zgarishlar masalalari bo‘yicha har kungi va oddiy jarayon bo‘lib qolishi muxim hisoblanadi.
- Bu elementlar bir qancha o‘zgarishlar ko‘rinishida ISO 9000 seriyasidagi sifat menejmenti tizimlari tamoyillari tarkibiga kirib bordi.

### **TQM ni qo‘llash strategiyasi**

TQM falsafasi asosida sifatni boshqarish tizimlarini ishlab chiqish uchun bir qancha strategiyalar qo‘llanilishi mumkin. Tashkilot o‘zining faoliyati natijasida yuzaga kelgan holatdan kelib chiqqan holda o‘ziga mos keladigan strategiyani tanlashi mumkin.

*TQM ni elementlar bo‘yicha tadbiq etish strategiyasi.* Bu strategiyani qo‘llash asosiy biznes jarayonlar va bo‘limlar faoliyatini yaxshilash uchun sifatni boshqarishdagi turli vositalarni qo‘llashni nazarda tutadi.

Bu strategiya aksariyat hollarda tashkilotlar tomonidan alohida qismlar uchun TQM falsafasini tadbiiq etish uchun qo'llaniladi. Bunday vositalarni qo'llashga sifat aylanasi, jarayonlarni statistik boshqaruvi, Taguti metodi, sifat funksiyalarini kengaytirish («sifat uyi») kabilar misol bo'la oladi.

*TQM nazariyasini qo'llash strategiyasi.* Bu strategiya Deming, Krosbilar kabi sifat menejmenti mutaxassislari tomonidan ishlab chiqilgan TQM ilovalarini amaliyotga joriy etishga asoslanadi. Tashkilot mazkur mutaxassislar tomonidan ishlab chiqarilgan nazariya va tamoyillar bo'yicha qanday kamchiliklar mavjudligini o'rganib chiqadi. So'ngra bu kamchiliklarni bartaraf etish bo'yicha ishlar amalga oshiriladi. Bu strategiyaga tayanib TQM ni amaliyotga joriy etishga misol qilib, «Demingning 14 bandi» va «7 og'ir kasallik» yoki Djuranning «sifat triadasi» kabilarni keltirish mumkin.

*Solishtirish uchun qo'llash strategiyasi (benchmarking).* Bu variantda korxonada maxsus xodimlari TQM ni tadbiiq qilish bo'yicha ilg'or bo'lib kelayotgan korxonalarda tadqiqot olib boradi, ularning jarayonlarini va yutuqlarga erishish omillarini o'rganadi. Ega bo'lgan ma'lumotlar asosida tashkilot menejmenti o'z faoliyati sharoitlariga mos tarzda boshqaruv modelini ishlab chiqadi.

*Sifat bo'yicha mezonlarni qo'llash.* TQM asosida sifat tizimlarini ishlab chiqishda turli mezonlardan foydalaniladi. Bu mezonlar o'z faoliyatida yaxshilash hududini aniqlash uchun foydalaniladi. Misol uchun Deming mezoni, Yevropa sifat baholash tizimi (EFQM) va shu kabilarni keltirish mumkin.

### **TQM ni qo'llash metodologiyasi**

Har bir korxonada boshqarish amaliyoti madaniyati, boshqarish siyosati, xizmat ko'rsatish yoki ishlab chiqarish bilan bog'liq jarayondarda o'ziga xos hisoblanadi. Shu sababli TQM tadbiiq etish bo'yicha yagona yondashuv mavjud emas. U korxonadan korxonaga o'tgani sari o'zgarib boradi.

Shunday bo'lsa ham, TQMni tadbiiq etish metodologiyasi bo'yicha bir qancha asosiy elementlar mavjud:

1. Rahbariyat TQM ni o'rganib chiqishi, TQM falsafasi asosida qaror qabul qilishi lozim. TQM falsafasi tashkilot faoliyati strategiyasining ajralmas qismi bo'lib qolishi kerak.

2. Tashkilot o'z faoliyatining mavjud madaniyati darajasini, mijozlarning qoniqish darajasini, sifatni boshqarish tizimi holatini baholashi kerak.

3. Rahbariyat faoliyatdagi asosiy tamoyillar va imtiyozlarni belgilab olishi, ularni korxonaning barcha xodimlariga yetkazishi lozim.

4. TQM falsafasini tadbiiq etishning strategik rejasini ishlab chiqish zarur.

5. Tashkilot iste'molchilarning imtiyozli talablarini e'tiborga olishi lozim, va bu talablardan kelib chiqqan holda, o'z mahsulotlari va xizmatlarini taqdim etishi kerak.

6. Iste'molchilar talabini qondirish uchun bajariladigan jarayonlar xaritasini tuzib chiqish kerak.

7. Rahbariyat jarayonlarni yaxshilash bo'yicha guruhni yaratishi va ishlashini ta'minlashi lozim.

8. Jarayonlarni mukammallashtirish uchun o'z-o'zini boshqaradigan guruhning mavjud bo'lishi uchun turtki bermog'i zarur.

9. Barcha pog'onadagi rahbarlar TQM falsafasini tadbiiq etishi bo'yicha o'zlari namuna bo'lishlari kerak.

10. Kundalik biznes jarayonlarni boshqarishning uzluksizligini va normallashtirishga alohida e'tibor qaratmoq kerak. Normallashtirish deb jarayonlarni belgilangan talablardan kichik og'ishlar bilan barqaror amalga oshirish tushuniladi.

11. Tashkilot faoliyatida TQM falsafasini joriy etish bo'yicha jarayonlarni doimiy baholash va talablar o'zgargan taqdirda, ularni to'g'irlash va baholash zarur.

12. Personalga jarayondagi o'zgarishlar haqida ma'lumot berish va faoliyatni yaxshilash bo'yicha ulardan taklif olishni rag'batlantirish.

### **TQM ni tadbiiq etish muammolari**

TQM falsafasini tashkilot faoliyatiga tadbiiq etishda o'zgarishlarning samaradorligiga salbiy ta'sir o'tkazuvchi bir qancha

muammolar yuzaga keladi. Bunday umumiy muammolar qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin:

Rahbariyat tomonidan ishga jalb etilmaganligi. Bu holatda rahbariyat TQM ni e'tiborga oladi, biroq amalda sifatni yaxshilash bo'yicha bu falsafaga zid harakat qiladi. Bu xodimlarda TQM samaradorligi haqida noto'g'ri tushuncha paydo bo'lishiga olib keladi.

TQM tamoyillarini yana bir bor tadbiq etish jarayoni esa yanada murakkablashib boradi.

TQMni vaqtincha yuqori daromad olish vositasi sifatida foydalanish kerak emas, balki maqsadga erishish uchun rahbariyat aniq va doimiy ravishda TQM ni tadbiq etishning ijobiy tomonlari, ularni ketma-ket tadbiq etish haqida axborot berishi kerak.

Tashkilot madaniyati o'zgarishining mavjud emasligi. Tashkiliy madaniyatni o'zgartirish uzoq muddatli, hamda murakkab jarayondir.

Aksarit hollarda personal tashkiliy faoliyat madaniyatini o'zgartirishga shubha bilan qaraydi va ko'plar o'z ishini o'zgartirishni xohlamaydi.

Shu sababli faoliyatida o'zgarishni kiritishga turtki kam bo'lgan taqdirda TQM ni tadbiq etish xodimlarda salbiy munosabatni shakllantiradi.

O'zgarishlarga yomon tayyorgarlik ko'rish va TQM ni tadbiq etishdan avval rahbariyat personalga TQM ning ijobiy tomonlari haqida o'z qarashlarini yetkazishi, qo'llashning maqsad va vazifalarini yetkazishi lozim. Agar bunday tayyorgarlik choralari ko'rilmasa, bo'ladigan o'zgarishlar uchun ishonch bo'lmaydi.

Obyektiv axborot va ma'lumotlarning mavjud emasligi. TQM ni tadbiq etishda qaror qabul qilish uchun obyektiv ma'lumotlarga e'tibor qaratmoq lozim. TQM ni tadbiq etish va qo'llab-quvvatlash uchun ma'lumotlarni o'z vaqtida to'plash va tahlil qilish lozim.

Agar axborotlar yetarli bo'lmasa, yoki ular doimiy tarzda olinmasa, to'g'ri qaror qabul qilish qiyinlashadi va natijada bu TQM ni tadbiq etishni to'xtatilishiga olib kelishi mumkin. Yuqorida keltirib o'tilganlardan tashqari TQM ni tadbiq etishda ko'pincha boshqa muammolar ham yuzaga keladi.

#### **1.4. SLMni tashkil etish tamoyillari, me'yoriy ta'minlanishi**

Aloqa xizmatlariga talablar keskin oshgan hozirgi aloqa xizmatlar bozorida aloqa operatorlarining asosiy e'tibori xizmatlarni kengaytirish va sifatni yaxshilashga qaratilgan. Ko'plab chet el davlatlarida xizmat sifatini ta'minlash bo'yicha talablarga telefon aloqa xizmatlari, universal xizmatlar, harakatlanuvchi aloqa xizmatlari va Internetga chiqishga oid xizmatlarga bo'lgan talablar kiradi.

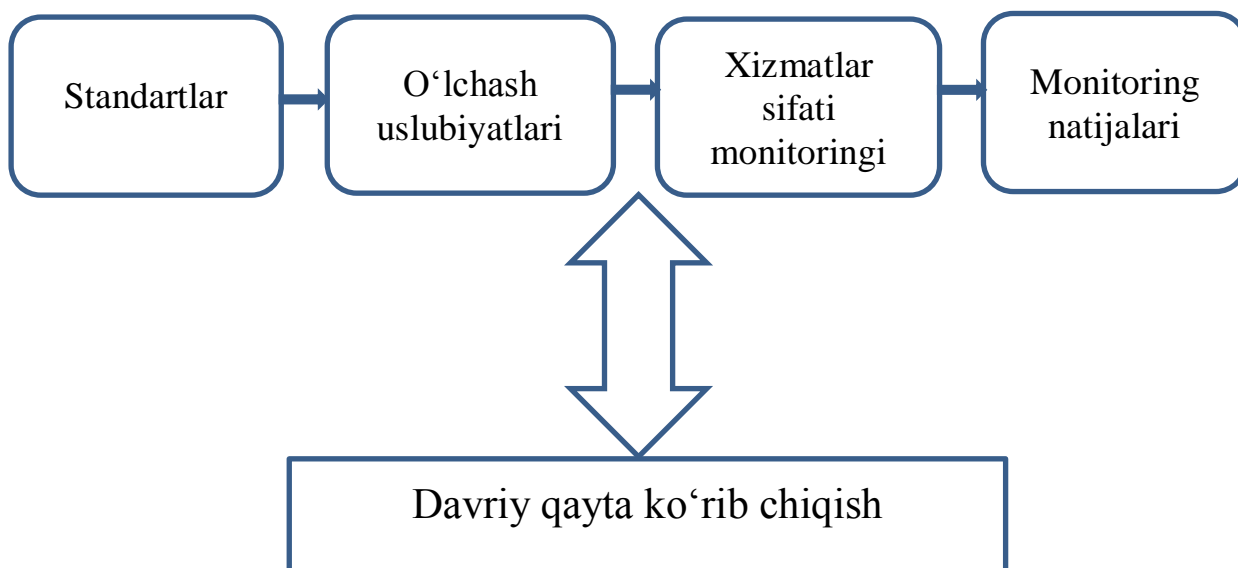
Belgilangan aloqa xizmatlar sifatiga bo'lgan talablarni qo'yilishi shu bilan izohlanadiki, telefon aloqa tarmoqlari tarixan telekommunikatsiya infratuzilmasi asosini tashkil etadi, shu bois ko'plab chet el davlatlarida aloqa operatorlariga nisbatan xizmatlar sifatini o'lchash va baholashning natijalarini chop etish bo'yicha talablar qo'yiladi.

Aloqa xizmatlari sifati monitoringining asosiy maqsadlari quyidagilardan iborat:

- telekommunikatsiya bozoridagi raqobatbardoshligi;
- o'tkazuvchi trafikning hajmi tobora oshib borayotgan sharoitda aloqa xizmatlar ko'rsatkichlarining nazorat qilinadigan miqdorlarini ta'minlash uchun aloqa tarmog'ini kengaytirish, modernizatsiya qilish zaruratini aniqlash;
- aloqa tarmog'i bilan qo'llab-quvvatlanayotgan aloqa xizmatlar sifatini o'lchash natijalarini chop etish yo'li bilan yangi abonentlarni jalb etish va amaldagi abonentlarning sodiqligini saqlash.

Jahon tajribasiga muvofiq aloqa xizmatlar sifatini ta'minlash vazifalari quyidagi tarzda o'z yechimini topadi (1.5-rasm).

1.5 - rasmdan ko'rinib turibdiki, aloqa xizmatlari sifat ko'rsatkichlarining ro'yxatiga nisbatan talablar ITU, ETSI, milliy standartlar, tarmoq standartlar va boshqa hujjatlar asosida xalqaro tashkilotlar standartlarida belgilanishi mumkin.



1.5-rasm. – Aloqa xizmatlari sifatini ta'minlash vazifalarining yechimi

Aloqa xizmatlari sifat ko'rsatkichlarini o'lchash uslubiyatlarini quyidagilarga bo'lish mumkin:

- aloqa tarmog'ining ishlab turishini tavsiflovchi ko'rsatkichlarni, masalan ulanishni o'rnatishning o'rtacha vaqtini, rad etilgan chaqiruvlarning soni, mavaffaqiyatli chaqiruvlarning ulushi, ulanish tezligi, radiosignal darajasi bo'yicha tarmoqdan foydalana olish, muvaffaqiyatli yetkazib berilgan SMS xabarlarining ulushi va hokazoni o'lchash uslubiyati;
- aloqa xizmatlaridan foydalanuvchilarning qanoatlanganlikka ta'sir etuvchi ko'rsatkichlarini, masalan, to'lovlarni hisoblash haqqoniyligi, hisobni taqdim etishda hatolarni o'lchash uslubiyati.

Aloqa xizmatlari sifati monitoringi ham statistik ma'lumotlar yoki nazorat o'lchovlariga, ham aloqa xizmatlaridan foydalanuvchilarning so'rovlar va ular tomonidan berilgan shikoyatlarni tahlil etish asoslariga tayanishi mumkin bo'lgan aloqa tarmog'iga o'lchovlar yo'li bilan amalga oshiriladi.

Aloqa xizmatlari sifati monitoringining natijalari quyidagilar hisoblanadi:

- boshqaruv organlarining Web-sayt, press-relizlardagi xabarlar;
- ommaviy axborot vositalardagi nashrlar;



- ma'muriy jarima solish;
- sudda ishni ko'rish.

Asosan ko'plab davlatlarda xizmatlar sifati monitoringi (har bir turdagi xizmatning monitoringiga nisbatan) quyidagi aloqa xizmatlariga oid keltiriladi:

- simli aloqa tarmog'i operatorlari;
- harakatlanuvchi aloqa tarmog'i operatorlari;
- bozorda munosib o'rinni egallab turgan aloqa operatorlari;
- universal aloqa xizmatlar operatorlari/foydalanish operatorlari;
- virtual aloqa tarmog'ining operatorlari;
- xizmatlarni yetkazib beruvchilar;

#### Xizmat sifatini boshqarish

Xizmat sifatini boshqaruvi biznes vakillari bilan sifatli xizmat maqsadini hujjatlashtiradi, bir-biriga moslaydi, to'g'iraydi va keyin tekshiradi, so'ng xizmat provayderini kelishilgan xizmat sifatini yetkazib bera olish qobiliyati haqida xabar berib turadi.

Xizmat sifatini boshqaruvi bu: har bir SLA va SLR doirasidagi moslashtirish va hujjatlashtirish xizmat sifati maqsadlari va mas'uliyatlarini o'z ichiga oluvchi AT uchun va AT dagi har bir faoliyat uchun o'ta muhim. Agar bu maqsadlar ma'qul bo'lsa va biznesning talablarini o'zida yaxshi aks ettirsa, unda xizmat provayderlari tomonidan yuborilgan xizmat biznes talablari bilan mos tushadi va mijozlar hamda foydalanuvchilar kutgan natijani beradi, bu esa ayni xizmat sifati deyiladi.

Xizmat sifatini boshqarish (Service Level Management, SLM)

- Masalalari
- Asosiy tamoyillari
- Faoliyat turlari
- Interfeyslari

#### Xizmat sifatini boshqarish masalalari:

- Xizmat sifatining mahokamasi, kelishuvi va hujjatlashtirilishi;
- Xizmat sifatini hisoblash, xisobot berish tartibi va takomillashtirilishi;
- Biznes va buyurtmachi bilan o'zaro munosabat.

SLM jarayonining maqsadi bu foydalanish jarayonidagi barcha xizmat parametrlarini doimiy va malakaviy o'lanib turilishi hamda shu xizmatlar unumdorligini ta'minlashdan iborat, shu bilan birga biznes va buyurtmachining ehtiyojlariga ko'ra xizmat parametrlarining mos kelishini va bu xizmatlar bo'yicha hisobot berilib turilishini ta'minlashdan iborat.

Xizmat sifatini boshqarish jarayonining faoliyati taqdim etilgan barcha dolzarb xizmatlar ularning mos maqsadli ko'rsatkichlarini ta'minlashga yo'naltirilgan, xamda rejalashtirilgan xizmatlarda kelishilgan va amalga oshira oladigan maqsadli sifat ko'rsatkichlarining mavjudligiga qaratilgan. Bundan tashqari, bu jarayon doirasida taqdim etiladigan xizmatlar sifatini ko'tarish bo'yicha ogohlantiruvchi chora-tadbirlar ishlab chiqiladi va tadbiriq etiladi.

SLM ning masalalari quyidagilar:

- Taqdim etiladigan xizmatlar sifatini aniqlash, hujjatlash, moslashtirish, kuzatish, hisoblash, hisobotlarni qabul qilish va qayta ko'rib chiqish;
- Biznes va buyurtmachilar bilan o'zaro munosabatni hamda ma'lumotlar almashinuv tizimini taqomillashtirish va ta'minlash;
- Barcha taqdim etiladigan xizmatlar uchun muayyan aniq va o'lanadigan maqsadli sifat ko'rsatkichlarini ishlab chiqish;
- Buyurtmachilar tomonidan taqdim etiladigan xizmatlardan qoniqish darajasini kuzatish va takomillashtirish;
- Taqdim etilayotgan xizmat sifatiga nisbatan AT va buyurtmachilarda kutilgan aniq natijalar mavjudligini aniqlash va uni ta'minlash;
- Taqdim etilayotgan xizmat sifatini oshirish bo'yicha iqtisodiy jihatdan asoslangan ogohlantiruvchi chora-tadbirlarni ishlab chiqish va tadbiriq qilish.

Xizmat sifatini boshqarish – asosiy tamoyillar:

SLM - bu rejalashtirish, muvofiqlashtrish, xizmat sifati bo'yicha Kelishuv tuzish (Service Level Agreement, SLA), uni umumlashtirish, bajarilishini nazorat qilish va hisobot olish bo'yicha jarayon bo'lib, shu

bilan birga iqtisodiy jihatdan foydali bo'lgan xizmatlar sifatini ko'llab-kuvvatlash va ularni bosqichma-bosqich yaxshilash uchun xizmatlar samaradorligini doimiy ravishda qayta ko'rib chiqishni o'z ichiga qamrab oladi. .

SLA esa – bu xizmatlar ta'minotchisi va buyurtmachi(lar) o'rtasidagi yozma kelishuv bo'lib, unda maqsadli xizmat ko'rsatkichlari va tomonlarning majburiyatlari belgilanadi. Bunday sharoitda urg'u kelishuv tuzishga yo'naltiriladi, va SLA tomonlardan biriga ustunlik berish yoki uning talablarini yuqori ko'yilishiga yo'l ko'ymasligi lozim.

Ammo SLM nafaqat xizmatlar va SLAni boshqarish bilan shug'ullanadi, balki biznes talabarini qondirish va talablarga mos kelish uchun yangi talablarni belgilashda, yangi va o'zgartirilgan xizmatlar va SLAni ishlab chiqishda ishtirok etadi.

SLA - bu xizmatlar ta'minotchisi va buyurtmachi o'rtasidagi aloqani boshqarish uchun asosdir, SLM esa biznes turlari yoki bo'limlari, buyurtmachilar guruxi uchun markaziy aloqa nuqtasidir.

Shu bilan birga SLM, SLA bo'yicha biznesda kelishilgan barcha maqsadli ko'rsatkichlar va hisoblash turlari, tashqi pudratchi va sheriklar bilan tuzilgan shartnomalar hamda ekspluatatsiya darajadagi mos fundamental kelishuvlar (Operational Level Agreements, OLA yoki ichki yordamchi bo'limlar bilan shartnomalar) tayanch vazifasini bajarishi uchun javobgar xisoblanadi.

OLA – bu xizmatlar ta'minotchisi va shu tashkilotning, o'sha xizmatlarni taqdim etadigan, kaysidir bo'limi o'rtasida tuzilgan kelishuvdir. Masalan, bu bo'lim sifatida sovetish tizimlariga xizmat ko'rsatish bo'yicha muxandislik ta'minoti bo'limi yoki tarmoqlarga xizmat ko'rsatuvchi yordamchi gurux bo'lishi mumkin.

OLA o'z ichiga SLA ko'rsatkichlarini bajarilishini, majburiyatiga kiradigan zaruriy ishlarni tegishli ravishda qilinmasligi natijasida sodir bo'lgan buzilishlarni oldini olishni ta'minlash kabi maqsadli ko'rsatkichlarini qamrab olishi lozim. Bularning xammasi, faoliyatda ishtirok etuvchi tashqi muassasalarning nazoratli jalb qilishni ta'minlaydigan Tashqi shartnomalarga (Underpinning Contracts, UC) ham kiradi.

SLM – xizmatlar sifati to‘g‘risidagi ko‘p bosqichli kelishuvlar:

*Xizmat sifatining SLAsi* - muayyan guruh buyurtmachilarga ko‘rsatiladigan, maxsus xizmatlarga taalluqli bo‘lgan, xizmat sifatini boshqarishning barcha jihatlarini qamrab oladi (SLA da kelishilgan har bir xizmat uchun).

*Buyurtmachining sifati yoki biznes-bo‘linmasining SLAsi* - qaysi xizmatdan foydalanishiga qaramasdan, ma‘lum guruh buyurtmachilari yoki biznes-bo‘linmalariga taalluqli bo‘lgan, xizmat sifatini boshqarishning barcha jihatlarini qamrab oladi.

*Korporativ darajadagi kelishuvlar* – tashkilotning barcha buyurtmachilari uchun umumiy bo‘lgan xizmat sifatini boshqarishning barcha jihatlarini qamrab oladi. Bu jihatlar, odatda, ancha barqarordir, shuning uchun tezkor o‘zgartirishlarni talab qilmaydi.

## **1.5. Sifatni baholash usullari, yondoshuvlari va SLA qo‘llanilishining amaliy masalalari**

### **SLA shablonlari va konfiguratsiyalari**

Ma‘lumki xizmatni ta‘minlovchi va foydalanuvchi o‘rtasidagi hamkorlik shartnoma asosida bo‘ladi. Mijoz va ta‘minotchi o‘rtasidagi shartnomada har doim ham ko‘rsatilgan xizmatlarning samaradorligiga bo‘lgan talabning aniq qiymatlari ko‘rsatilgan bo‘lmaydi. Odatda shartnomalarda jarayonlarga umumiy qaraladi. SHuning uchun ham shartnomaning Xizmat Darajasi haqidagi Kelishuv (Service Level Agreement, SLA) deb nom olgan turi mavjud. Bu shartnomada mijoz va ta‘minotchi ko‘rsatilayotgan xizmatning sifati haqida tarmoqning samaradorlik xarakteristikalaridan foydalangan holda sonli ko‘rsatkichlarda ifodalaydi. Har ikki tomon kelishuvga amal qilinayotganini nazorat qilishi uchun shartnomada qanday vaqt oralig‘ida tekshiruvlar olib borilishi va bu tekshiruv qanday o‘lchashlar bilan amalga oshirilishi ham ko‘rsatilishi kerak. Bu ta‘minotchi va mijoz o‘rtasida kelishuvni to‘g‘ri bajarilayotgani ustida kelishmovchiliklar bo‘lishini oldini olish maqsadida qilinadi.

SLA da quyidagilar ko‘rsatilishi shart:

1) seans davomidagi talab qilinadigan tezlik

- 2) oqimdagi paketlar yo‘l qo‘yadigan kechikish
- 3) oqimdagi paketlar yo‘qolishining yo‘l qo‘yadigan ehtimolligi
- 4) trafikning haqiqiy parametrlariga mos holdagi tekshiruv qoidasi
- 5) paketlar mashrutizatsiyasi uchun ma’lumotlar

Agar foydalanuvchi chuqur bilimga ega mutaxassis xizmatidan foydalana olmasa, u holda operator unga tanlash uchun xizmat ko‘rsatish sifatining standartlashgan sinfini taklif etadi (Class of Service, CoS).

Quyida foydalanuvchi va operator o‘rtasidagi xizmat ko‘rsatish sifati haqidagi kelishuvda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan parametrlar to‘plami ko‘rsatilgan:

- “Oxiridan oxirgacha” kechikish (end-to-end delay) - ma’lumotlar paketi shakllanganidan to foydalanuvchigacha etib borishi uchun ketadigan vaqt;
- Djitter (jitter)- paketlarni yana o‘sha ma’lumotlar oqimida uzatishdagi kechikishlarni o‘zgarish diapazoni
- bog‘lanishni o‘rnatishdagi kechikish (establishment delay) - foydalanuvchining bog‘lanishni o‘rnatilishini so‘rashi bilan provayderning tasdiqlashi o‘rtasidagi maksimal kechikish
- bog‘lanishni uzishdagi kechikish (release delay)- foydalanuvchining bog‘lanishni uzishni so‘rashi bilan provayderning tasdiqlashi o‘rtasidagi maksimal kechikish;
- pikli o‘tkazuvchanlik qobiliyati (Peak-rate throughput) - birlik vaqt ichida qo‘llanma yuborishi mumkin bo‘lgan maksimal paketlar soni
- normal o‘tkazish qobiliyati (Statistical throughput) - birlik vaqt ichida qo‘llanmani yuborishi shart bo‘lgan o‘rtacha paketlar soni
- yo‘qotishlar koeffitsienti (Loss ratio) yo‘qolgan paketlar sonining uzatilgan paketlar soniga nisbati
- imtiyoz – seanslarga xizmat ko‘rsatish navbatini aniqlaydi;
- qiymat – tarmoq ulanishining ruxsat etilgan maksimal qiymatini aniqlaydi.

Xizmat ko‘rsatish sifati bo‘yicha operator tarmog‘iga bo‘lgan talablar.

E2E QoS mustahkamligi eng zaif qismlari mustahkamligiga bog'liq zanjirni tashkil etadi. SHuning uchun foydalanuvchilar uchun talabga javob beruvchi xizmat ko'rsatish darajasini ta'minlaydigan operatorni topish juda muhim. Masalan, nutq va video uzatuvlariga bo'lgan talab to'liq xizmat ko'rsatish darajasiga bo'lgan quyidagi talablarni belgilaydi:

- paketlar yo'qolishi 1% dan oshmasligi;
- bir tomonlama kechikish 150 ms dan oshmasligi; (G.114 standartiga muvofiq)
- kechikishlar o'zgarishi 30 ms dan oshmasligi kerak.

Operator tashkil qiluvchilari bundan kam bo'lishi kerak. Cisco Powered Multiservice Networks uchun SLA parametrlari quyidagicha:

- paketlar yo'qolishi 0.5% dan oshmasligi;
- bir tomonlama eng chetki qurilmalar orasidagi kechikish 60 ms dan oshmasligi;
- kechikishlar o'zgarishi 20 ms dan oshmasligi kerak.

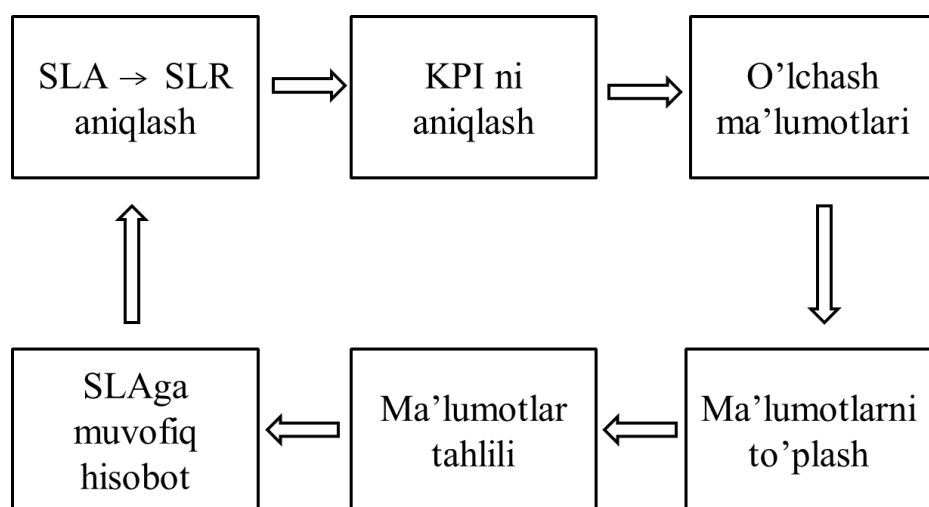
Xizmat sifatini ta'minlash jarayoni yuqori darajali murakkablikka ega. Bu foydalanuvchi baholagan sifat ko'rsatkichlari (QoS) bilan tarmoqning unumdorlik ko'rsatkichlari (NP) orasida bir xil moslikni o'rnatish zarurligi bilan bog'liq. Foydalanuvchilar ko'rsatilgan xizmatni o'zlari tushunmaydigan qandaydir parametrlar yig'indisi sifatida emas balki integral ko'rinishda baholashadi. Aloqa tarmoqlari operatorlari (xizmat provayderlari) foydalanuvchilar nuqati nazari bilan ko'rsatilgan xizmat sifati xarakteristikalarini kelishuvi usuliga ehtiyoj sezadi (2.2-rasm). SHuning uchun ham SLA ni shakllantirish o'ta muhim masaladir. Xizmat provayderi foydalanuvchiga xizmat sifatining talab etilgan darajasi quvvatlanayotganini isbotlaydigan xisobotlarni yetkazish imkoniga ega bo'lishi kerak. SHunday qilib, SLA provayderning eng qimmat turuvchi xizmatlarni ham taqdim etishda yuqori sifatni ta'minlashga qodir ekaniga foydalanuvchini ishontirishga imkon beradi. Bilamizki har bir foydalanuvchi xizmat sifatini o'ziga mos baholaydi, shuning uchun ham operator (provayder) xizmat mosligiga, xizmat narxiga va ishlab chiqarishning turli sathlariga asoslangan holda SLA ni shakllantirishga individual yondashishi kerak.

Provayder quyidagi ko'rsatkichlar uchun o'rnatilgan normativ va ko'rsatkichlarni o'z ichiga olgan SLAni taklif eta oladi:

- amalga oshmagan qo'ng'iroq foizi oyiga  $< 1\%$  tarmoq resurslari etishmasligi tufayli,
- belgilangan yo'nalishda qo'ng'iroqlarni rad etish foizi oyiga  $< 2\%$ .

Foydalanuvchi xizmat ko'rsatish sifat ko'rsatkichlarini bajarilishini ta'minlash uchun tarmoqni shakllantirishda anchagina parametrlar sonini monitoringi va ular bilan boshqarish protseduralarining o'tkazilishi talab etiladi.

Aloqa operatorlari SLA bajarilishini ta'minlovchi maxsuslashtirilgan boshqaruv tizimlariga ehtiyoj sezadi. Bunday tizimlar tarmoq ishlashini xarakterlovchi parametrlarni ishlab chiqishni, yig'ishni va ularni SLA da ko'rsatilgan qiymatlari bilan solishtirishni, foydalanuvchilarga taqdim etiladigan shartnomalar bajarilishi haqidagi hisobotlarni ta'minlaydi.



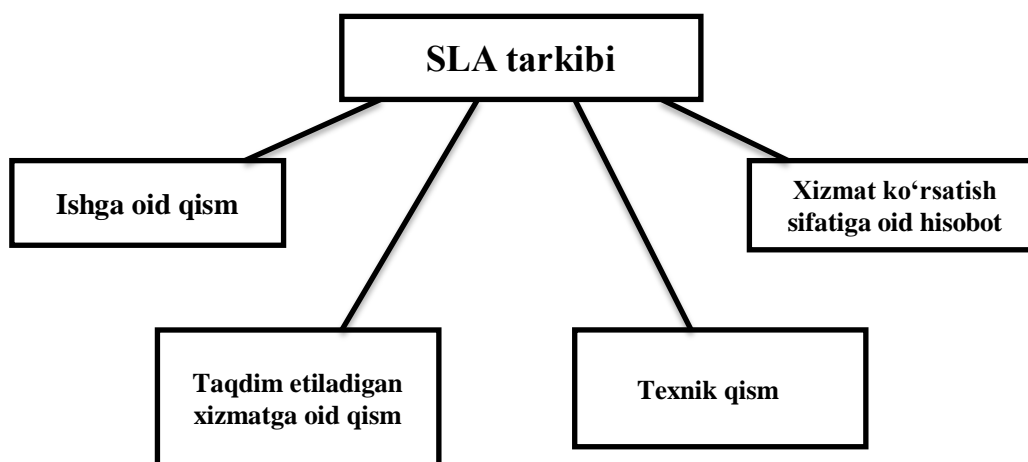
1.6-rasm. SLA ga muvofiq ma'lumotlar almashuvi jarayoni

ITU-T M.3342 tavsiyasida SLA shablonlarini belgilash bo'yicha ko'rsatmalar berilgan. Unda SLA ni taqdim etish shablonlari (SLA representation templates) bu belgilangan xizmat uchun SLA ni taqdim etish formati va standartlashgan usuli ekani belgilangan. SHablon bir nechta yo'naltirilgan formalar (proformalar)dan tashkil topgan, ularda belgilangan xizmat ko'rsatish bo'yicha SLA ning tarkibi keltirilgan.

Unda SLA maqsadini tashkil etish usuli va strukturasi ko'rsatilgan. Biror xizmat uchun aniq ma'lumotlar yordamida SLA shablonlarini to'ldirish bilan ular SLA ning haqiqiy nusxasiga aylanadi. SLA – bu mijoz xizmatdan qoniqishining uzoq muddatli kafolatidir. SLA bo'yicha muzokaralarning soddalashuvi va shartnoma xulosasining standartlashgan jarayoni mijozni ham ta'minotchini ham bir xilda qiziqtiradi. SLA taqdim etish shablonlarini belgilash bo'yicha ko'rsatmalar (Guideline for the definition of SLA representation templates, GDSRT) bu ma'lum xizmat turini bajarishda SLA tarkibini qanday taqdim etish va uni tashkil etish mumkinligini aniqlashtiradigan va o'rgatadigan xarakterdagi ko'rsatmalardir. GDSRT o'z ichiga SLA taqdim etish umumiy shablonlarini qat'iy belgilash va ifodalashlar (formulirovka) asosi bo'lgan rahbar ko'rsatmalar yig'indisini oladi. TMF GB917-3 spetsifikatsiyada SLA quyidagi ma'lumotlardan tashkil topishi mumkin deb belgilangan:

- Kontakt rekvizitlar;
- Taqdim etiladigan xizmatlar;
- Tizimni loyihalash ma'lumotlari;
- Yordamchi qurilmalar;
- Xizmatni taqdim etish darajasi va xizmat ko'rsatish sifati;
- Nazorat va hisobot berish;
- Xizmat ko'rsatish markazi;
- Xizmat ta'minotchisi amalga oshiradigan favqulotda holatlarda qayta tiklash va zahiraviy nusxalash mexanizmlari;
- Shartlar;
- Tarmoq zamonaviylashuvi (modernizatsiyasi) va uzatishning takomillashuvi;
- O'zgartirish tartibi;
- Xizmat buzilishi va zararni qoplash;
- Tariflar va hisobni yozish;
- Xizmatni tugashi;





1.7-rasm. SLA tarkibining asosiy tuzilishi

1.7-rasmda SLA ning tarkibining taqdim etiladigan xizmat turidan qat'iy nazar asos tuzilishi ifodalangan. Yuqorida keltirilgan SLA ning tarkibiy qismlarini 4 ta qismga bo'lib tasniflash mumkin:

1) Ishga oid qism.

Bu qismda xizmat ta'minotchisi tomonidan mijozga ko'rsatiladigan xizmatga doir umumiy biznes-axborot va ish jarayonlarining tartibi bayoni beriladi. U o'z ichiga kontakt axborotlari, umumiy shartlar, kompyuter yordami xizmati ("ma'lumotlar stoli"), xizmat shartlari buzilganda bajariladigan tartiblar, xizmatga ko'rsatiladigan hisob kitobga doir ma'lumotlar va b. Yuqorida keltirilgan qismlardan quyidagilarni o'z ichiga qamrab oladi:

- Kontakt rekvizitlar
- Xizmat ko'rsatish markazi
- Shartlar
- O'zgartirish tartibi
- Xizmat buzilishi va zararni qoplash
- Tariflar va hisobni yozish
- Xizmatni tugashi

2) Taqdim etiladigan xizmatga oid qism.

Bu qismda mijozga taqdim etiladigan xizmat haqidagi batafsil ma'lumot beriladi. Unda shartnomada ko'rsatilgan xizmat tarkibi va uni taqdim etishning kelishilgan darajasi ifodalangan. Bu qismga quyidagi vazifalar kiradi:

- Taqdim etiladigan xizmatlar

- Xizmatni taqdim etish darajasi va xizmat ko‘rsatish sifati

### 3) Texnik qism.

Bu qismda xizmat ko‘rsatish sifati parametrlari haqida batafsil ma’umotlar, xarakteristikalar va texnik quvvatlash infrastrukturasini, masalan yordamchi qurilmalar, tizimni loyihalashga oid ma’lumotlar va b. ko‘rsatiladi. Unda quyidagi vazifalar keltiriladi:

- Xizmat ko‘rsatish sifati parametrlari;
- Tizimni loyihalash ma’lumotlari;
- Yordamchi qurilmalar;
- Tarmoq zamonaviylashuvi (modernizatsiyasi) va uzatishning takomillashuvi;
- Xizmat ta’minotchisi amalga oshiradigan favqulotda holatlarda qayta tiklash va zahiraviy nusxalash mexanizmlari;

### 4) Xizmat ko‘rsatish sifatiga oid hisobot.

Bu qismda SLA da keltirilgan, mijoz va xizmat ta’minotchisiga xizmat darajasini baholash uchun xizmat ko‘rsatish sifatiga doir hisobotga kiruvchi ma’lumotlar o‘z aksini topadi. U quyidagi vazifadan tashkil topgan: **Nazorat va hisobot berish**

### **End-to-End QoS ga oid usullar va yondashuvlar**

QoS parametrlari va o‘lchovlari aniq xizmat uchun alohida ko‘rib chiqilishi kerak. QoS o‘lchovlari End-to-End aloqa uchun aniqlanishi kerak, bunda oxirgi nuqtalar foydalanuvchi terminallari ulangan nuqtalardir. QoS parametrlari va o‘lchovlari mijozga tushunarli bo‘lgan atamalarda berilishi kerak. Bundan tashqari bu o‘lchov va parametrlar zarur holatlarda sanoatda qo‘llash uchun texnik atamalarda ifodalanishi ham mumkin. QoS parametrlar tanlovi - aslida QoS parametrlar majmui turli telekommunikatsiya xizmatlaridan foydalanuvchilarga tushunarli qilib shakllantiriladi. Shunday bo‘lsa ham turli sharoitlarda bu parametrlarning kichik bir guruhlari tanlanadi. Misol uchun chaqiriqni o‘rnatish vaqti butun analog tarmoqlarida qo‘llanilishi mumkin-u, lekin butun raqamli tarmoqlarga qo‘llanmasligi mumkin. Demak, QoS parametrlarini qo‘llashdan manfaatli bo‘lgan tarmoq operatorlari, xizmat ta’minotchilari, boshqaruv organlari, mijoz va foydalanuvchilar ikkinchi tomon bilan ularning sharoitida aynan qaysi parametrlardan foydalanishi

zarurligini kelishib olishadi. Bu kelishuvda quyidagilarni e'tiborga olish kerak:

- aniq maqsad, ya'ni parametr qaysi aniq maqsadda qo'llanilishi;
- sifat va ish xarakteristikalari, ya'ni zamonaviy texnologiyalar foydalanuvchilari kutadigan sifat va ish xarakteristikalari;
- foydalanuvchi nuqtai nazaridan parametrning muhimligi va foydaliligi;
- daraja, ya'ni ish xarakteristikalarini aniq taqqoslashni ta'minlaydigan parametrlar darajasi;
- narx va resurs, ya'ni har bir parametrni o'lchash va shunga muvofiq

xisobotni taqdim etishda zarur bo'ladigan resurs va narx.

Yuqoridagi aspektlar aniq maqsad uchun qaysi parametrlar va qancha miqdordagi parametrlar tanlanishi kerakligini aniqlab beradi. Tomonlar o'z ehtiyojidan kelib chiqqan holda QoS parametrlar majmuini tuzishi mumkinligiga qaramay, ular xalqaro darajaga mos parametrlarni qo'llash va foydalanishga intilishi kerak.

QoS parametrlarini umumiy qo'llash telekommunikatsiya xizmatlarini monitoringi va sifatning nazorat ko'rsatkichi/maqsadi bajarilishini har tomonlama tekshirishda aks etadi. Foydali va muhim sifat ko'rsatkichlarini o'rnatishda bir tomondan bu parametrlarni qo'llash sohasi va texnik imkoniyatlari ikkinchi tomondan bu parametrlarni o'lchashda zarur bo'lgan resurslar va o'lchashlarning narxini e'tiborga olish kerak. QoS parametrlarini aniqlashdan oldin qaysi QoS parametrlari foydalanuvchilar uchun eng zarur ekanini aniqlash kerak. Shu maqsadda 3 ta yondashuv taqdim etiladi (1.4 va 1.5-jadval, 1.8-rasm).

Bu yondashuvlarning asosida jadval va matritsalaridan foydalanish yotadi. Bu matritsa va jadvallarning har bir qismini to'ldirish bilan sifat o'lchovi aniqlanadi va xizmatning funksional elementlari bo'yicha taqsimlanadi. Maqsad - xizmat ko'rsatish sifatiga ta'sir etishi mumkin bo'lgan barcha eng muhim (aktual) aspektlarning ro'yxatini tuzish. Bu yondashuvlarni turli usullar bilan qo'llash mumkin, masalan, mutaxassis bilan konsultatsiya olib borish, so'rov varaqalarini to'ldirish, shaxsan

yoki telefon orqali so'rovlar o'tkazish, shikoyatlarni yoki aniq bir holatni tekshirish natijalarini analiz qilish kabilar. Birinchi yondashuv (universal yondashuv) QoS o'lchovlari guruhlanadigan kategoriyalarni butunligicha tasvirlaydi. Ikkinchi yondashuv (ishchi xarakteristikalari yondashuvi) asosan an'anaviy tarmoq va simsiz tarmoq asosida taqdim etiladigan xizmatlarga qo'llaniladi. Uchinchi yondashuv (to'rt qismli yondashuv) ko'proq IP tarmoqlar orqali taqdim etiladigan multimedia xizmatlarida foydalaniladi.

#### *Universal yondashuv*

Bu yondashuv ham umumiy ham konseptual hisoblanadi. Bunga muvofiq barcha QoS o'lchovlari 4 ta kategoriya bo'yicha guruhlanadi: ish xarakteristikalari, estetik kategoriya, namoyish (taqdim etish) kategoriyasi va etika kategoriya. Xizmatni muhim, aniqlangan funksional elementlarga bo'lish shuni ko'rsatadiki, QoS o'lchovlari tashkil etilgan matritsaning har bir yacheykasidan olinishi mumkin. Maqsad strukturali yondashuvni ta'minlashdan iborat va unda ko'rib chiqilgan shablon maqsadga erishishda yordam berishi kerak. Xizmatning har bir funksional elementi sifatning 4 ta oldindan aniqlangan o'lchovi va komponenti bilan kesishadi. 'Y' o'qi bo'ylab funksional elementning belgilangan ro'yxati mavjud emas, chunki elementlar xarakteri va miqdori tekshirilayotgan xizmatga bog'liq va bir xizmatdan boshqasiga o'tganda o'zgarishi mumkin. Funksional elementlar hamma muhim aniqlangan xizmat komponentlarini o'z ichiga oladi, bunda ularning yig'indisi xizmatning barcha funksional aspektlarni qamrab oladi. Aslida bu elementlar xizmatni taqdim etishni boshidan oxirigacha bo'lgan vaqtni o'z ichiga qamrab oladi.

Bu matritsani har bir yacheykasini to'ldirish bilan xizmat sifati o'lchovini aniqlash mumkin. Bitta funksional elementni bir necha ustunlarda ko'rib chiqish mumkin. Har bir element uchun hamma yacheykalarni to'ldirish shart emas. Natijada bu yondashuvni qo'llash bilan telekommunikatsiya xizmatlarining funksional elementlari ro'yxati va ularga mos sifat o'lchovlari yaratiladi. Keyinchalik zarur bo'lganda ular dastlabki qiymatlarni taqdim etish uchun tegishli o'lchov birliklari yoki parametrlari etib beligilanishi mumkin.

## Universal yondashuv

Funksional elementlar	Sifat o'lovleri va komponentlari			
	Ishchi xarakteristikallari o'lovleri	Estetik mulohaza	Taqdim etish jihatlari	Etika jihatlari
1. ....				
2. ....				
3. ....				
4. ....				
.....				

Ishchi xarakteristikallari o'lovleri: odatdagi telekommunikatsiya xizmatlarining texnik va ekspluatatsion elementlarini qamrab olgan o'lovlar. Bu o'lovlar berilgan elementlarni qanday ishlashini ya'ni kutilgan natijalarni va ish rejimini ta'minlayotganini baholash uchun foydalaniladi. Ish xarakteristikallari son qiymatli yo sifatli yoki ularning birikmasidan tashkil topgan bo'lishi mumkin. Estetik mulohaza: foydalanuvchi va telekommunikatsiya mahsulot/xizmati orasidagi o'zaro munosabatning oddiyligi bilan bog'liq fikr va o'lov hamda mahsulot/xizmatning foydalanuvchi tomonidan sezgilar orqali (sensual) idrok etilishi. Estetik o'lovlarga misol qilib ergonomik faktorlar, soddalik, funkcionallik va dizaynning tushunarligi, resurslardan optimal foydalanish, uslub va hokazo. Ishchi xarakteristikallari bilan taqqoslaganda sifatning estetik o'lovlari kam darajada sonli bo'ladi, ular obyektning tushunarligini belgilashda muhim rol o'ynaydi. Topshirish (taqdimlash) aspektlari: xizmat bozorda qanday sotilayotgani yoki mijozga qanday taqdim etilayotganini belgilovchi o'lovlar. Xizmat topshirish (taqdimlash) aspektlariga misol qilib obyektning foydalanuvchiga taqdim etishda rasmiylashtirish, hisoblarni individualizatsiyalash, tarif paketlari/variantlari va boshqalar. Etika aspektlar: Xizmat yoki mahsulot foydalanuvchiga qanday taklif etilayotganiga tegishli o'lovlar.

### *Ishchi xarakteristikolari yondashuvi*

Bu yondashuv telekommunikatsiya xizmatlari ish xarakteristikolari o‘lchovini belgilashda yuqori darajada to‘g‘ri keladi. Maqsad ish xarakteristikolari aspektlari to‘la analizini amalga oshirish uchun strukturali yondashishni ta‘minlashdan iborat. Bu model shunisi bilan foydaliki, uning yordamida aniqlangan sifat o‘lchovlari QoS parametrlariga oson o‘zgartirilishi mumkin, bu esa batafsil tekshirish (detalizatsiya) hamda tarmoqning ish xarakteristikolari parametrlarini va boshqaruv funksiyalarini aniq tushunishni ta‘minlaydi. Shunday qilib, QoS parametrlarini o‘lchash usullari va belgilash hammaga tanish va tushunarli bo‘lgan atamalar (termin) yordamida ifodalanishi mumkin.

Bu model mohiyatan ‘Y’ o‘qi bo‘ylab xizmat doirasidagi funksiyalar ro‘yxati va ‘X’ o‘qi bo‘ylab sifat o‘lchovidan iborat matritsadir (1.5 - jadvalda ko‘rsatilgan).

1.5- jadval

### Ishchi xarakteristikolari yondashuvi

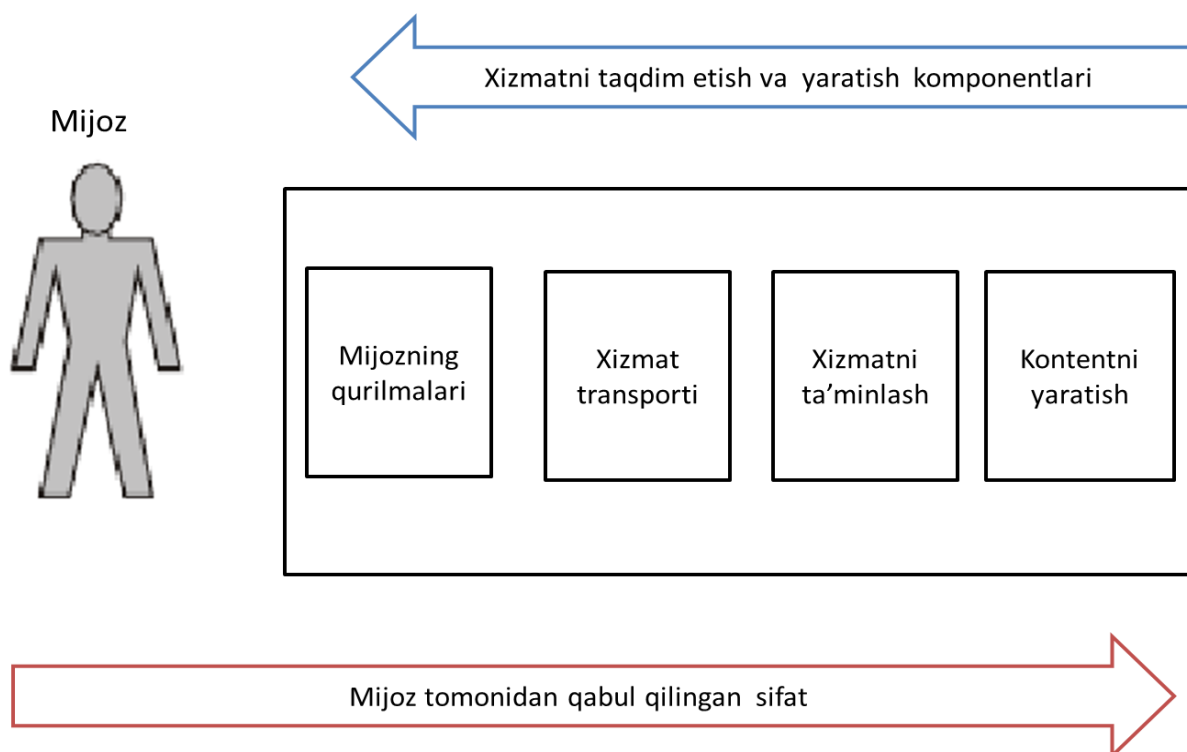
Xizmat doirasidagi funksiyalar		Xizmat sifati o‘lchovlari						
		Tezlik 1	Aniqlik 2	Tayyorlik 3	Ishonch lilik 4	Himoyalanganlik 5	Soddalik 6	Moslashuv chanlik 7
Xizmat boshqaruvi	Tarqatish faoliyati va shartnoma oldi tadbirlar 1							
	Ta‘minot 2							
	O‘zgartirish 3							
	Xizmatni quvvatlash 4							
	Ta‘mirlash 5							
	To‘xtatish 6							
Bog‘lanish sifati	Bog‘lanishni o‘rnatish 7							
	Ma‘lumot uzatish 8							
	Bog‘lanishni uzish 9							
Hisobning ko‘rsatilishi 10								
Mijoz tomonidan bajariladigan tarmoq/xizmat boshqaruvi 11								

Xizmat doirasidagi funksiyalar bu – xizmat ish xarakteristikalarining eng zarur belgilangan elementlari bo‘lib, ularning yig‘indisi keng qamrovlidir. Xizmat doirasidagi har bir funksiya uchun matritsaning yacheykasidan o‘tganda sifat o‘lchovining qo‘llangan tipini belgilashi mumkin. Bu.

#### *To‘rt qismli yondashuv*

Bu yondashuv asosan multimedia xizmatlari uchun qo‘llaniladi, unda transport sathi bilan xizmatlar sathi orasidagi bo‘linish hisobga olinadi. Bu multimedia xizmatlarini ta‘minlash amallarining kompleksi bo‘lib, u o‘z ichiga kontent yaratish, xizmatni boshqarish, yetkazish tarmog‘i va mijoz qurilmalarini qamrab oladi. Transport uchun, kontent va ta‘minlash uchun hamda oxirgi qurilmalarni berish uchun turli tomonlar javobgar bo‘lishi mumkin. Bu bilan umumiy xizmat ko‘rsatish sifati (foydalanuvchi tomonidan qabul qilingan) bir biriga bog‘liq bo‘lmagan holda ishlovchi turli elementlar yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Demak, bu turli elementlarning alohida tekshiruvlarini o‘tkazishga va unga mos sifat o‘lchovlarini belgilashga imkon beradigan model kerak bo‘ladi. Bunday yondashuv to‘rtta elementdan iborat to‘rttala bozor modeli hisoblanadi, bu to‘rt element xizmatning turli elementlaridan QoSga ta‘sir etuvchilarni ifodalashda foydalaniladi. Bu model berilgan xizmatga tegishli QoS o‘lchovlarini ancha sodda aniqlash va kategoriyalarga bo‘lishni ta‘minlaydi.

Telekommunikatsiyaning aniq bir xizmatiga nisbatan bu modelni qo‘llaganda to‘rtta komponentning har biriga alohida to‘xtalib sifat o‘lchovini belgilaydi. Barcha komponentlarni tekshirishning zaririyati yo‘q. Aspektlardan kelib chiqqan holda tekshirilayotgan xizmatning bir yoki undan ortiq komponentning sifat o‘lchovini aniqlash yetarli bo‘lishi mumkin.



1.8-rasm. To‘rt qismli yondashuvning umumiy tavsifi va to‘rtta komponenti

**Mijozning qurilmalari:** tarmoqqa hamda xizmatga ulanish uchun foydalanuvchiga zarur bo‘lgan barcha turdagi qurilmalar. Bunday qurilmalarni shaxsiy kompyuterlar, televizion qabul qilgichlar, videomagnitafon, modemlar tashkil etadi. Nafaqat apparat ta‘minoti balki qurilmalarni aniq ishlashi uchun zarur bo‘lgan dasturiy ta‘minotni ham hisobga olish kerak.

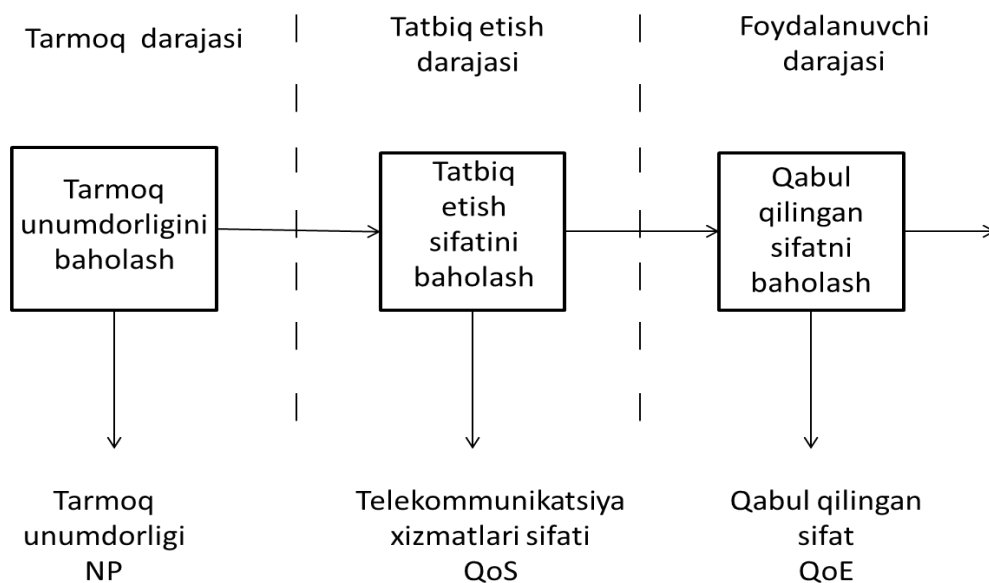
**Xizmat transporti:** telekommunikatsiya xizmatlarini tarqatishda foydalaniladigan barcha turdagi telekommunikatsiya tarmoqlari, bular yer yuzasidagi (simli va simsiz) va sun‘iy yo‘ldoshli tarmoqlar bo‘lishi mumkin.

**Xizmatni ta‘minlash:** telekommunikatsiya xizmatlarini boshqarish, taqdim etish va joylashtirish (tartiblash) bilan bog‘liq hamma funksiyalar va amallar.

**Kontentni yaratish:** telekommunikatsiya xizmatlari yordamida taqdim etiladigan kontentni joylashtirish, tarqatish va yaratish bilan bog‘liq barcha amallar.



E2E QoS baholashda sifatni ko‘rib chiqishning 3 ta darajasi 1.9-rasmda keltirilgan.



1.9-rasm. E2E QoS baholashda sifatni ko‘rib chiqishning 3 ta darajasi

1. Tarmoq darajasi unumdorligi (Network Performance - NP)
2. Telekommunikatsiya xizmatlari sifati (Quality of Service - QoS)
3. Iste‘molchi qabul qilgan xizmat sifati (Quality of Experience - QoE)

Xizmatlar sifati quyidagi xususiyatlarning yig‘indisi sifatida qaraladi:

- ta‘minlanganlik
- foydalanish qulayligi
- xizmat ko‘rsatish xavfsizligi
- hammaboplik
- uzluksizlik
- butunlik (foydalanuvchi ma‘lumotini tarmoq bo‘ylab uzatishda mos kelishi)

Ta‘minlanganlik – aloqa operatorining xizmatlar to‘plamini taqdim etish va foydalanuvchilarga ulardan foydalanishda yordam berish. Qo‘llashdagi qulaylik – xizmat ko‘rsatish xususiyati, foydalanishdagi soddalikdan iborat. Xavfsizlik – xizmat ko‘rsatishning ruxsat etilmagan kirishlardan, buzg‘unchi va noto‘g‘ri foydalanishlardan, atayin qilingan buzilishlardan, tabiiy ofatlardan himoya etilganlik.

Telekommunikatsiya tarmoqlari unumdorligi (Network Performance, NP) trafikka xizmat ko'rsatish unumdorligini xarakterlaydi. Telekommunikatsiya tarmog'i foydalanuvchisini tarmoq tuzilishi va kerakli xizmat qanday taqdim etilishi qiziqitirmaydi. U berilgan xizmatni shunga o'xshash boshqa xizmatlar bilan solishtirgan holda ichki sezgilari bilan baholaydi. Tarmoq unumdorlik xarakteristikalarini (NP) foydalanuvchilar o'rtasida aloqani ta'minlash qobiliyati kabi belgilangan. NP deganda o'lchash va hisoblash mumkin parametrlar yig'indisi tushuniladi. Tarmoq unumdorlik xarakteristikalarini avvalo tarmoq egasi tomonidan qo'llaniladi. Ular tizimni ishlab chiqishga, xalqaro va milliy tarmoqni loyihalashda, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatishga yo'naltirilgan. NP foydalanuvchi qabul qilgan xizmat ko'rsatish sifatini aniqlaydi, lekin doim ham foydalanuvchi nuqtai nazari bilan bu sifatni ifodalash imkoni yo'q.

Bunday tarmoq xarakteristikalarini quyidagilar bo'lishi mumkin: trafik, tarmoq doirasida chaqiriqlar bo'yicha, vaqt bo'yicha yo'qotishlar, aloqa yo'nalishidagi samarador chaqiriqlar koeffitsienti va boshqalar. Tarmoq qurish va loyihalash bosqichida QoS parametrlari foydalaniladi, lekin doim ham tarmoq bog'lanishlari xarakteristikalarini tasniflashda qo'llanilmaydi. QoS va NP o'rtasidagi o'zaro munosabat ko'rinib turibdi. QoS va NP o'rtasidagi farq esa 1.6-jadvalda berilgan.

1.6-jadval

QoS va NP o'rtasidagi farq

Xizmat ko'rsatish sifati (QoS)	Tarmoq unumdorlik xarakteristikalarini (NP)
Foydalanuvchiga yo'naltirilgan	Tarmoq operatoriga yo'naltirilgan
Xizmatning xususiyatlari bilan ifodalanadi	Bog'lanish elementlari xususiyatlari bilan ifodalanadi
Foydalanuvchi qabul qilgan effektga yo'naltirilgan	Ishlab chiqish, loyihalash, ekspluatatsiya va texnik xizmat ko'rsatishga yo'naltirilgan
Xizmatga kirish nuqtalarida yoki nuqtalari orasida o'chanadi	To'liq bog'lanish yoki bog'lanish elementlari imkoniyatini ifodalaydi

## **Xizmat va resurslarni mutanosibligi, sifat nazorati ko'rsatkichlarini aniqlash**

Sifat nazorat ko'rsatkichlari QoS parametrlar optimal darajasi va ish xarakteristikalarining minimal va maksimal chegarasini belgilashda qo'llaniladi. Har bir parametr uchun qandaydir etalon qiymat o'rnatilishi mumkin. Zarur parametrlarning funksional mosligi yoki xalqaro miqyosdagi taqqoslashlarda asosiy xizmatlar uchun umumqabul qilingan qiymatlardan foydalanish kerak. Sifat nazorati ko'rsatkichlari telekommunikatsiya xizmati sifatining odatdagi darajasi haqidagi hisobotini tuzishda, sifat bo'yicha majburiyatlarni bajarilishini tekshirishda yoki umumfoydalanishdagi xizmat sifati darajasini oshirishdagi asosiy ko'rsatkichlarni o'rnatishda qo'llanilishi mumkin. QoS parametrlari sifatga nisbatan foydalanuvchi talablariga mos bo'lishini hisobga olib, foydalanuvchi etalon qiymat tarkibini tushunishi va qabul qilingan sifat bilan etalon qiymatni solishtirish imkoniga ega bo'lishi kerak. Shunday qilib, qanday QoS parametrlari uchun sifat nazorat ko'rsatkichlarini o'rnatish kerakligini va ularni qanday aniqlashni hal qilishdan oldin, oxirgi foydalanuvchini o'rnida bo'lib ko'rish kerak. Qandaydir aniq xizmat uchun standart yoki tajribali yo'l bilan olingan etalon sifat mavjud emas, sifat nazorat ko'rsatkichlarini eng quyi darajasidan boshlab aniqlash kerak. Bu jarayon quyidagi bosqichlardan tashkil topgan:

- Tekshirilayotgan xizmatni tahlil qilish, sifat kriteriyalarini va QoS ning natijaviy parametrlarini aniqlash kerak. Mo'ljallangan maqsaddan kelib chiqqan holda asosiy qiymat deb hisoblangan QoS parametrlari yig'indisi aniqlanishi kerak.
- Ko'rilyotgan xizmat bajarilishi sifati haqida axborot yig'ish uchun o'lchash ma'lumotlarini yig'ish vaqt oralig'i aniqlanadi. Bu ma'lumotlar asosida sifat nazorat ko'rsatkichlari uchun ilk ta'sirini tashkil etish mumkin. Olingan axborot ishonchliligiga bog'liq biror shubha uyg'onmasligi uchun axborot to'plashning metodik asoslarini aniq belgilash kerak. Bu ayniqsa amalda bir nechta operatorlar bo'lganda juda muhim.

- Foydalanuvchining nuqtai nazarini ham inobatga olish kerak. Buning uchun xizmat sifatini foydalanuvchilar qanday qabul qilishini va ularning sifatga bo'lgan talablarini baholash maqsadida foydalanuvchilar o'rtasida so'rovlar o'tkazish kerak.
- Tartibga solish jarayonida to'plangan ma'lumotlar bo'yicha va so'rov natijalari bo'yicha olingan etalon qiymatlarini yakuniy sifat nazorati ko'rsatkichlariga birlashtirilishi kerak.

Asosiy (maqsadli) qiymatlar belgilangan muddat ichida xizmat sifati darajasini oshirish uchun aniqlanadi. Xizmatning qaysi jihati bo'yicha sifat darajasini oshirish zarurligidan kelib chiqib QoS ning aniq parametrlari uchun maqsadli qiymatlar o'rnatiladi. Asosiy qiymatlarni aniqlashda quyidagilarni hisobga olish kerak:

- Asosiy qiymatlar real bo'lishi kerak, xizmat ta'minotchi ko'rsatilgan muddat ichida sifatning keltirilgan darajasiga erishish imkoniyatiga ega bo'lsin. Har qanday sifat oshishi investitsiya va resurslarni jalb etilishiga bog'liq.
- Asosiy qiymatlar foydalanuvchi xohishiga yo'naltirilgan hamda QoS parametrlari uchun o'rnatiladigan qiymatlar foydalanuvchi uchun namuna bo'ladigan bo'lishi va sifatning foydalanuvchi uchun muhim jihatlariga taalluqli bo'lishi kerak. Foydalanuvchi sifatning pasaygani yoki ko'tarilganini oson payqashi kerak.
- Asosiy ko'rsatkichlar to'liq sonli qiymatlarda ifodalanadigan QoS parametrlariga asoslanadi, bu esa ularni to'g'ridan to'g'ri tekshirish imkonini beradi. Bu tarmoq ish xarakteristikalari ko'rsatkichlari yoki xizmatning ekspluatatsion jihatlariga bog'liq aniq belgilangan maqsadlar bo'lishi kerak, chunki asosiy ko'rsatkichlar oson tekshirilishi kerak.
- Asosiy ko'rsatkichlarni o'rnatishda xizmatlarning xilma xilligi hisobga olinishi kerak. Ma'lum sharoitga mos tushuvchi asosiy ko'rsatkichlar boshqa sharoitlarga mos kelmasligi mumkin. Agar asosiy ko'rsatkichlar katta hudud yoki ko'p mijozlar uchun taqdim etilsa bu xizmatning ichki xilma xilligini tahlil qilish kerak.
- Xizmatni joriy etish bosqichini hisobga olish zarur. O'tish bosqichidagi xizmatlarni amalda barqaror fazaga o'tgan boshqa

xizmatlar bilan solishtirish uchun boshqa tamoyil qo'llanilishi kerak. Bu yangi texnologiyani joriy etish yoki uni o'zgarishi (masalan, GSM ni WCDMA ga) hamda foydalanuvchilar sonining oshishi yoki infratuzilmaning kengayishi bo'lishi mumkin.

Nazorat ko'rsatkichlarining texnologik taraqqiyot va foydalanuvchi qabul qilishi bilan bog'liq o'zgarishlarga moslashishi hamda ularni maqsadga muvofiqligini tekshirish uchun bu qiymatlar doimiy asosda tekshirilishi zarur. Tekshiruvlar yordamida quyidagilarni nazorat qilish kerak:

- Sifat nazorati
- ko'rsatkichlari foydalanuvchilarning sifat bilan bog'liq qabul qilishi va ishonchini ifodalaydimi;
- Avval aniqlangan dastlabki sifat nazorat ko'rsatkichlari qo'llashga yaroqli bo'lib qoladimi
- Sifat nazorat ko'rsatkichlarini texnologik rivojlanish hisoblariga sozlash talab etiladimi;
- Qo'shimcha xizmat yoki xizmat elementlarini jalb etish uchun qo'shimcha sifat nazorat ko'rsatkichlari talab etiladimi;
- QoS ning asosiy parametrlari ko'rsatkichlari sifat nazorat ko'rsatkichlariga muvofiqmi
- Maqsadlar doim muhimligicha qoladimi, ya'ni asosiy qiymatlar doimiy ko'rib chiqilishi shart.
- Belgilangan asosiy qiymatlar xalqaro masshtabdagi ish xarakteristikalariga darajasiga to'g'ri keladimi
- Asosiy qiymatlar yoki parametrlarni baholash chastotasi o'rganilayotgan xizmat turiga va geografik joylashuviga muvofiqmi.

Sifat nazorat ko'rsatkichlarini sozlash umumiy holda o'zida sifat ta'minoti siyosatini boshqarish jarayonini mujassam etadi va u qaytuvchi axborot aloqasini qmrab oladi. Bu jarayon doirasida har bir xizmat xususiyati, sifat darajasini ta'minlashda parametrlar samaradorligi yoki sifat nazorat ko'rsatkichlari, mijozning ishonchi va xizmat ta'minotchisi taqdim etgan axborotlar hisobga olinishi kerak.

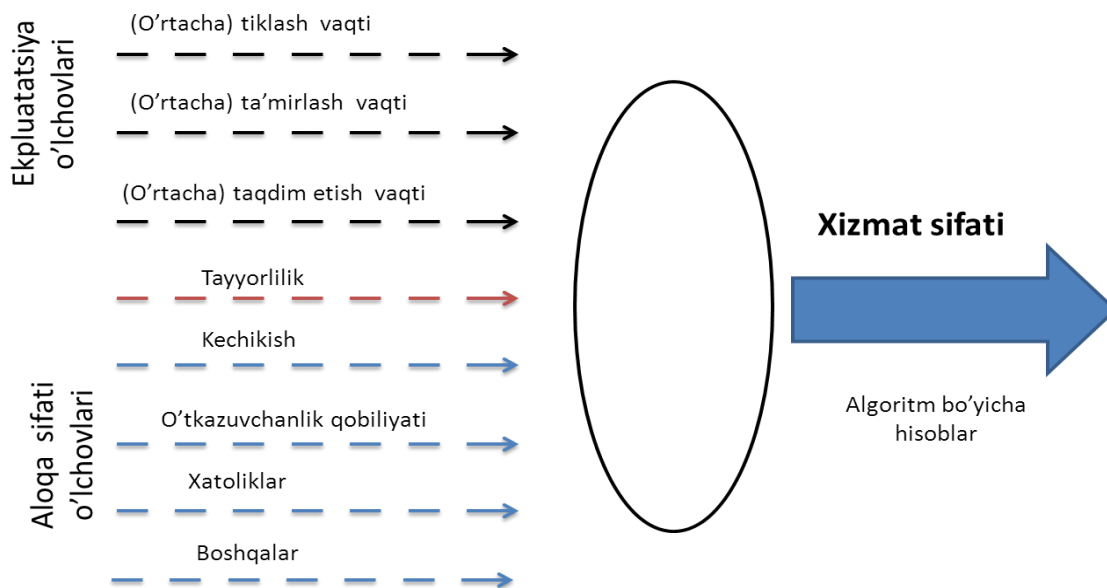
Xizmat xarakteristikalari va ularning sifati oxir oqibat butun tashkillashtirish ishlaridan kelib chiqadi. Telekommunikatsiya bozorida samarador ishni ta'minlashi uchun aloqa xizmati ta'minotchisi asosiy biznes jarayonlarini optimallashtirishga doimiy tarzda intilishi shart. Tashkilot strategiyasini ishlab chiqarish bosqichlaridan biri - kompaniya faoliyatining barcha asosiy turlari bo'yicha maqsadlarni shakllantirish.

Xizmat sifatini oshirish xizmat ta'minotchining strategik imtiyozlaridan biri. O'tgan asrning 70-yillari o'rtasida aloqa korxonalarini faoliyatining monitoringida tarmoq ishining, xizmat sifatining, xodimlar ishining texnik ko'rsatkichlarini ifodalagan. Keyinchalik xizmat ko'rsatish sifatiga bog'liq bo'lmagan moliyaviy ko'rsatkichlar tomonga urg'u berildi.

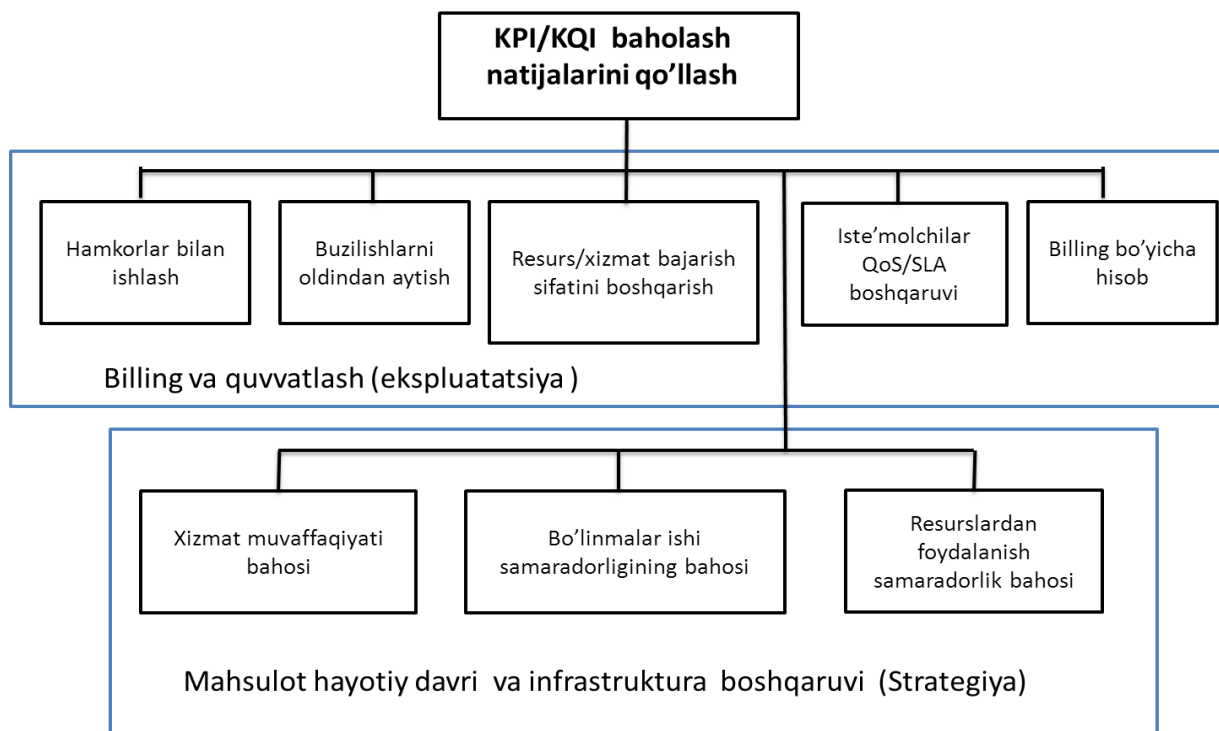
Har bir sifat ko'rsatkichini ishlab chiqishda bir vaqtning o'zida unga muvofiqlashtirilgan belgilash, amal qilish chegarasi va uni o'lchashning tavsiya etilgan usulini o'rnatish kerak, bu qayta ishlangan va solishtiriladigan o'lchash natijalarini olishga imkon beradi. Keyinchalik xizmat ta'minotchiga ko'rsatkichlarni baholash uchun ma'lumotlar yig'ish tizimini yaratish va ko'rsatkichlarning o'rnatilgan normativlardan sezilarli og'ishi sodir bo'lishiga ta'sir mexanizmini ishlab chiqish shart. Asosiy unumdorlik ko'rsatkichi (Key Performance Indicator - KPI) – bir turdagi resurslar guruhi yoki xizmat resursini amalda qo'llashda belgilangan aspekt o'lchovi (1.10-rasm). KPI doim resursning belgilangan turiga bog'liq bo'ladi.

Xizmat sifati ko'rsatkichi (Key Quality Indicator -KQI) – mahsulot, uning komponenti (xizmat) yoki xizmat elementi harakatga kelishining belgilangan aspekti o'lchovi va KPI ni o'z ichiga olgan ko'pgina manbadan olinadi (1.11-rasm).

Aloqa xizmatlari sifat ko'rsatkichlarini ishlab chiqishda xizmatni taqdim etish kompleks jarayon bo'lib, unda bir qancha kompaniya-ta'minotchilar ishtirok etishi mumkinligini ham hisobga olish kerak. Iste'molchini xizmat butunligicha qiziqtiradi, shuning uchun ham xizmat sifatini “oxirdan oxirgacha” baholash lozim.



1.10-rasm. KPI va xizmat sifati o'rtasidagi bog'liqlik



1.11-rasm. KPI/KQI baholash natijalarini qo'llash

Bundan tashqari foydalanuvchi talablarini doimiy o'rganish shartligiga ahamiyat berish kerak, chunki bu talablar vaqt o'tishi bilan ko'pgina sabablarga - hayot darajasi, xizmatning texnik baza taraqqiyotiga bog'liq holda o'zgaradi. Talablar o'zgarishi sifat ko'rsatkichlari va unga mos normalarni o'zgarishini keltirib chiqaradi.

## **2. IP TARMOQLARIDA XIZMAT KO'RSATISH SIFATINI TA'MINLOVCHI TARMOQ MEXANIZMLARI ARXITEKTURASI**

### **2.1. Xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlovchi tarmoq mexanizmlarining tekisliklari va turlari**

IP-yo'naltirilgan tarmoqlarda QoSni ta'minlovchi tarmoq mexanizmlarini aniqlash va standartlashtirish ustida ishlamoqda. 2004 yil may oyida paketli tarmoqlarda xizmat ko'rsatish sifatini saqlab qolish uchun arxitektura modelini tavsiflovchi XEI Y.1291 tavsiyanomasi qabul qilindi. Tarmoq mexanizmlari xizmat ko'rsatish sifatining amaliy xususiyatlari bilan birgalikda qo'llanilishi kerak. Tarmoq mexanizmlari arxitekturasini loyihalashda turli xizmatlarning tarmoq unumdorligi uchun turli talablarga ega bo'lishi hisobga olindi. Masalan, telemeditsina uchun yetkazib berishning aniqligi umumiy o'rtacha kechikish yoki jitterga qaraganda muhimroq rol o'ynaydi, IP telefoniya uchun esa jitter va kechikish asosiy xususiyatlar bo'lib, ularni minimallashtirish kerak. Xizmat ko'rsatish sifati bo'yicha turli talablarga ega bo'lgan ilovalar sonining doimiy ortib borayotgan tendentsiyasini hisobga olgan holda, QoS qo'llab-quvvatlash arxitekturasini mavjud va kelajakda ishlab chiqiladigan keng tarqalgan umumiy tarmoq mexanizmlarini o'z ichiga olishi kerak. QoS qo'llab-quvvatlash arxitekturasini qurilish bloklari deb ataladigan tarmoq mexanizmlari to'plamini belgilaydi. Hozirgi vaqtda uchta mantiqiy tekislikka mos keladigan qurilish bloklarining dastlabki to'plami aniqlangan: boshqaruv tekisligi, ma'lumotlar tekisligi (axborot tekisligi) va boshqaruv tekisligi [11,12].

#### **Nazorat tekisligi**

QoS mexanizmlari foydalanuvchi trafigi uzatiladigan yo'llarda ishlaydi va quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- qabul nazorati (Admission Control, AC);
- QoS uchun marshrutlash (QoS routing );
- resurslarni bron qilish (Resource reservation).



### **Ma'lumotlar tekisligi**

Ushbu mexanizmlar guruhi to'g'ridan-to'g'ri foydalanuvchi trafigi bilan ishlaydi va quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- buferni boshqarish (Buffer management);
- tirbandlikning oldini olish (Congestion avoidance);
- paketlarni belgilash (Packet marking);
- navbatlarni tashkil etish va rejalashtirish (Queuing and scheduling);
- trafik hosil qilish (Traffic shaping);
- harakatni qayta ishlash qoidalari (Traffic policing);
- trafik tasnifi (Traffic classification).

### **Ma'muriy boshqaruv tekisligi**

Ushbu amolyot foydalanuvchi trafiginini yetkazib berish bilan bog'liq holda tarmoqning ishlashi, boshqaruvi va boshqaruvi bilan bog'liq QoS mexanizmlarini o'z ichiga oladi. Ushbu tekislikdagi QoS mexanizmlariga quyidagilar kiradi:

- o'lchovlar (Metering);
- belgilangan yetkazib berish qoidalari (Policy);
- trafikni tiklash (Traffic restoration);
- xizmat ko'rsatish darajasi shartnomasi (Service Level Agreement).

QoS tarmoq mexanizmlari (yoki ITU terminologiyasidan kelib chiqqan holda QoS bloklari) tarmoq tugunlariga (masalan, tugun buferini boshqarish) yoki tarmoq segmentlariga (QoS marshrutlash) nisbatan belgilanishi mumkin, bunda "tarmoq segmenti" tushunchasi tarmoq segmentiga ishora qilishi mumkin. end-to-end ulanish, kirish bo'limi, internodal qism yoki ikki yoki undan ortiq tarmoqlarni bog'laydigan bo'lim. Keyinchalik, yuqorida sanab o'tilgan mexanizmlarning ayrimlarini ko'rib chiqamiz. Xizmatning talab qilinadigan sifatini ta'minlashning standartlashtirilgan usullarida turli xil QoS qo'llab-quvvatlash mexanizmlaridan qanday foydalanish mumkinligini ko'rsatish uchun biz bugungi kunda xizmat ko'rsatish sifati muammosini hal qilishda eng ko'p qo'llaniladigan ikkita yondashuvni ko'rib chiqamiz: integratsiyalashgan (IntServ) va differentsial xizmatlar (DiffServ). IP-tarmoqlarida xizmat ko'rsatish

sifatini saqlash mexanizmlari yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, IP protokoli stekiga asoslangan yangi avlod tarmoqlariga o'tish faqatgina ko'p sonli ilovalar uchun tegishli xizmat sifati ko'rsatkichlari ta'minlangan taqdirdagina mumkin bo'ladi. Ushbu maqsadga erishish uchun kechikishlar va yo'qotishlarni bartaraf etishning bir qator mexanizmlari ishlab chiqilgan bo'lib, ular ishlab chiqilgan ITU-TY.1291 tavsiyasiga muvofiq uchta tekislikka bo'lingan - boshqaruv tekisligi (sathi), ma'lumotlar tekisligi va boshqaruv tekisligi.

## **2.2. Nazorat tekisligidagi QoS mexanizmlari**

Boshqaruv qabul qilish (Qo'ng'iroqlarni qabul qilish nazorati). Ushbu mexanizm tarmoq orqali trafik o'tishi uchun yangi so'rovlarni kuzatib boradi, yangi kiruvchi trafik tarmoq tiqilib qolishiga olib kelishi yoki tarmoqdagi trafik uchun xizmat ko'rsatish sifatini pasaytirishi mumkinligini aniqlaydi. Odatda, qabul qilish nazorati tarmoq resurslarini boshqarish, nazorat qilish va boshqarish uchun muayyan qoidalar to'plamiga asoslanadi. Ushbu qoidalar tarmoq provayderining ehtiyojlariga ko'ra yoki provayder va foydalanuvchi o'rtasidagi kelishuv asosida belgilanishi va turli QoS parametrlarini o'z ichiga olishi mumkin. Muayyan xizmatlarning talablarini qondirish uchun (masalan, favqulodda vaziyatlarda) tarmoqqa kirishda tegishli trafikga eng yuqori ustunlik berilishi mumkin. Routing QoS ( QoS marshrutlash ) ma'lum bir ma'lumot oqimi uchun xizmat ko'rsatish sifati talablariga javob beradigan yo'l tanlanishini ta'minlaydi. Tanlangan yo'l eng qisqa yo'ldan farq qilishi mumkin. Yo'lni aniqlash jarayoni ma'lumotlar oqimining xizmat ko'rsatish sifatiga qo'yiladigan talablar va mavjud tarmoq resurslari to'g'risidagi ma'lumotlarning mavjudligini bilishni nazarda tutadi. Hozirgi vaqtda QoS mezoniga ko'ra eng yaxshi yo'lni aniqlashning ko'plab mumkin bo'lgan usullari taklif qilingan. Odatda, QoS marshrutlashning eng yaxshi yo'lini hisoblash jarayonini muhandislik hisob-kitoblari uchun maqbul qilish uchun bitta yoki ikkita tarmoq xarakteristikasini (ishlash va kechikish, xarajat va ishlash, xarajat va kechikish va boshqalar) hisobga oladi. Resurslarni bron qilish (Resurs bron qilish). Umuman olganda, resurslarni zaxiralashni

ta'minlashning asosiy sharti tarmoqdagi resurslarning mavjudligi hisoblanadi. Doimiy virtual ulanishlarni yaratishda resursni bron qilish bankomat tarmoqlarida keng qo'llanilgan. IP-yo'naltirilgan tarmoqlarda eng tipik ortiqcha mexanizm RSVP protokoliga asoslanadi.

### 2.3. Ma'lumotlar tekisligidagi QoS mexanizmlari

**Buferni boshqarish (Buffer management).** Buferni (yoki navbatni) boshqarish uzatish uchun tugunlarda navbatda turgan paketlarni boshqarishdan iborat. Navbatni boshqarishning asosiy maqsadlari yuqori kanallardan foydalanishni ta'minlash bilan birga o'rtacha navbat uzunligini minimallashtirish, shuningdek, turli ma'lumotlar oqimlari o'rtasida bufer maydonini adolatli taqsimlashdir. Navbatni boshqarish sxemalari, asosan, paketlarni tashlab yuborish mezonlari va navbatdagi paketlar qayerdan (navbatning boshi yoki oxiri) tushirilishi bilan farqlanadi. Paketlarni tashlab yuborishning eng oddiy mezoni navbatning maksimal navbat uzunligi deb ataladigan ma'lum bir chegaraga yetganda hisoblanadi. Bugungi kunda faol navbatni boshqarish mexanizmlari keng tarqalgan. Oddiy misol - RED algoritmi (Tasodifiy Erta Aniqlash - erta tasodifiy ortiqcha yukni aniqlash). RED algoritmidan foydalanganda, buferga kiradigan paketlar o'rtacha navbat uzunligini baholash asosida o'chiriladi. Paketlarni tashlab yuborish ehtimoli o'rtacha navbat uzunligi o'sishi bilan ortadi.

**Yuqori yuklanish (tirbandlik) larni oldini olish (Congestion avoidance).** Tirband bo'lib qolishning oldini olish mexanizmlari tarmoqdagi yuklamani o'z imkoniyatlaridan past darajada ushlab turadi. Tiqilishning oldini olishning odatiy usuli tarmoqqa kiruvchi trafik miqdorini kamaytirishdir. Qoida tariqasida, trafikni kamaytirish buyrug'i, birinchi navbatda, past ustuvor manbalarga ta'sir qiladi. Tirband bo'lib (tiqilib) qolishning oldini olish mexanizmlarining bir misoli TCP-dagi oyna mexanizmidir.

**Paketlarni belgilash (Packet marking).** Paketlar ma'lum bir xizmat sinfiga ko'ra belgilanishi mumkin. Belgilash odatda kirish tugunida amalga oshiriladi, bu yerda maxsus sarlavha maydonida (IP sarlavhasida xizmat turi ToS yoki DiffServ sarlavhasida DS-bayt)

ma'lum bir qiymat kiritilgan. Bundan tashqari, tarmoq tirbandligida tashlab yuborilishi mumkin bo'lgan paketlarga belgilash qo'llaniladi.

### **Navbatlarni tashkil etish va rejalashtirish (Queuing and scheduling).**

Ushbu guruh mexanizmlarining maqsadi buferdan kanalga uzatish uchun paketlarni tanlashdir. Aksariyat xizmat ko'rsatish intizomi (yoki rejalashtiruvchilar) birinchi kelganga birinchi bo'lib xizmat ko'rsatish tamoyiliga asoslanadi. Paketlarni navbatdan chiqarishning yanada moslashuvchan tartiblarini ta'minlash uchun bir nechta navbatlarni shakllantirishga asoslangan bir qator sxemalar taklif qilindi. Ular orasida, birinchi navbatda, xizmat ko'rsatishning ustuvor sxemalarini nomlash kerak. Moslashuvchan navbatning yana bir misoli bu vaznli adolatli buferlash mexanizmi (Weighted Fair Queuing, WFQ) tugun chiqishidagi cheklangan tarmoqli kengligi har bir oqimning tarmoqli kengligi talablariga qarab bir nechta oqimlar (navbatlar) o'rtasida taqsimlanganda. Navbatning yana bir sxemasi oqimlarni xizmat ko'rsatish klassi bo'yicha tasniflashga asoslangan (Class Based Queuing, CBQ). Oqimlar xizmat ko'rsatish sinflariga ko'ra tasniflanadi va keyin turli navbatlarda buferlanadi. Har bir navbatga sinfga qarab chiqish o'tkazuvchanligining ma'lum foizi ajratiladi va navbatlarga aylanma rejimda xizmat ko'rsatiladi.

**Trafikni shakllantirish (Traffic shaping).** Trafik xarakteristikalarini shakllantirish yoki nazorat qilish paketlarni uzatish tezligini va tarmoq kirishiga kiruvchi oqimlar hajmini nazorat qilishni o'z ichiga oladi. Maxsus shakllantiruvchi buferlardan o'tish natijasida dastlabki trafikning portlashi pasayadi va uning xususiyatlarini oldindan aytish mumkin bo'ladi. Trafikni qayta ishlashning ikkita mexanizmi ma'lum - Leaky Bucket ('teshik chelak') va Token Bucket ('belgilar bilan chelak'). Bunda tugunni tark etadigan paketlar tezligini tartibga solinadi. Kirish oqimi tezligidan qat'iy nazar, tugunning chiqish tezligi doimiy qiymatdir. Chelak toshib ketganda, qo'shimcha paketlar tashlanadi. Aksincha, Token algoritmi 'chelak' tugunning chiqishini to'xtatmaydi va paketlarni tushirmaydi. Tegishli xotirada ('chelak') tokenlar mavjud bo'lsa, tugunning chiqishidagi paket tezligi kirishdagi

bilan bir xil bo'lishi mumkin. Tokenlar ma'lum tezlikda ishlab chiqariladi va chelakda to'planadi. Algoritm ikkita parametr bilan tavsiflanadi - tokenlarni yaratish tezligi va ular uchun xotira hajmi ("chelak" hajmi). Agar chelakda tokenlar bo'lmasa, paketlar tugunni tark eta olmaydi. Aksincha, paketlar to'plami tegishli miqdordagi tokenlarni sarflagandan so'ng darhol tugunni tark etishi mumkin.

**Trafikni qayta ishlash qoidalari (Traffic policing).** Ushbu blok tranzit tugunidan tranzit tuguniga kelayotgan trafik oldindan kelishilgan ishlov berish qoidalari yoki shartnomalariga mos kelishini hal qiladi. Odatda, mos kelmaydigan paketlar o'chiriladi. Yuboruvchilar tushib qolgan paketlar va topilgan sabablar, shuningdek, SLA tomonidan belgilab qo'yilgan kelajakdagi muvofiqlik to'g'risida xabardor qilinishi mumkin.

**Trafik tasnifi (Traffic classification).** Trafik tasnifi oqim yoki paket darajasida amalga oshirilishi mumkin. Tarmoqqa kirish tugunida (chegara marshrutizatori) kirishda paketlar umumiy xizmat sifati talablari bilan tavsiflangan yagona oqim paketlarini ajratish uchun tasniflanadi. Keyin transport shartlanadi (Traffic Conditioning). Trafikni tartibga solish uning parametrlarini o'lchashni va natijalarni xizmat ko'rsatish darajasi shartnomasi deb nomlanuvchi transport shartnomasida ko'rsatilgan parametrlar bilan solishtirishni o'z ichiga oladi. Agar SLA shartlari buzilgan bo'lsa, ba'zi paketlar o'chirilishi mumkin. Tarmoqning yadrosini tashkil etuvchi magistral routerlar zarur QoS darajasiga muvofiq paketlarni yo'naltirishni ta'minlaydi .

## **2.4. Ma'muriy boshqaruv tekisligidagi QoS mexanizmlari**

**O'lchovlar (Metering).** O'lchovlar trafik parametrlari ustidan nazoratni ta'minlaydi - masalan, SLAda kelishilgan tezlik bilan taqqoslaganda ma'lumotlar tezligi. O'lchovlar natijalariga ko'ra, paketlarni tushirish va Leaky Bucket va Token Bucket mexanizmlaridan foydalanish kabi ma'lum protseduralarni amalga oshirish mumkin.

**Belgilangan yetkazib berish qoidalari (Policy).** Bu yerda yetkazib berish qoidalari tarmoq resurslariga kirishni nazorat qilish va boshqarish uchun foydalaniladigan qoidalar to'plamiga ishora qiladi.

Bunday qoidalarga asoslanib, xizmat ko'rsatuvchi provayderlar boshqaruv tekisligida va ma'lumotlar tekisligida mexanizmlarni amalga oshirishi mumkin. Yetkazib berish qoidalarining mumkin bo'lgan qo'llanilishi qoidalarga asoslangan marshrutlash, qoidalarga asoslangan paketlarni filtrlash (paketlarni belgilash yoki yo'q qilish), berilgan oqimlarni ro'yxatga olish, xavfsizlik bilan bog'liq ishlov berish qoidalari o'z ichiga oladi.

**Trafikni tiklash (Traffic restoration).** Ushbu tavsiyada trafikni tiklash tarmoqning ishlamay qolganda qismlarini yumshatish uchun javobini bildiradi. Trafikni tiklash jarayoni mos yozuvlar modelining turli darajalarida ko'rib chiqiladi. Jismoniy darajada, SDH dan foydalanilganda, ishonchlilik avtomatik himoya kommutatsiyasi bilan ta'minlanadi. Transport tarmoqlarining aloqa darajasida trafikni tiklash halqa va to'rtli tuzilmalar uchun ishlab chiqilgan maxsus mexanizmlar bilan ta'minlanadi. Tegishli protseduralar ATM texnologiyasida taqdim etilgan. Tarmoq sathida tiklash (IP protokoli) MPLS texnologiyasi yordamida amalga oshiriladi.

**Xizmat ko'rsatish darajasi shartnomasi (Service Level Agreement).**

Zamonaviy tarmoqlarda xizmat ko'rsatish sifatining talab qilinadigan darajasini ta'minlash kontseptsiyasidagi asosiy tushunchalardan biri xizmat ko'rsatish darajasi bo'yicha kelishuvdir. Birinchi SLA shartnomalari 1990-yillarning o'rtalarida Frame Relay, ATM va IP texnologiyalaridan foydalangan holda ma'lumotlarni uzatish xizmatlarini ko'rsatish uchun ishlab chiqilgan. Bunday shartnomalarga bo'lgan ehtiyoj biznesi ma'lumotlarning ishonchli va o'z vaqtida uzatilishiga tobora ko'proq bog'liq bo'lgan mijozlar tomonidan operatorlarga talabning ortishi bilan bog'liq edi. SLA shartnomasi xizmat ko'rsatuvchi provayderning mas'uliyatini oshiradi, uni tartibga soladi. Bu ma'lum darajada mijozni intizomli qiladi, chunki shartnomani tuzishdan oldin xizmat ko'rsatish darajasiga qo'yiladigan talablarni tahlil qilish boshqichi mavjud. Ba'zi manbalarda trafik shartnomasi deb ataladigan SLA foydalanuvchi va xizmat ko'rsatuvchi provayder/tarmoq provayderi o'rtasidagi shartnomadir. Shartnoma foydalanuvchi uskunasi yaratilgan trafikning asosiy xususiyatlarini (profilini) va

provayder tomonidan taqdim etilgan QoS parametrlarini belgilaydi. SLA narx spetsifikatsiyalarini ham o'z ichiga olishi mumkin. SLAning texnik qismida parametrlar to'plami va ularning qiymatlari ko'rsatilgan bo'lib, ular birgalikda tarmoq provayderi tomonidan foydalanuvchi trafigiga ko'rsatilayotgan xizmat darajasini belgilaydi. SLA shartnomasi statik (uzoq muddatga kelishilgan - bir oy, bir yil va hokazo) yoki dinamik (har bir sessiya uchun belgilangan) bo'lishi mumkin. Ikkinchi holda, talab qilinadigan QoS darajasini so'rash uchun signalizatsiya protokoli (masalan, RSVP) ishlatilishi kerak. SLA shartnomalari, birinchi navbatda, xizmat ko'rsatuvchi provayderning ularning sifatini ta'minlash bo'yicha aniq tartibga solingan majburiyatlarini nazarda tutadi (xizmat ko'rsatish vaqti, masalan, kechayu kunduz yoki faqat ish kunlarida; hodisaga javob berish vaqti; xodimlarning mijozga jo'nash vaqti; hodisani tugatish vaqti va boshqalar) va qoidalarni buzganlik uchun jarimalar. Xorijiy tarmoq provayderlarining tajribasidan ma'lumki, SLA narxi kafolat xizmati narxiga qo'shiladi va ba'zi hollarda kafolat xizmati narxidan bir necha baravar yuqori bo'lishi mumkin.

### **Integratsiyalashgan xizmatlarni yetkazib berish modeli (IntServ).**

90-yillarning o'rtalarida Internetni akademik infratuzilmadan tijorat infratuzilmasiga aylantirish jarayoni, tugunlar soni va foydalanuvchilar sonining o'sishi, turli xil xizmatlar sifati talablari bo'lgan turli xil ilovalar uchun foydalanish - bularning barchasini aniqladi. QoS qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining jadal rivojlanishi. IP-tarmoqlarida yuzaga kelgan yangi sharoitlarga javoban IETF Internetda xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlashning katta modellari va mexanizmlarini taklif qildi, ular ishchi guruhlarining nomlariga muvofiq ikki toifaga bo'lingan. Ushbu modellar va mexanizmlarni ishlab chiqadigan IETF qo'mitasi - integratsiyalashgan xizmatlar va tabaqalashtirilgan xizmatlar. Integratsiyalashgan xizmatlar ishchi guruhi resurslarni integratsiyalashgan zahiralash tamoyiliga asoslangan xizmatlarni yetkazib berishning integratsiyalashgan modelini (yoki IntServ) ishlab chiqdi. IntServ modeli kechikishga sezgir real vaqtda ilovalarni qo'llab-quvvatlash uchun mo'ljallangan. Integratsiyalashgan

xizmatlar modelini amalga oshiradigan mexanizmlar ma'lum bir paket oqimining uzatish yo'li bo'ylab QoSning istalgan darajasini qo'llab-quvvatlash uchun barcha tarmoq qurilmalarining o'zaro ta'sirini ta'minlashi kerak. Spetsifikatsiyasi (RFC 2205) IETF qo'mitasi tomonidan 1997-yilda qabul qilingan Resource ReSerVation Protocol (RSVP) protokoli IntServ guruhi mexanizmlari ichida eng batafsil hisoblanadi. IntServ guruhining mexanizmlari guruhga tegishli. xizmat ko'rsatishning "qattiq" yoki mutlaq sifatini kafolatlaydigan usullar. RSVP protokoli integratsiyalashgan xizmatlar guruhining eng taniqli a'zosidir. Aslida, RSVP - bu "qattiq" xizmat sifatini ta'minlash uchun resurslarni zahiralash va boshqaradigan signalizatsiya protokoli. Ushbu oqimning uzatilishi boshlanishidan oldin ma'lum bir IP-paketlar oqimi uchun rezervatsiyalar amalga oshiriladi. Oqimni identifikatsiyalash (bir xil oqimga tegishli paketlarni identifikatsiya qilish) har bir IPv6 paketining asosiy sarlavhasida joylashtirilgan maxsus yorliq orqali amalga oshiriladi. Yo'l ajratilgandan so'ng, ushbu oqimning paketlarini uzatish boshlanadi, ular ma'lum sifatga ega bo'lgan butun inter-end ulanishda xizmat qiladi. RSVP protokoli faqat signalizatsiya protokolidir. Trafik paketlarini uzatish bosqichida xizmat ko'rsatishning talab qilinadigan sifatini ta'minlash uchun u mavjud marshrutlash protokollaridan biri, shuningdek, ulanishning ruxsat etilganligini nazorat qilish (CAC), trafik tasnifi, navbatni boshqarishni o'z ichiga olgan trafikni boshqarish mexanizmlari to'plami bilan to'ldirilishi kerak. Rejalashtirish, shuningdek, yuqorida muhokama qilingan QoS qo'llab-quvvatlash mexanizmlarining asosiy arxitekturasini tashkil etuvchi boshqa mexanizmlar. IntServ guruhi protokollarining QoSning talab qilinadigan ishlashini ta'minlash imkoniyatlariga qaramasdan, integratsiyalashgan xizmatlar usullarini amalga oshirish va joylashtirish muayyan qiyinchiliklar bilan bog'liq, ayniqsa geografik jihatdan taqsimlangan tarmoqlarda. Xususan, bir vaqtning o'zida xizmat ko'rsatadigan ko'p sonli oqimlari bo'lgan tarmoq tugunlarida marshrutizatorlarni haddan tashqari yuklash va to'lib-toshgan drayverlarni olish imkoniyatini hisobga olish kerak. Shuni ham tan olish kerakki, IntServ guruhining protokollari miqyoslilik talablariga javob



bermaydi. Routerlarga qo'yiladigan talablar majburiy mexanizmlar to'plami (RSVP, CAC va boshqalar) jihatidan ham ancha yuqori. Shu sababli, 90-yillarning ikkinchi yarmida (aynan shu davrda Internet tarmoqlarining jadal o'sishi qayd etilgan) tabaqalashtirilgan xizmatlarni taqdim etish modellari va mexanizmlarini yaratish bo'yicha ishlar boshlandi (DiffServ). Bu ish IETFning Differentsial xizmatlar ishchi guruhi tomonidan amalga oshiriladi.

**Differentsial xizmat ko'rsatish modeli.** Differentsiatsiyalangan xizmatlar (DiffServ) modeli IETF ning IntServ arxitekturasidagi ishining mantiqiy davomidir. IntServ modelining o'ziga xos printsipiga xos bo'lgan kamchiliklar (qattiq QoS kafolatlari, past masshtablar) yanada moslashuvchan QoS mexanizmlarini yaratish zarurligiga olib keldi. Differentsial xizmatlar ko'rsatish tamoyillarining umumiy tavsifi (RFC-2475, [8]) 1998 yil dekabr oyida nashr etilgan va batafsilroq spetsifikatsiyalar 1999 yil o'rtalarida paydo bo'lgan. DiffServ usullari IntServ usullaridan farqli o'laroq, nisbiy xizmat ko'rsatishni ta'minlaydigan mexanizmlar guruhini tashkil qiladi ('yumshoq' xizmat sifati deyiladi).

DiffServ mexanizmlarining asosiy g'oyasi turli xil xizmat ko'rsatish sifati talablariga ega bo'lgan trafik sinflari to'plami uchun tabaqalashtirilgan xizmatlarni taqdim etishdan iborat. IntServ mexanizmlarida bo'lgani kabi, yuqorida ko'rib chiqilgan IP tarmoqlarida QoS qo'llab-quvvatlash arxitekturasining bir qismi bo'lgan mexanizmlar differentsial xizmatlarni amalga oshirish uchun keng qo'llaniladi. DiffServ modelining markaziy tushunchalaridan biri bu boshqaruv tekisligidagi QoS mexanizmlarining bir qismi bo'lgan xizmat ko'rsatish darajasi bo'yicha kelishuvdir.

DiffServ modelida tarmoq arxitekturasi ikkita segment - chegara bo'limlari va tayanch - yadro shaklida taqdim etiladi. Tarmoqqa kirish tugunida (chegara marshrutizatori) kirishda paketlar xizmat ko'rsatish sifatiga umumiy talablar bilan tavsiflangan yagona oqim paketlarini ajratish uchun tasniflanadi (Traffic classification mexanizmi). Keyin transportni tartibga solish (Traffic conditioning) mexanizmi ishga tushadi. Trafikni normalash uning parametrlarini o'lchash va natijalarni

SLA shartnomasida ko'rsatilgan parametrlar bilan solishtirishni o'z ichiga oladi. Agar SLA shartlari buzilgan bo'lsa, ba'zi paketlar o'chirilishi mumkin. Agar kerak bo'lsa, paket oqimi profillash qurilmasidan o'tadi (Traffic shakllantirish mexanizmi). Tarmoqning yadrosini tashkil etuvchi magistral marshrutizatorlar talab qilinadigan QoS darajasiga muvofiq paketlarni yo'naltirishni ta'minlaydi. Xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlarining talab qilinadigan to'plamiga qo'yiladigan talablar har bir paketning bir baytli maxsus maydonida - IPv4 protokolining Xizmat turi (ToS) oktetida yoki IPv6 protokolining Traffic Class (TC) oktetida ko'rsatilgan. DiffServ modelida bu maydon DS bayti deb ataladi. DS baytining mazmuni taqdim etilayotgan xizmat turini belgilaydi. Dastlabki ikkita bit paketning ustuvorligini belgilaydi, keyingi to'rttasi tugundagi paketning xizmat ko'rsatishning talab qilinadigan sinfidir va ikkita bit foydalanilmasdan qoladi. Bu yerda xizmat ko'rsatish klassi ma'lum bir tugundan keyingisiga (Per-Hop Behavior, PHB) kerakli xizmat sifatiga muvofiq paketni qayta ishlash va yo'naltirish mexanizmini anglatadi.

Shunday qilib, DS maydoni yordamida 32 tagacha turli xil xizmat sifati darajasini aniqlash mumkin. IETF RFC 2598 va RFC 2597 DiffServ modeli uchun ikkita xizmat sinfini belgilaydi. RFC 2598 spetsifikatsiyasi xizmat ko'rsatishning mumkin bo'lgan eng yuqori darajasini (Premium Service) ta'minlaydigan va minimal kechikish va jitter bilan yetkazib berishni talab qiladigan ilovalar uchun foydalaniladigan Tezlashtirilgan yo'naltirish (EF) sinfini tavsiflaydi. Ishonchli ekspeditorlik (AF) deb nomlanuvchi xizmatning ikkinchi klassi RFC 2597 da joriy etilgan. Kafolatlangan ekspeditorlik klassi xizmat sifatini Tezlashtirilgan Xizmatdan pastroq, lekin Best Effort xizmatidan yuqoriroq saqlaydi (Eng yaxshi harakat). Ushbu QoS diapazoni doirasida AF klassi to'rt turdagi trafikni va paketlar tushishining uchta darajasini belgilaydi. Shunday qilib, AF klassi talab qilinadigan xizmat sifati ko'rsatkichlari to'plamiga qarab 12 turdagi trafikka xizmat ko'rsatish imkoniyatini beradi. Paketlar ma'lum bir ustuvorlik darajasiga va trafik turiga muvofiq paketli kechikishlar va jitterni boshqaradigan va mumkin bo'lgan yo'qotishlarni bartaraf

etadigan maxsus navbat sxemalari bo'yicha qayta ishlanadi. Asosiy navbat mexanizmlari orasida biz ustuvor xizmatni (Priority Queuing), vaznli adolatli xizmatini (Weighted Fair Queuing) va RNV mexanizmiga muvofiq xizmatni (Sifga asoslangan navbat) qayd etamiz. DiffServ modelidagi trafik tasnifining nisbiy soddaligi va resurslarni oxirigacha zahiralash mexanizmlarining yo'qligi IntServ mexanizmlari bilan solishtirganda differentsial xizmatlardan foydalanishning keng imkoniyatlarini belgilaydi. Tarmoqning magistral qismida DiffServ mexanizmlaridan foydalanish tarmoqning chekka segmentlarida birlashtirilishi mumkin bo'lgan yig'ilgan trafikni qayta ishlash uchun foydalanish imkonini beradi. Bunday yondashuv, masalan, IP-telefoniyada, xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlari uchun bir xil talablar bilan tavsiflangan ko'plab ovozli oqimlar bitta jamlanganga birlashtirilganda samarali bo'lishi mumkin. Ko'rinishidan, DiffServ mexanizmlari raqamli telefon tarmoqlarida olinishi mumkin bo'lgan QoS darajasiga hali ham kafolat bera olmaydi.

## 2.5. Trafic jadalligini boshqarish algoritmlari

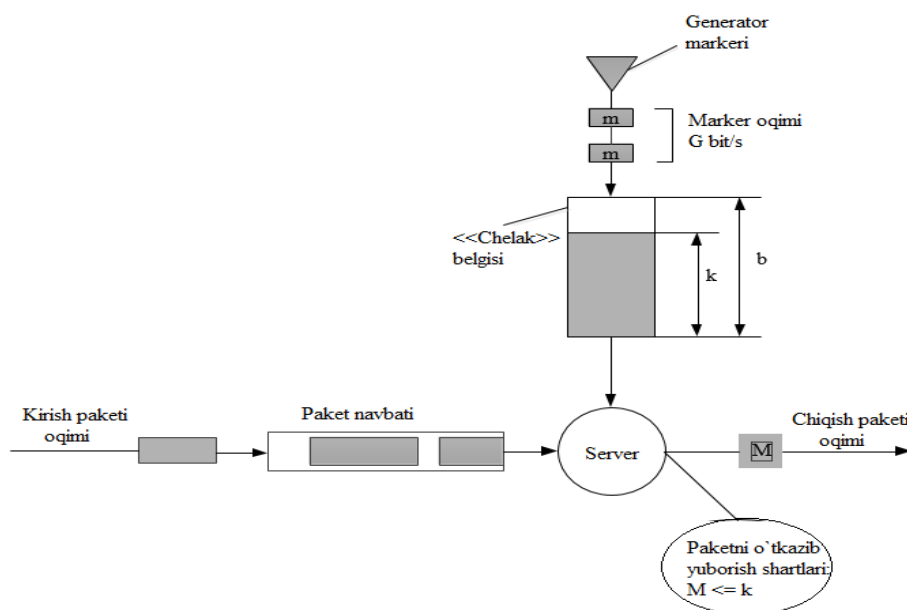
**Leaky Bucket.** 1986 yilda taklif qilingan klassik algoritm. Tyorner ajoyib tarzda ishlab chiqilgan - quyida ko'rsatilgandek, hatto bugungi "ilg'or" boshqaruv va yukni sezish algoritmlari ham xuddi shu printsiplardan foydalanadi.

Ushbu algoritm qanday ishlashini tushunish uchun oddiy misolni ko'rib chiqing. Ba'zi bir balandlikdagi chelak bo'lsin, uning pastki qismida teshik bor. Paqirga suv quyiladi, u pastki qismidagi teshikdan ma'lum bir doimiy tezlikda quyiladi. Shubhasiz, kiruvchi oqim chelakka to'g'ri keladi, agar unda joy bo'lsa, aks holda u toshib ketadi. Shunday qilib, tasvirlangan sxema va uzluksiz vaqtda (suyuqlik oqimi) ko'rib chiqiladigan bufer o'rtasida o'xshashlikni chizish mumkin va shuning uchun algoritm Leaky Bucket ('teshik chelak') deb ataladi [13].

Leaky Bucket algoritmining asosiy vazifalaridan biri bu o'lchash va kiruvchi yukni tegishli nazorat qilish, buning uchun hisoblagich ishlatiladi. E'tibor bering, Leaky Bucket-ga asoslangan "ilg'or" algoritmlarda yig'indini taqqoslash jismoniy jihatdan buferning

maksimal hajmi bo'lmagan "bo'sagi" deb ataladigan ba'zi berilgan qiymat bilan amalga oshirilishi mumkin. Natijada, "profilidan tashqarida" deb belgilangan paket tashlab qo'yilmasligi mumkin, lekin, masalan, asl nusxadan pastroq ustuvorlik bilan belgilanishi mumkin.

Leaky Bucket algoritmi asosida trafik nazoratini amalga oshirish juda oddiy va bufer asosida bajarilishi mumkin, uning mazmuni ma'lum bir doimiy tezlikda o'qiladi. Bunday holda, yuklamani boshqarish amalga oshiriladi – ma'lum bir nuqtada tarmoqqa yuborilishi mumkin bo'lgan maksimal trafik miqdori nazorat qilinadi, kesish koeffitsientini nolga kamaytirish effektiga ham erishiladi, shuning uchun tekislashdan o'tgan yuklamani Leaky Bucket yordamida amalga oshirilgan protsedurada bashorat qilish mumkin. Har bir tavsiflangan tizim uchun siz MBS "portlash maksimal hajmi" parametrining qiymatini belgilashingiz mumkin, ya'ni portlash MBS dan kam yoki unga teng kelganda, barcha paketlar joriy navbatdagi bandligiga qarab ma'lum bir ehtimollik bilan navbatga qo'yiladi va yo'qolmaydi. Leaky Bucket yordamida ko'rib chiqilgan tekislash algoritmi bir qator muhim kamchiliklarga ega, ular orasida to'liq bufer bilan ham chiquvchi yukning doimiy tezligini ta'kidlash kerak. Leaky Bucket yordamida silliqlash tarmoq va taqdim etilayotgan xizmatlarning ishlashiga salbiy hissa qo'shishi mumkin (2.1. – rasm).

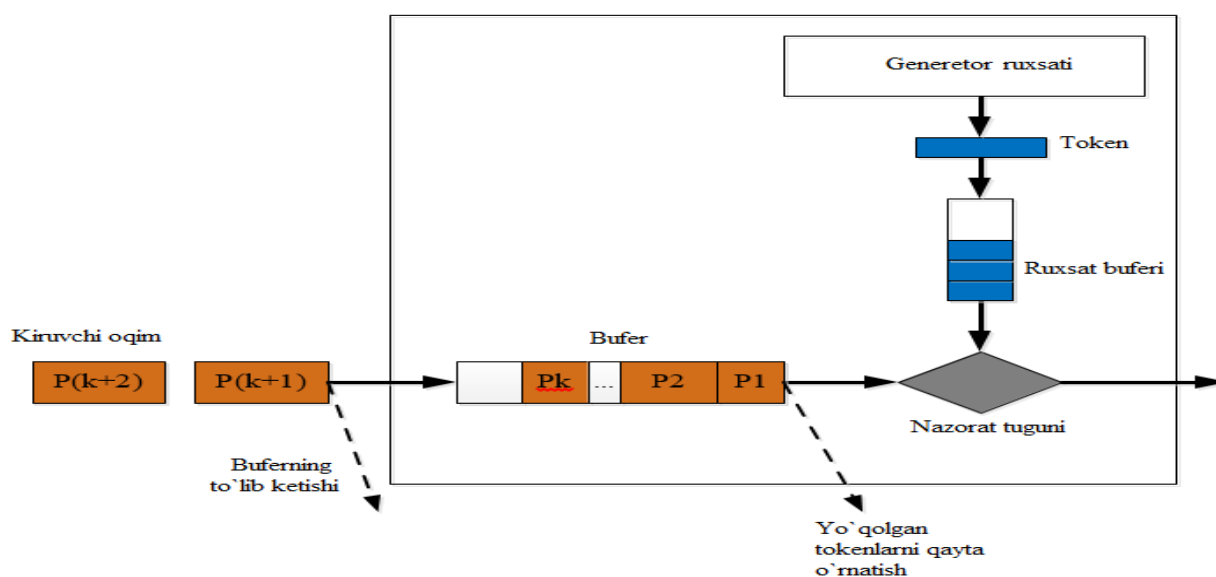


2.1. – rasm. Leaky Bucket algoritmi

**Token Bucket.** Oddiy navbat intizomi bo‘lib, kiruvchi paketlarni ma‘muriy belgilangan chegaradan oshmaydigan tezlikda, lekin undan oshib ketadigan qisqa portlashlar ehtimoli bilan uzatadi [14]. Token Bucket har qanday amalni (tushirish yoki belgilash) faqat e‘lon qilingan profilga mos kelmaydigan paketlarga qo‘llash imkonini beradi, shu bilan birga profilga mos keladigan paketlar Token Bucket orqali cheklangan chiquvchi yuk intensivligi bilan bog‘liq qo‘shimcha kechikishlarsiz o‘tadi. Bucket oddiygina kiruvchi so‘rovlar uchun deterministik xizmat ko‘rsatish funksiyasiga ega do‘kondir.

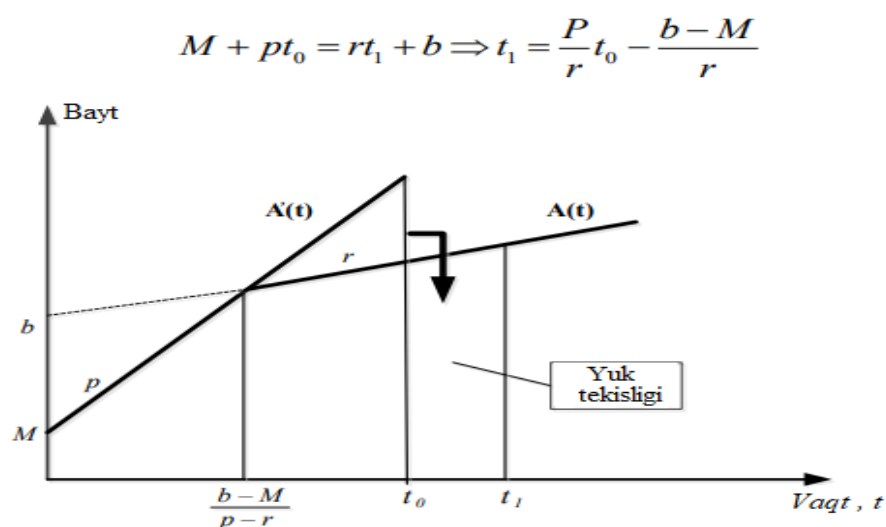
Tokenlar avtomatik ravishda tugun dasturiy ta‘minoti tomonidan ma‘lum tezlikda ishlab chiqariladi va navbatga joylashtiriladi. Token buferi to‘lgan bo‘lsa, yangi token yo‘qoladi. Tokenlar bo‘lmasa, paketlar buferda saqlanishi kerak. Tokenlarning generatsiyasi ma‘lum bir intensivlik bilan sodir bo‘lganligi sababli, kiruvchi paketlarni qayta ishlashning minimal intensivligi tokenlarni yaratish intensivligiga teng ekanligini ta‘kidlash mumkin.

Paket xizmatining maksimal intensivligi tokenlar buferida ma‘lum miqdordagi tokenlar to‘planganda sodir bo‘lishi mumkin (ya‘ni paket buferi bo‘sh va paketlar maksimal mumkin bo‘lgan intensivlik bilan kela boshladi). Agar chiquvchi yuklamaning intensivligi maksimal bo‘lsa, Token Bucket kirish bilan bir xil paketlar oqimini chiqaradi. Token chelak 2ta buferdan iborat - paketlar va tokenlar uchun (2.2-rasm).



2.2. – rasm. Token Bucket yordamida tekislashni amalga oshirish

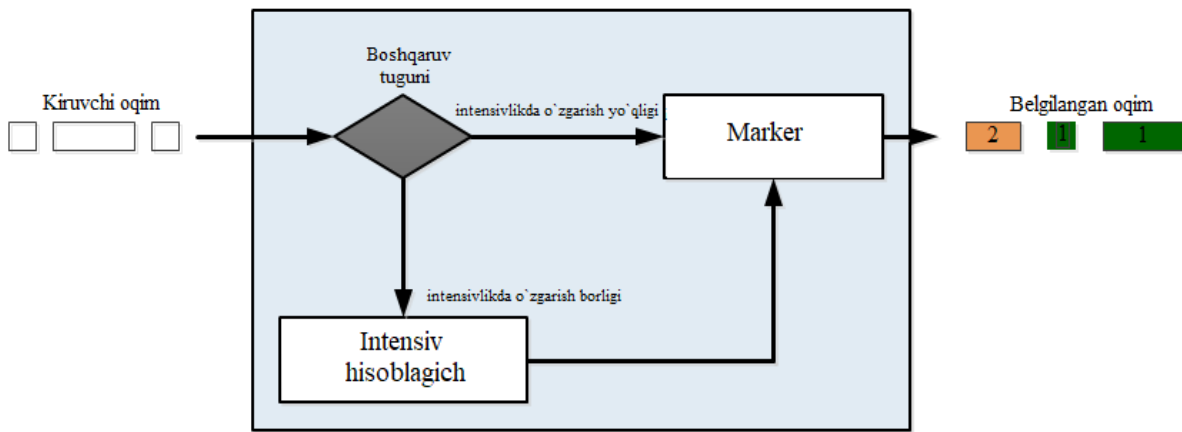
Token Bucket har qanday amalni qo‘llash imkonini beradi (qayta tiklash yoki belgilash) faqat e‘lon qilingan profilga mos kelmaydigan paketlar uchun, profilga mos keladigan paketlar esa, cheklangan chiquvchi yuk intensivligi bilan bog‘liq hech qanday qo‘shimcha kechikishlarsiz Token paqiridan o‘tadi. Ushbu algoritm IntServ va DiffServ arxitekturalarida ham qo‘llaniladi. 2.3- rasmda Token Bucket algoritmining "tekislash" rejimida ishlashi ko‘rsatilgan.



2.3.- rasm. Token Bucket algoritmining ishlashi: ‘tekislash’ rejimi

Ushbu rejim uchun noqulay yuklama harakati funksiyasi  $A(t)$  qo‘shimcha ravishda aniqlanadi, bu va xizmat ko‘rsatish tezligi o‘rtasidagi farq  $r$  yumshatilishi kerak bo‘lgan yuk miqdorini aniqlaydi. Maksimal Shaping Delay (MSD) parametri sifatida aniqlangan tekislash uchun zarur bo‘lgan vaqt miqdorini hisoblash uchun ifoda berilgan - bu farqning qiymati  $t_1 - t_0$

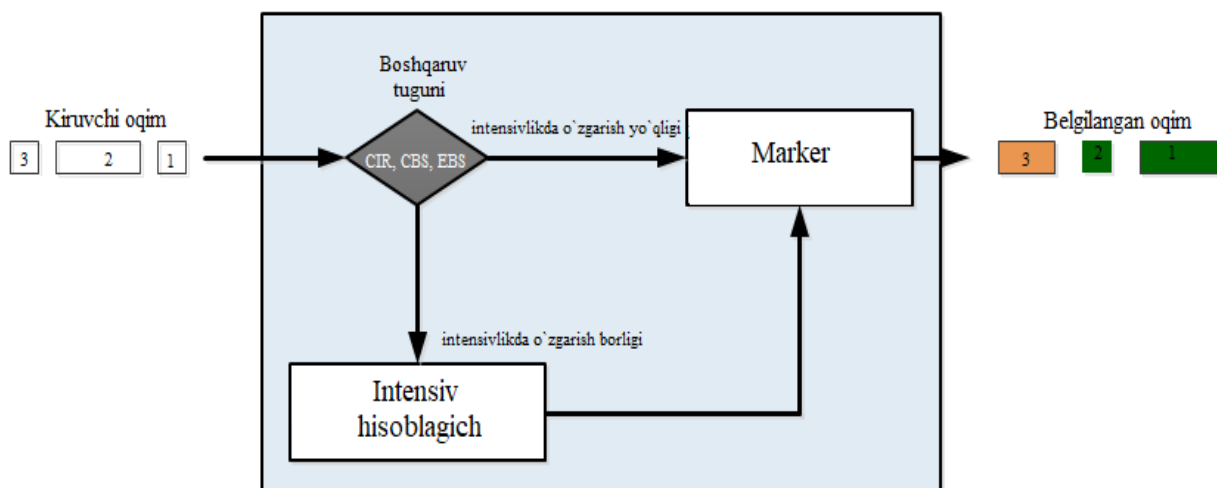
**2 ta rangli marker bilan o‘tish vaqti oynasi algoritmi.** Ikki rangli belgili vaqtni o‘zgartirish oynasi — (Time Sliding Window with Two Color Marking, TSWTCM) algoritmi (2.4-rasm) 2 komponentdan iborat: intensivlik hisoblagichi va qayta o‘rnatish ustuvorligiga qo‘shimcha ravishda har bir paketga o‘ziga xos rangni belgilaydigan marker.



2.4- rasm. TSWTCM ni ishlash sxemasi

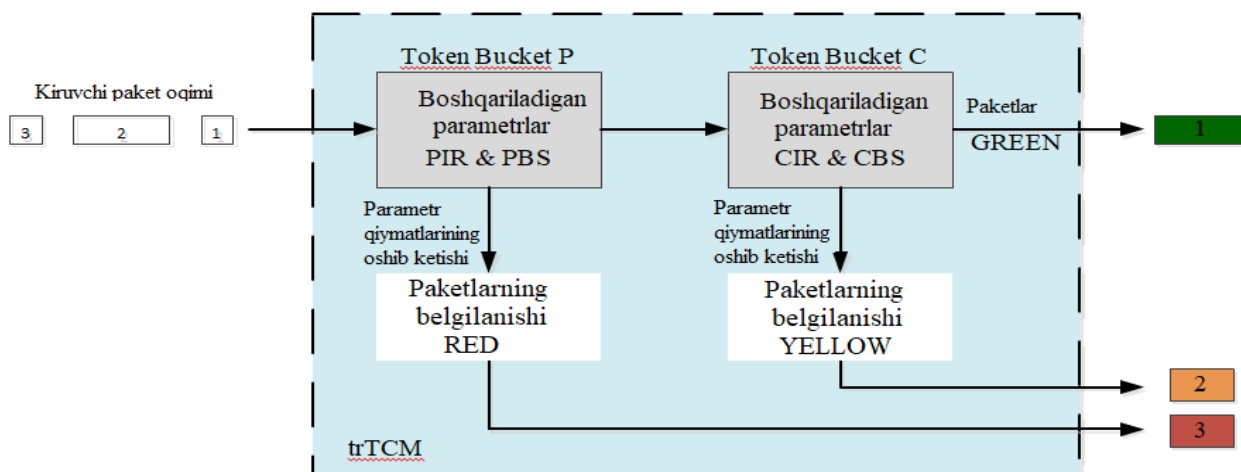
Paket qabul qilinganda, baholovchi trafikni qabul qilish intensivligining o‘shishini hisobga olgan holda axborot olish tezligini baholaydi, kiruvchi oqimning uzoq muddatli o‘lchangan intensivligini taxmin qiladi. Marker, paketni qo‘shimcha ustunlikni belgilaydigan ikkita rangdan birini belgilash uchun taxminiy intensivlikdan foydalanadi.

**Uch rangli marker algoritmi.** Bitta kiruvchi oqim uchun uch rangli marker algoritmi (A Single Rate Three Color Marker, srTSM) TSWTCM printsiptiga o‘xshash ishlaydi [15]. ‘Meter’ paketlarni o‘lchaydi va o‘lchov natijalarini markerga (Marker) uzatadi. SrTCM belgisi kiruvchi IP-oqim paketlarini o‘lchaydi va paketlarni yashil, sariq yoki qizil rangda belgilaydi (2.5- rasm). Belgilar Committed Information Rate (CIR) parametriga va portlovchi trafik bilan bog‘liq ikkita parametriga asoslangan — Committed Burst Size (CBS) va Excess Burst Size (EBS). Paket, agar u CBS dan oshmasa, yashil rangda belgilanadi, agar qabul qilish intensivligi CBS dan oshib ketgan bo‘lsa, lekin EBS dan oshmasa va boshqa holatda qizil bo‘lsa, yashil rangda belgilanadi, agar qabul qilish intensivligi CBSdan oshib ketgan bo‘lsa, lekin EBS dan oshmasa va boshqa holatda qizil bo‘lsa [14, 16].



2.5- rasm. SrTCMni ishlash sxemasi

**Ikki parametrlı uch ranglı marker.** Ikki parametrlı uch ranglı marker (ikkita raqamli uch ranglı Marker (track)) IP-paketlarni o‘lchaydi va paketlarni yashil, sariq yoki qizil rangda belgilaydi [16]. Paket hajmi Peak Information Rate (PIR) dan yuqori bo‘lsa, paket qizil rangda belgilanadi. Aks holda, oqi sariq yoki yashil rangga bo‘yalgan, bu parametrlning qiymati oshib ketgan yoki yo‘qligiga qarab Committed Information Rate (CIR)ni tanlaydi.



2.6- rasm. trTCM algoritmi

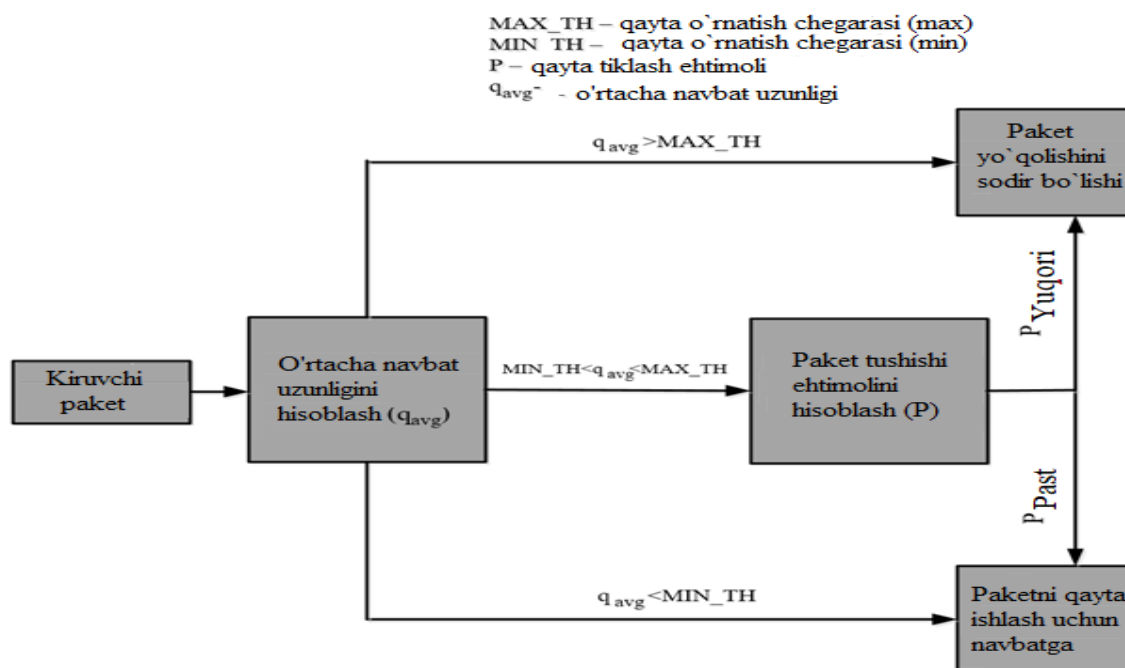
trTCM ikkita rejimdan birida ishlashi mumkin: rangni hisobga olgan va rangni hisobga olmagan holda. Rangni hisobga olmagan holda (color-blind) rejimda paketlar avvalgi belgidan qat’iy nazar, PIR va CIR parametrlariga nisbatan baholash orqali amalga oshiriladi (2.6-rasm). Rangni hisobga olgan holda (color-aware) rejimida paketlar



markirovkasi PIR va CIR parametrlariga nisbatan joriy rang va baholashni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Agar paketlar ranglarning hech biri bilan belgilanmagan bo'lsa, ular o'zgarishsiz qoldiriladi.

## 2.6. Yuqori yuklanishlarni oldini olish algoritmlari

Tasodifiy erta aniqlash (Random Early Detect, RED) algoritmi o'rtacha navbat hajmini va statistik ehtimolliklarga asoslangan paketlarning tushishini kuzatadi. Agar bufer deyarli bo'sh bo'lsa, unda barcha kiruvchi paketlar qabul qilinadi [17-19]. Navbat oshgani sayin, kiruvchi paketni tashlab yuborish ehtimoli ham ortadi (2.7-rasm). Bufer to'lganida, ehtimollik 1 ga yetdi va barcha kiruvchi paketlar o'chiriladi.

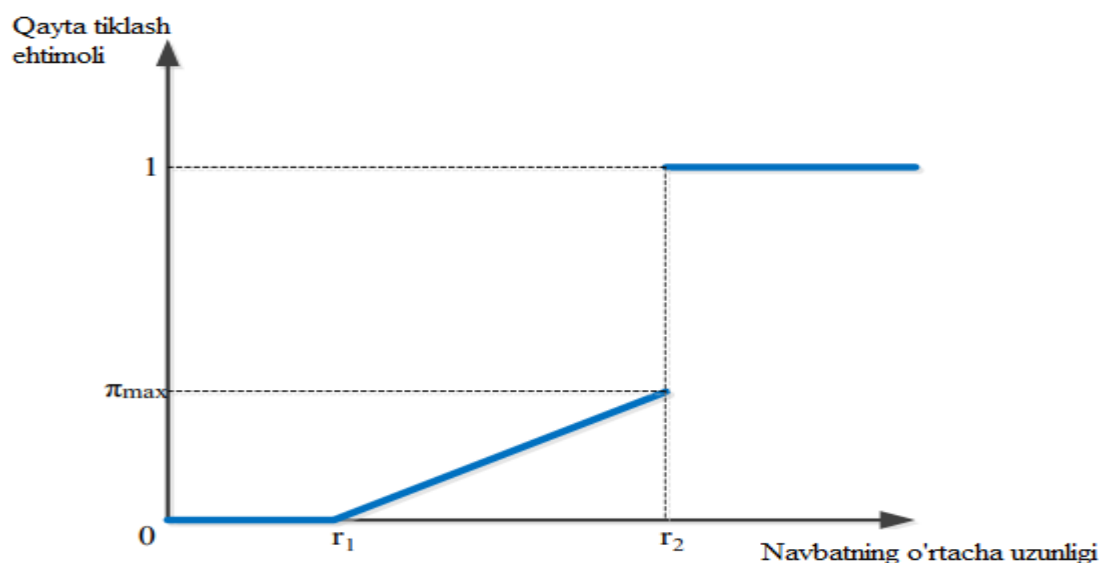


2.7 – rasm. REDning tavsifi

Paket qabul qilinganda,  $q$  navbatining o'rtacha uzunligi hisoblab chiqiladi, buning asosida  $r_1$  va  $r_2$  ning ikkita chegarasi hisobga olinadi  $\pi(q)$ :

$$\pi(\bar{q}) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \bar{q} \leq r_1 \\ \frac{\bar{q} - r_1}{r_2 - r_1} \pi_{\max}, & r_1 \leq \bar{q} \leq r_2 \\ 1, & \bar{q} > r_2 \end{cases}$$

$\pi_{max}$  - qayta tiklash ehtimoli maksimal qiymatini belgilaydigan parameter.



2.8- rasm. Red algoritmidagi paketlarni asl holatini tiklash ehtimoli qiymatlarini o'zgartirish jadvali

$\bar{q}$  navbatining o'rtacha uzunligi qiymatini hisoblashda navbatning joriy hajmi va navbatning o'rtacha uzunligi oldingi qiymati hisobga olinadi va agar qabul qilish uchun navbat bo'sh bo'lsa, unda [12]

$$\bar{q} = (1 - \omega_q) \bar{q}_{oldin} + \omega_q q,$$

Aks holda,

$$\bar{q} = (1 - \omega_q)^{f(t-t_q)} \bar{q}_{oldin} ,$$

$q$  - joriy navbat hajmi;

$\omega_q$  - navbatning vazni;

$\bar{q}_{oldin}$  - oldingi o'rtacha navbat uzunligi qiymati;

$f$  — chiziqli vaqt funktsiyasi;

$t$  - joriy vaqt;

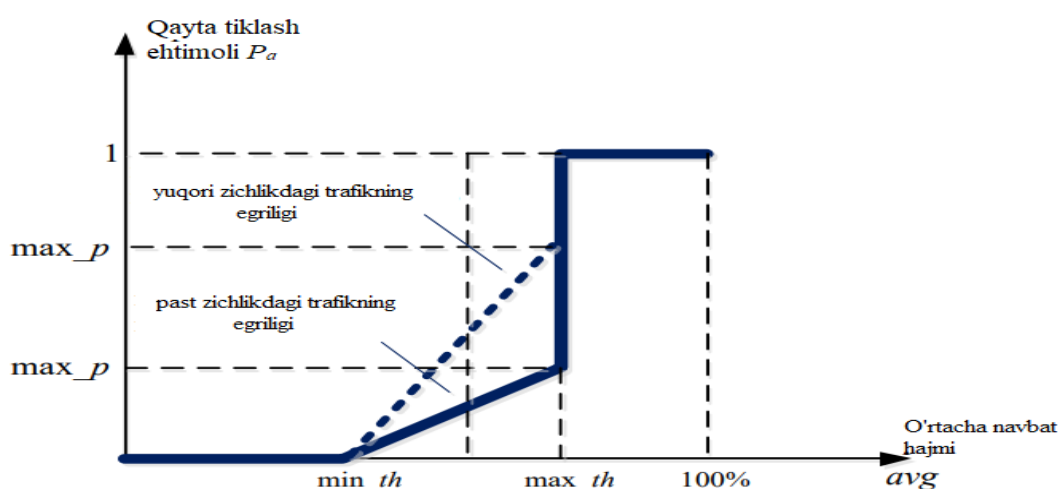
$t_q$  — vaqt momenti, qaysi navbatning bo'shligida.

## RED algoritmini amalga oshirish

RED algoritmini amalga oshirishning turli sohalari mavjud. Avvalo, albatta, haqiqiy jihozlarni ta'kidlash kerak. Hozirgi vaqtda RED ni amalga oshirish deyarli standart TCP/IP routerlarning funktsiyasidir. Ushbu dasturning ajdodi NS2 simulyatoridir. Haqiqiy tarmoqlarda Redning xatti-harakatlarini taxmin qilish simulyatsiyasi yordamida mumkin bo'lgan.

## ARED algoritmi

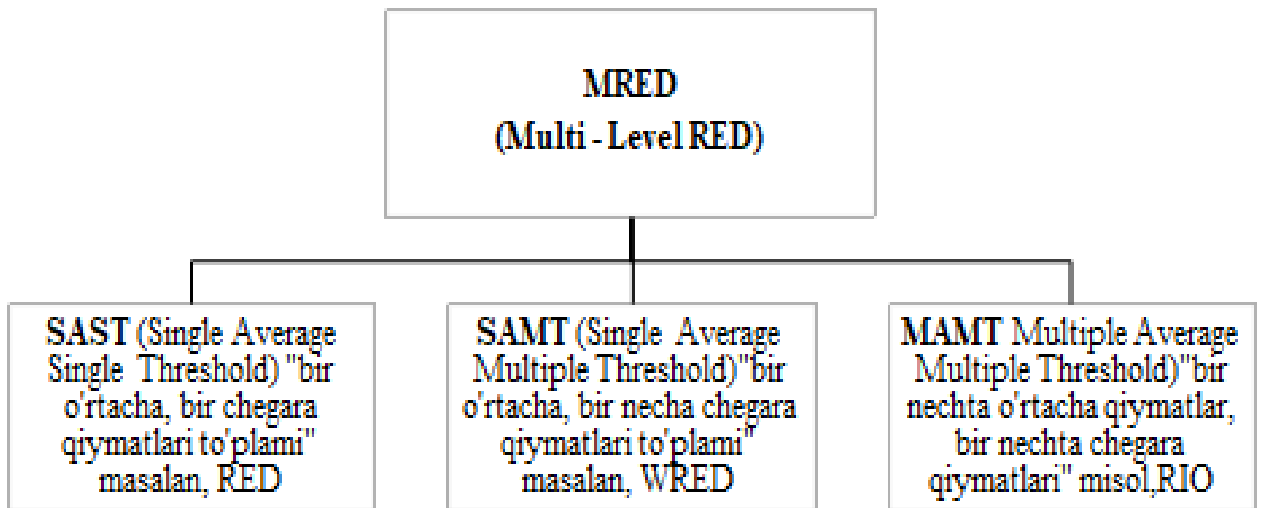
WRED adaptiv algoritmining asosiy printsiplari parametrlarning dinamik o'zgarishi hisoblanadi. Yangi parametr qiymatlarini hisoblash ma'lum bir vaqt uchun yuk ma'lumotlari asosida amalga oshiriladi. ARED max\_p parametrining qiymatini dinamik ravishda o'lchaydi, bu o'rta uzunlikdagi navbatdagi qiymatlarga asoslangan. ARED ishida muhim nuqta-yuqori va pastki chegaralarga yaqin joylarda uning xatti-harakati (2.9-rasm).



2.9. – rasm. ARED ning ishlash algoritmi

## MRED sinfi algoritmlari ('ko'p darajali' RED)

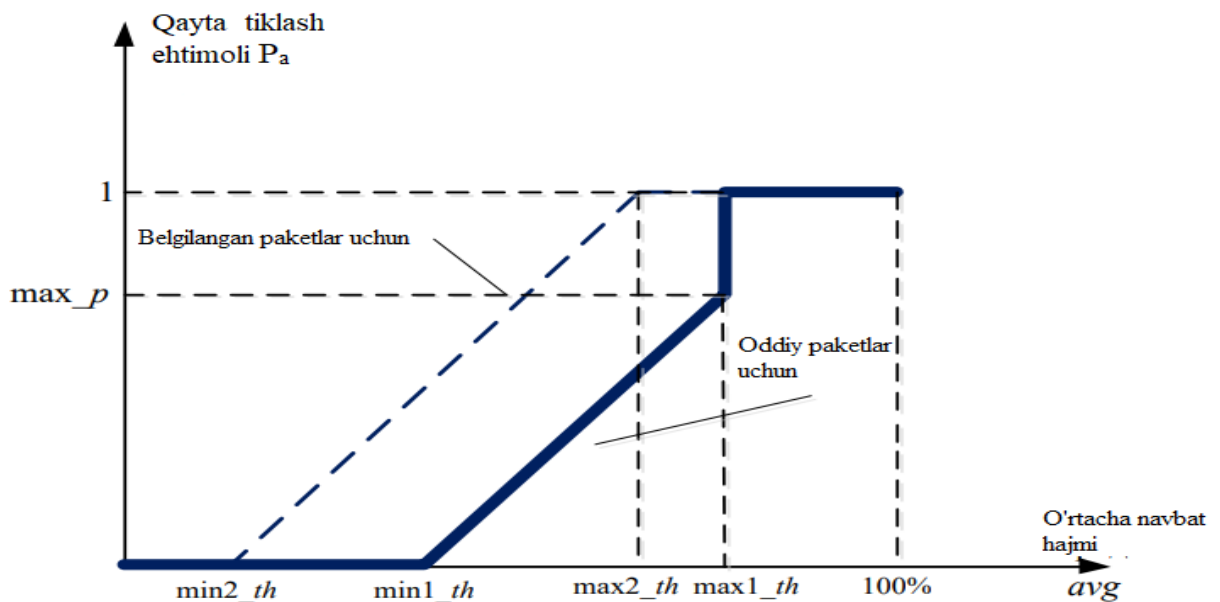
Ushbu algoritmi REDga asoslangan va paketlarning ustuvorliklarini qo'llab-quvvatlaydi, DiffServ va AF PHB arxitekturasini qo'llab-quvvatlaydigan routerlar uchun keladigan yuklamani yanada moslashuvchan boshqarish uchun o'zgartirish talab qilinadi (2.10-rasm).



2.10.-rasm. MRED algoritmlarini tasniflash

### WRED algoritmi

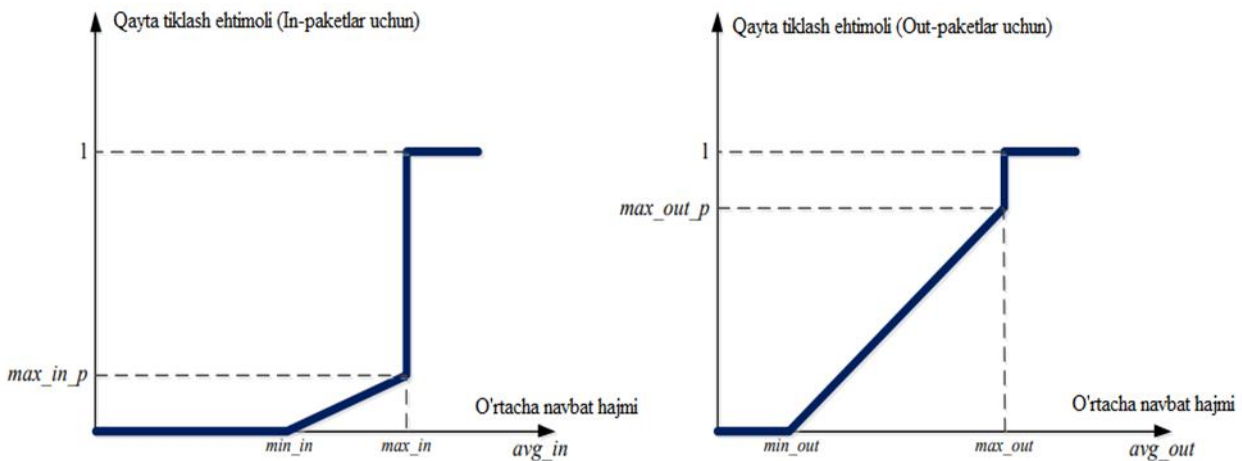
WRED va RED o'rtasidagi farq shundaki, har bir ustuvor paketlar uchun alohida parametrlar to'plami belgilanadi. Wred parametrizatsiyasi juda murakkab, chunki paketlar routerga kelishi mumkin bo'lgan ustuvorliklar soniga to'g'ridan-to'g'ri proporsional ravishda o'rnatilishi kerak bo'lgan qiymat miqdori.



2.11. - WRED algoritmi

## RIO algoritmi

RIO navbatni boshqarish algoritmi (RED In & Out) butunlay RED algoritmiga o'xshash, faqat ikkita parametr qiymatlari to'plami – har bir to'plam alohida paket klassi uchun parametrlangan. 2 – sinf paketlar mavjud-belgilanmagan (in – profile), ya'ni paket oqimiga tegishli bo'lsa, parametr qiymatlari oldindan belgilangan miqdorlardan oshmasa va belgilangan (out – profile) paket tegishli bo'lsa, parametrlar qiymatlari oldindan belgilangan miqdorlardan oshib ketadigan oqim. RIO algoritmi Red algoritmining o'zgarishi va bu algoritmlarning ishlash tamoyillari bir xil ekanligi ravshan. Aslida RIO Redning murakkab versiyasidir, chunki ikkita parametr to'plamini nazorat qilish kerak: biri belgilanmagan paketlar uchun, ikkinchisi esa etiketkalar uchun.



2.12. – rasm. Rio algoritmi

## FRED algoritmi

FRED (flow RED) modifikatsiyasi Redning ishlashi bilan resurslarni adolatli taqsimlashga mos kelmaslik muammosini hal qilish uchun ishlab chiqilgan. FRED algoritmi TCP ulanishlaridan unadaptiv yukni samarali ravishda ajratish imkonini beradi, shuningdek, past tezlikli TCP ulanish paketlarini adolatsiz tiklashdan himoya qiladi. Bunday murakkab vazifalarni amalga oshirish uchun FRED algoritmi har bir oqim uchun davlat nazorat qilish imkonini beradi, paketlar router navbatda bo'lgan.

**SRED (Stabilized RED – barqarorlashtirilgan RED)** – algoritmi REDning ishlash parametrlarini yaxshilashga imkon beradi, shu jumladan, faol qabul qiluvchilar sonidan qat'iy nazar, navbat hajmini ma'lum darajada saqlab turish va FREDdan farqli o'laroq, faol manbalar sonini baholash har bir oqim haqida holatni saqlamasdan amalga oshiriladi.

**RED – PD (RED with Preferential Dropping – RED imtiyozli Reset imkoniyati bilan)**). Ushbu algoritmi 2001 yilda taklif qilingan va amalga oshirish uchun samarali va juda oddiy deb ta'riflanishi mumkin. Buning sababi, bir tomondan, RED-PDda manba nazoratini amalga oshiriladi, ikkinchidan, holat boshqaruvi faqat yuqori yuklamani yaratadigan oqimlar uchun amalga oshiriladi.

## **2.7. Navbatlarga xizmat ko'rsatish algoritmlari**

Navbat mexanizmlari paketlar kommutatsiyasi qo'llaniladigan barcha tarmoq qurilmalarida ishlatiladi – ya'ni marshrutizatorlarda, lokal yoki global tarmoq kommutatorida va ohirgi tugunda. Tarmoq qurilmasi kelayotgan paketlarni chiquvchi interfeysga uzatishga ulgurmasligi natijasida vaqtinchalik tirbandliklar xosil bo'ladi va navbatga ehtiyoj paydo bo'ladi. Tarmoq qurilmalarida mumkin bo'lgan navbatlar uzunliklarining baholanishi, trafikning ma'lum xarakteristikalarida xizmat ko'rsatish sifati parametrlarini aniqlashga imkon bergan bo'lar yedi. Lekin navbatlarning o'zgarishi bir qancha omillar ta'sir qiluvchi ehtimol jarayon, asosan navbatlarni qayta ishlovchi murakkab algoritmlarda.

Marshrutizatorlarda va kommutatorlarda ko'pincha quyidagi navbatlarni qayta ishlovchi algoritmlar ishlatiladi [11,13]:

- an'anaviy FIFO algoritmi;
- ustuvor xizmat ko'rsatish (Priority Queuing);
- sozlanuvchi navbatlar (Custom Queuing);
- muvozanatli adolatli xizmat ko'rsatish (Weighted Fair Queuing, WFQ).

Har bir algoritmi aniq bir vazifani hal qilish uchun ishlab chiqarilgan va shuning uchun tarmoqdagi trafik turlarining xizmat

ko'rsatish sifatiga o'ziga xos tarzda ta'sir qiladi. Ushbu algoritmlarni kombinatsiyalagan holda qo'llash mumkin.

**FIFO algoritmining printsipi quyidagicha.** Tirbandlik paydo bo'lganda paketlar navbatga qo'yiladi, tirbandlik yo'qolganida yoki kamayganida esa paketlar kelish tartibi bo'yicha uzatiladi (First In — First Out). Navbatlarni qayta ishlovchi ushbu algoritm paketlar kommutatsiyasi bor barcha qurilmalarda odatiy qo'llaniladi. U amalga oshirilishida soddaligi va konfiguratsiyalashga ehtiyoj yo'qligi bilan ajralib turadi, ammo uning o'ziga xos kamchiliklari bor – turli oqimlarning paketlarini differentsial qayta ishlash mumkin emas. FIFO navbatlari tarmoq qurilmalarining to'g'ri ishlashi uchun zarur, lekin ular differentsial xizmat ko'rsatish sifatini qo'llab-quvvatlay olmaydi.

**Trafikni qayta ishlashning ustuvor mexanizmi** barcha tarmoq trafigini bir nechta kichik sinflarga ma'lum bir sonli atribut-ustuvorlik belgilash bilan sinflarga ajratishni nazarda tutadi. Sinflarga ajratish har xil usullarda amalga oshirilishi mumkin.

Trafikni klassifikatsiyalash usulidan qat'i nazar, sinflar soniga qarab tarmoq qurilmasida bir nechta navbatlar bor bo'ladi. Tirbandlik paytida kelgan paket, ustuvorligi bo'yicha navbatga qo'yiladi. Navbatlarning ustuvorligi qayta ilanishi absolyut xarakterga ega: ustuvorliroq barcha paketlarni tanlab bo'lmasdan, keyingi kichikroq ustuvorlikga ega paketlarni qayta ishlash uchun o'tmaydi. Shuning uchun o'rta ustuvorlikdagi paketlar har doim, yuqori ustuvorlikdagi paketlardan keyin, past ustuvorlikdagi paketlar bo'lsa – barcha yuqori turuvchilar yo'q bo'lganda qayta ishlanadi.

Tarmoq qurilmasining bufer xotirasi hajmi har bir navbat uzunligini cheklaydi. Odatda, barcha ustuvor navbatlarga bir xil o'lchamdagi bufer hajmi ajratiladi, lekin ko'pchilik qurilmalar administratorga har bir navbat uchun alohida bufer hajmini ajratishga imkon beradi. Uning maksimal uzunligi ushbu ustuvorlikning navbatida saqlanishi mumkin bo'lgan paketlar sonining chegarasini belgilaydi. Bufer to'la bo'lganda kelgan paket shunchaki tashlab yuboriladi.

Navbatlarga ustuvorli xizmat ko'rsatish eng ustuvor navbat paketlari uchun yuqori xizmat sifatini ta'minlaydi. Agar ularning tarmoq

qurilmasiga kelishining o'rtacha intensivligi chiquvchi interfeysning utkazish tezligidan katta bo'lmasa, unda yuqori ustuvorlikga ega paketlar kerakli o'tkazish tezligini oladi. Boshqa qolgan ustuvorlikdagi sinflarga xizmat ko'rsatilishi sifati, yuqori ustuvorlikga ega paketlarga qaraganda pastroq bo'ladi, ularning pasayish darajasini ko'rish murakkab hisoblanadi. Pasayish darajasi yuqori ustuvorlikdagi ma'lumotlar uzatish intensivligi katta bo'lganda sezilishi mumkin. Shuning uchun ustuvor xizmat ko'rsatish tarmoqda tutilishlarga ta'sirchan trafiklar mavjud bo'lganda qo'llaniladi, lekin bunday trafiklar intensivligi past bo'ladi va boshqa trafiklarga unchalik katta zarar bermaydi.

**Muvozanatli navbatlar (Weighted Queuing) algoritmi** barcha trafik sinflariga aniq bir minimum utkazish qobiliyatini berish yoki tutilish talablarini qoniqtirish uchun ishlab chiqilgan. Qandaydir-bir sinf og'irligi deb interfeysning o'tkazish qobiliyatidan trafik turiga ajratilgan ulushi tushuniladi. Administrator tomonidan quyiladigan trafik sinflari og'irligi algoritmi "sozlanuvchi navbat" (Custom Queuing) deb ataladi. Og'irliklar qandaydir-bir adaptiv strategiya asosida avtomatik tarzda tayinlanishida, "muvozanatli adolatli xizmat ko'rsatish (Weighted Fair Queuing, WFQ)" deb ataladigan algoritm amalga oshiriladi.

**Muvozanatli va ustuvor xizmat ko'rsatishlarda** trafik bir nechta sinflarga ajratiladi va har biriga alohida paket navbatlari kiritiladi. Interfeys haddan tashqari yuklanganida har bir navbat uchun interfeysning o'tkazish qobiliyatidan, ma'lum bir trafik sinfiga kafolatlangan alohida ulush bog'langan bo'ladi. Qo'yilgan maqsad navbatlarga ketma-ket va siklik xizmat ko'rsatilishi orqali yerishiladi va har bir siklda har bir navbatdan og'irligiga mos bo'lgan baytlar soni olinadi. Natijada har bir trafik sinfiga kafolatlangan minimum o'tkazish qobiliyati beriladi, bu past ustuvorlikdagi sinflarning yuqori ustuvorlikdagilar bilan to'xtatilib qo'yilishiga qaraganda yaxshiroq natija hisoblanadi.

Muvozanatli xizmat ko'rsatish algoritmi uchun QoS ning aniq parametrlar ahamiyatini oldindan ko'rish murakkab. Ular tarmoq qurilmasining dinamik o'zgaruvchan yuklanish parametrlariga bog'liq –



ya'ni barcha sinflardagi paketlar intensivligi va paketlar kelishining oralig'idagi vaqt o'zgarishlari. Umumiy holda muvozanatli xizmat ko'rsatish, eng ustuvor sinfga birinchi xizmat ko'rsatishda katta tutilishlarga olib keladi, past ustuvorli sinflar uchun esa ma'qul keladi.

**Muvozanatli adolatli xizmat ko'rsatish (Weighted Fair Queuing, WFQ)** – bu muvozanatli va ustuvorli xizmat ko'rsatishlarni o'z ichiga oluvchi birlashtirilgan navbat mexanizmi. Tarmoq qurilmalarini ishlab chiqaruvchilar o'zlarining WFQ amalga oshirishlarini taklif qilishadi, ular og'irlik taqsimlanish usullari va har xil ishlash tartiblarini qo'llab-quvvatlashlari bilan farqlanadi, shuning uchun har biri uchun WFQ qo'llab-quvvatlanishining barcha tafsilotlarini o'rganib chiqish kerak bo'ladi.

Sxemalarning eng keng tarqalgani o'zida ustuvor-sxema bo'yicha xizmat ko'rsatadigan bir navbat mavjudligini ko'zda tutadi – unda hamma vaqt birinchi navbatda va undan barcha so'rovlar amalga oshirilmaguncha printsiplari amalga oshiriladi. Ushbu navbat tizim xabarlari, yeng muhim paketlar va talabchan ilovalar uchun mo'ljallangan. Har qanday holatda bunday trafiklar intensivligi yuqori bo'lmaydi, shuning uchun interfeys o'tkazish qobiliyatining katta qismi boshqa sinflarga qoladi.

Tarmoq qurilmasi boshqa navbatlarni muvozanatli xizmat ko'rsatish algoritmgiga tegishli holda ketma-ket ko'rib chiqadi. Muvozanatli xizmat ko'rsatishda bajarilganidek administrator har bir trafik sinflari uchun og'irlik kiritishi mumkin. Odatiy ishlash variantida qolgan barcha trafik sinflari uchun interfeysdan teng o'tkazish qobiliyati ulushi beriladi.

Afsuski, ushbu savol borasidagi ishlarning bugungi holatida, navbatlar tuzilishi ko'pincha odatiy sozlamalar bilan yoki tarmoq administratori malakasiga qarab qo'lda amalga oshiriladi. Ko'pchilik vositalar interfeys holati dinamik o'zgarishiga bog'liq emas holda statik yechimlarga asoslanadi.

### **3. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOG‘I SIFAT KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASHNING MATEMATIK ASOSLARI**

#### **3.1. Telekommunikatsiya tarmog‘ining funksional arxitekturasi va sifat ko‘rsatkichlarini baholash metodologiyasi**

Telekommunikatsiya tarmog‘ining qurilishi, boshqaruvi va ekspluatatsiyasi turli pozitsiyalarda va turli darajalarda ko‘rib chiqilishi mumkin. Har bir daraja (foydalanuvchi, provayder, operator va h.k.) uchun tarmoq o‘zining talabi va tarmoq bilan o‘zaro ta‘sirida, darajalarning funksiyalariga mos ravishda ifodalanadi. Tarmoq funksiyalari o‘rtasidagi kelishilgan harakatlar tartibi funksional modeldagi elementlar o‘rtasidagi munosabatlarni belgilaydi.

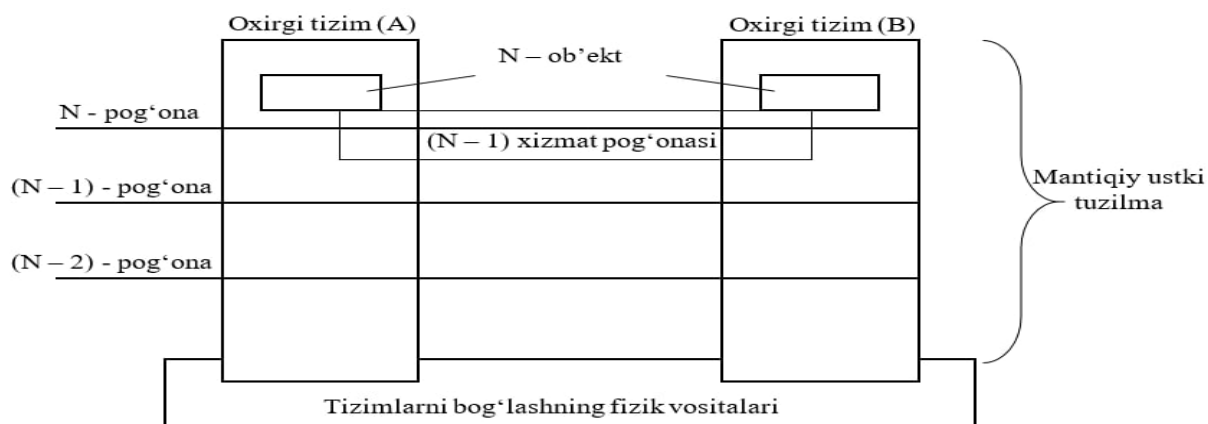
Funksional model - bu tarmoqning jismoniy mustaqil amalga oshirish tamoyillaridan mantiqiy darajadagi mavhum tavsifidir [20]. Bunday model tarmoqda bajariladigan, uning strukturaviy elementlari bo‘lgan funksiyalarning o‘zaro munosabatlarini aks ettiradi. Funksiya muayyan vazifani bajaradigan qandaydir mantiqiy elementdir. Funksiyalarni jismoniy jihatdan turli xil ko‘rinishda amalga oshirish imkonini beradi: apparat va dasturiy mahsulotlar ko‘rinishida. Dasturiy mahsulotlar shaklida amalga oshiriladigan funksiyalar odatda obyektlar deb ataladi. Funksiyalarni u yoki bu shaklda jismoniy jihatdan amalga oshirishda ularni alohida funksional quyi tizimlar shaklida guruhlashga ruxsat beriladi. Bunday quyi tizimlar mantiqiy modullar deb ataladi. Ayrim funksiyalar (obyektlar) va mantiqiy modullar o‘rtasidagi bunday o‘zaro ta‘sirning to‘liq tavsifi (aniq tavsifi) mantiqiy interfeys deb ataladi [16]. Mantiqiy interfeys - bu o‘zaro ta‘sir qiluvchi elementlarning xatti-harakati uchun qoidalar to‘plamini va almashinadigan ma’lumotni taqdim etish formatini o‘z ichiga olgan keng qamrovli tushunchadir. Format ostida tuzilishga ega bo‘lgan ma’lumotlar elementlari uchun pozitsiyalar to‘plami tushuniladi. Xuddi shu turdagi funksiyalar (obyektlar) o‘rtasidagi mantiqiy interfeys protokol deb ataladi, aloqa funksiyalari o‘rtasida - telekommunikatsiya tarmog‘ining mos yozuvlar nuqtasi mavjud.

Arxitektura odatda barcha xilma-xil elementlarni, ular orasidagi aloqalarni va ularning o'zaro ta'siri qoidalarini aks ettiruvchi tarmoqning tizim tavsifi deb ataladi. Tizim tavsifi deganda obyektning modellar ko'rinishidagi ko'p darajali tavsifi tushuniladi, ularning har biri obyektни ko'rib chiqishning ma'lum bir tomonida aks ettiradi.

Tarmoq arxitekturasini tavsiflash uchun modelni ko'rsatishning turli usullaridan foydalanish mumkin. Masalan, grafik modellar tarmoq topologiyasini, quyi tizimlar va elementlarning munosabatlarini ko'rsatish uchun ishlatilishi mumkin. Turli darajadagi vakillik va tafsilotlar elementlarining o'zaro ta'siri qoidalari odatda tarmoqning ko'p darajali tavsifining protokol modellari deb ataladi.

Eng keng tarqalgan protokol modeli - Ochiq tizimlarning o'zaro bog'liqligi mos yozuvlar modeli - ISO 7498:1996, Information processing systems - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model, RM OSI [ITU-T Rec. X.200], tizimning o'zaro ta'sirining turli darajalarini belgilaydi, ularga standart nomlar beradi va har bir qatlam qanday ishni bajarishi kerakligini belgilaydi. OSI modelida o'zaro ta'sir yetti darajaga bo'linadi, bunda har bir daraja o'zaro ta'sirning bir o'ziga xos jihati bilan shug'ullanadi va yuqori va pastki qatlamli interfeyslarni qo'llab-quvvatlaydi [21].

Protokol modeli tarmoqning dispers obyektlar va funktsional modullarning o'zaro ta'siri qoidalari darajasida ishlashini tavsiflaydi. Ikki tarmoq so'nggi tizimlarining ilovalari o'rtasidagi o'zaro ta'sirni ta'minlaydigan protokollarning to'liq to'plami juda katta, chunki bu holda juda ko'p tarmoq funktsiyalari (obyektlari) faollashadi. Protokol modelini qurishda barcha protokollarni obyektlarning funktsional modullarga birikmasiga mos keladigan guruhlarga bo'lish qulay, ularning har biri bir-biri bilan chambarchas bog'liq bo'lgan vazifalarning ma'lum doirasini hal qiladi. Bunday protokollar guruhi protokol qatlami yoki protokol bloki deb ataladi. Ular odatda funktsional modullar tomonidan bajariladigan vazifalar iyerarxiyasiga mos keladigan iyerarxik tartibda joylashtiriladi (3.1-rasm) [16].



3.1-rasm. Protokol modelini qurish printsiipi

N-darajali vazifani bajarishda ma'lum darajadagi funktsiyalarning mahalliy majmuasini bajaradigan N-obyektlar ishtirok etadi. Shu bilan birga, protokol bloklari shunday darajalarga bo'linadiki, N-darajali topshiriqni bajarish qobiliyati butunlay (N-1)-chi darajadan past bo'lgan obyektlar ishtirokiga bog'liq va ta'minlanadi va hokazo. Shunday qilib, N-obyektlar (N-1)-obyektlar, (N-1)-obyektlar - (N-2)-obyektlar va boshqalar bilan o'zaro ta'sirda ishtirok etadi. Shu bilan birga, har bir quyi daraja yuqoriroqlarga xizmat ko'rsatadi.

Har qanday N-darajali obyekt faol holatga o'tgandan so'ng, ikki turdagi ma'lumotlarni taqdim etadi:

- boshqa oxirgi tizimning N-obyekti uchun mo'ljallangan (masalan, foydalanuvchi ma'lumotlari) va N-darajali obyektarning ulanishini o'rnatish operatsiyalari bilan bog'liq bo'lmagan ma'lumotlar;
- (N-1)-darajali obyekt uchun mo'ljallangan boshqaruv ma'lumotlari, ularning yordami bilan N-obyektlarni ulash protseduralarini muvofiqlashtirish amalga oshiriladi.

Turli xil yakuniy tizimlarda bir xil darajadagi obyektarning o'zaro ta'sir qilish tartibini belgilovchi kelishuvlar protokol deb ataladi va bir xil so'nggi tizimda turli darajadagi obyektarning o'zaro ta'sir qilish tartibini belgilaydigan kelishuvlar interfeys deb ataladi. Vizual ravishda funktsional modullar ochiq tizimlarning o'zaro bog'liqlik funktsiyalarida ko'rib chiqilishi mumkin, ularning ko'lami ko'plab tarmoq va telekommunikatsiya texnologiyalari va ularning tarkibiy qismlarini, qurilmalarning o'zaro ta'sirining jismoniy darajasidan tortib, keng

doiradagi yechimlarni tarmoq ilovalari va xizmatlarini o'z ichiga oladi [6]. Shu bilan birga, tizimlarning ochiqligi (asosiy tarmoq protokollari va xizmatlari standartlari, umumiy maqsadli dastur protokollari standartlari va tarqatilgan ilovalarning spetsifikatsiyalari, shu jumladan texnik xususiyatlar bilan oqlangan tizimlarni o'zaro bog'lash sohasidagi muhim xususiyatdir. OSI modelining amaliy qatlami va Internet standartlari) tizimlar yoki ularning interfeyslari chegaralarida kuzatilgan xatti-harakatlarini standartlashtirish asosida erishiladi. Standartlashtirilgan interfeyslarga ega bo'lgan bunday tizimlar protokollar va interfeyslar uchun spetsifikatsiyalarni iyerarxik tartiblash darajalarini ajratish, telekommunikatsiya tarmog'ining faoliyatini samarali tashkil etish uchun komponentlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir jarayonlarini ko'rib chiqish va tekshirish imkonini beradi.

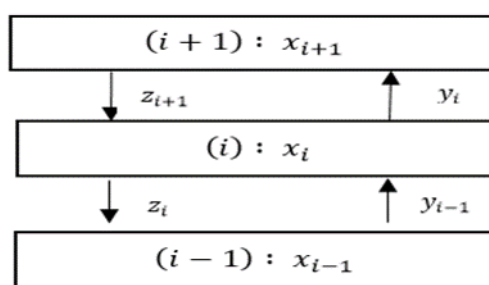
*Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarining samaradorligi muammolari. Samaradorlik ko'rsatkichlari va mezonlari*

Samaradorlik har qanday tizimning asosiy xususiyatlaridan biri bo'lib, uni qo'llash yoki ishlatish natijasini tavsiflaydi. Samaradorlik - bu tizimning ishlash jarayonining xususiyati (sifati), uning tizimga yuklangan vazifalarni hal qilishga moslashishi sifatida tavsiflanadi. Ishlash ko'rsatkichlarini tanlashda ular odatda quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishga intiladi: to'liqlik, tizim ishlashining stoxastik shartlarini to'g'ri hisobga olish, amalga oshirish (hisoblash qobiliyati), barqarorlik, nazorat qilinadigan parametrlarga nisbatan tanqidiylik (sezuvchanlik), nazoratsiz parametrlarga past sezgirlik va dastlabki ma'lumotlar.

Samaradorlik nazariyasida [22] har qanday tizimni yuqori iyerarxik darajadagi (supertizim) tizimdagi quyi tizim (quyi tizim) deb hisoblash mumkin. Shu munosabat bilan tizim samaradorligining o'ziga xos (tashqi) va o'ziga xos (ichki) mezonlari mavjud. Har qanday tizimning samaradorligini o'rganishda ikkita muammo paydo bo'ladi: to'g'ridan-to'g'ri va teskari. To'g'ridan-to'g'ri vazifa (tahlil vazifasi) tizimning ishlash natijasini berilgan xususiyatlar va qo'llash shartlari bilan baholashdan iborat. Shu bilan birga, ishlash ko'rsatkichlari hisoblab chiqiladi va tahlil qilinadi (ko'p o'zgaruvchan yechim bo'lishi mumkin). Teskari muammo (sintez muammosi) tizimning

xususiyatlarini, xususiyatlarini va qo‘llash shartlarini aniqlash bilan bog‘liq bo‘lib, unda samaradorlik talab qilinadigan yoki tanlangan mezon ma’nosida optimal bo‘ladi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri va teskari vazifalarda samaradorlikni o‘rganishning ajralmas bosqichlari tizimning ishlash maqsadlarini aniqlash, mezon va samaradorlik ko‘rsatkichlarini asoslash va tanlash, tizimning matematik modelini va uning ishlashini tuzish samaradorlik ko‘rsatkichlarini baholash va natijalarni tahlil qilish.dir.

Samaradorlikni baholashda murakkab tizimlarni o‘rganish tamoyillaridan foydalaniladi [23].  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  to‘plam elementlari tizimning muhitini va ishlash rejimlarini tavsiflovchi parametrlar bo‘lsin.  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  to‘plam elementlari tizimning samaradorligini tavsiflovchi ko‘rsatkichlaridir (3.2-rasm).



3.2-rasm. Samaradorlikni baholash

Tizim quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$S \subset X \times Y \quad (3.1)$$

bu yerda  $\times$ - Dekart ishlab chiqaruvchi belgisi.

Tizim funksional bo‘lsin:

$$F : X \rightarrow Y, Y = F(X). \quad (3.2)$$

$$P_b = P(E(F) \in E^H(F)) \quad (3.3)$$

Tizimning optimallik mezoni:

$$P_{v.opt} = \max_{x \in X} P_b. \quad (3.4)$$

Vazifani bajarish ehtimolining maksimal qiymatini ta'minlaydigan tizimning optimal ish rejimini aniqlash kerak.

(3.4) ehtimollikni aniqlash uchun funksiyalarning taqsimlanish qonuniyatlarini bilish kerak. Agar  $Y$  funksiyalarning taqsimlanish

qonunlari noma'lum bo'lsa, ko'pincha funksiyalarning o'rtacha qiymatlari qo'llaniladi. Ko'rsatkichlar, ularga qo'yiladigan talablar va mezonlarning umumiyligi tizim samaradorligini baholash imkonini beradi.

Bundan kelib chiqqan holda, telekommunikatsiya tarmog'i samaradorligi mezonlari va ko'rsatkichlarining umumiy shakllantirilishi ko'pchilik mavjud va paydo bo'layotgan tarmoqlar uchun samaradorlik masalalarini tizimli o'rganish sohasi orqada qolganligi bilan izohlanadi. Hozirgi vaqtda tarmoqlar va ularning elementlarini loyihalash va tadqiq qilishning turli bosqichlarida qo'llaniladigan alohida, ko'pincha nomuvofiq va qarama-qarshi mezonlar qo'llaniladi, lekin butun tarmoq axborot almashinuvi jarayoni, funktsional arxitektura va telekommunikatsiyalar samaradorligini baholash muammolarini hal qilish uchun unchalik mos kelmaydi.

Amalda tarmoqning samaradorligi odatda axborot almashinuvi samaradorligining individual ko'rsatkichlari bilan baholanadi. Bunday holda, ma'lum bir uzatish ishonchliligi bilan xabarlarni o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli ko'pincha asosiy integral (umumlashtirilgan) ishlash ko'rsatkichi sifatida ishlatiladi:

$$P_y = P(t \leq t_m). \quad (3.5)$$

Ko'rsatkich (1.5) tarmoqdagi xabarni yetkazib berish vaqtining ehtimollik o'lchovidir va  $t_m$  xabarning tarmoqda ma'lum bir me'yoriy qiymatdan oshmaydigan vaqt ichida uzatilishi ehtimolini aniqlaydi.

Tarmoqning integral ishlash ko'rsatkichiga qo'shimcha ravishda, o'z vaqtida (o'rtacha yetkazib berish muddati), ishonchlilik, ishlash, xavfsizlik, barqarorlik va boshqalarni tavsiflovchi shaxsiy ko'rsatkichlar qo'llaniladi. Xususan, quyidagilar qiziqish uyg'otadi: tarmoq ishlash ko'rsatkichi (protokollari) - berilgan ishonchlilik bilan vaqt birligida uzatiladigan xabarlar (ramkalar, paketlar) sonini tavsiflaydi; xabarni uzatish ishonchliligi ko'rsatkichi (ramka, paket) - tarmoqning so'nggi tugunlari ( mantiqiy protokol obyektlari) o'rtasida uzatish paytida xabarning (kadr, paketning) buzilishi ehtimoli sifatida aniqlanadi.

Hozirgi vaqtda hisoblash texnikasi unumdorligining keskin oshishi, har xil turdagi ma'lumotlar almashinuvining yuqori tezlikdagi texnologiyalarini jadal joriy etish, ularning sezilarli darajada murakkablashishi va qurilgan telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligiga qo'yiladigan talablarning kuchaytirilishi munosabati bilan ularni o'rganish vazifalari murakkablashdi.

Texnologik jihatdan rivojlangan va bir-biriga bog'langan bugungi dunyoda telekommunikatsiya sanoatida kuzatilayotgan eng muhim o'zgarishlardan biri bu yuqori tezlikdagi ulanishlar va tezroq ma'lumotlarni uzatish protokollariga bo'lgan talabning tobora ortib borayotganidir. SDN, NVF, 5G, AI va IoT sohalarida telekommunikatsiya tarmoqlarini rivojlantirish tendentsiyalari [24] ular murakkab axborot texnologiyalari tizimlari bo'lgan holda, tizim muhandisligining asosiy tamoyillariga muvofiq ravishda faqat tizimli yondashuv asosida o'rganilishi mumkinligini ko'rsatadi.

Telekommunikatsiya tarmog'i tizimli yondashuv doirasidagi murakkab tizim sifatida uning ishlash jarayonini, tashqi muhitga ta'sir qilish jarayonini va ma'lumotlarni uzatish uchun mo'ljallangan axborotni qabul qilish jarayonini tavsiflovchi o'zaro bog'liq modellar to'plamini yaratish orqali rasmiylashtirilishi mumkin. tarmoq va tarmoqning alohida quyi tizimlari tomonidan uzatish paytida qayta ishlash, shuningdek, mezonlarni shakllantirish va uning ishlash samaradorligi ko'rsatkichlari to'plamini tanlash.

Tizimli yondashuv kontekstida (OSI) telekommunikatsiya tarmog'i kabi murakkab tizimning funktsional arxitekturasini o'ziga xos amalga oshirishni muvofiqlashtirilgan bir vaqtda (parallel) ishlab chiqishga yondashuvni yaratish uchun mo'ljallangan o'zaro bog'liqlik muhitining modelidir. Shu sababli, individual darajadagi protokollarni tahlil qilish va sintez qilish muammolarini hal qilishda tizim muhandislik tamoyillari buziladi, chunki telekommunikatsiya tarmog'ini tahlil qilish va sintez qilish muammolarini hal qilishda, yaratilayotgan tarmoq modelining maqsadli yo'nalishi tekislikda bo'lishi kerak. OSI modelining maqsadli yo'nalishiga to'g'ri kelmaydigan uning ishlash samaradorligi. Shu bilan birga, OSI muhitida bajariladigan tarmoq funktsiyalarining tegishli



guruhlarini birlashtirgan qatlamlarga parchalanishi butun telekommunikatsiya tarmog‘ining ishlashi modellarini yaratish uchun asosdir.

OSI funksional arxitekturasining vertikal b‘linishi natijasida ko‘plab darajalar shakllangan. Har bir funksional daraja bir qator funktsiyalarni amalga oshiradi:

$$\Phi_i = \{\varphi_{i1}, \varphi_{i2}, \dots, \varphi_{im}\}, \quad \forall i \in \overline{1, n}. \quad (3.6)$$

Darajali funktsiyalarning kichik to‘plamlari tarmoq funktsiyalari to‘plamini tashkil qiladi:

$$\Phi_c = \bigcup_{i=1}^n \Phi_i. \quad (3.7)$$

Tarmoqning funksional arxitekturasining gorizontal bo‘linishi natijasida ko‘plab tarmoq xususiyatlari aniqlandi:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \quad (3.8)$$

Tarmoqning har bir xususiyati funksional arxitekturaning har bir darajasida ma’lum funktsiyalar to‘plamini amalga oshirish natijasida shakllanadi:

$$s_j = f\{\varphi_{i\gamma}\}, \quad \forall j \in \overline{1, k}, \quad \forall i \in \overline{1, n}, \quad \forall \gamma \in \overline{1, m} \quad (3.9)$$

OSI modeligaga muvofiq,  $i$  - bosqichga keltirilgan  $Y_i$ ,  $(i + 1)$  - darajali xizmatlarning sifat ko‘rsatkichlari  $(i - 1)$ - darajali xizmatlarning sifat ko‘rsatkichlari va  $Y_{(i-1)}$  - bosqichning funksional imkoniyatlari bilan belgilanadi.

$$\begin{aligned} Y_n &= F_n[Y_{n-1}, \{\varphi_{n\gamma}\}], \quad \forall \gamma \in \overline{1, m}, \\ Y_i &= F_i[Y_{i-1}, \{\varphi_{i\gamma}\}], \quad \forall i \in \overline{2, n-1}, \quad \forall \gamma \in \overline{1, m}, \\ Y_1 &= F_1[Y_0, \{\varphi_{1\gamma}\}], \quad \forall \gamma \in \overline{1, m} \end{aligned} \quad (3.10)$$

bu yerda  $Y_0$  - jismoniy uzatish muhiti sifatining xarakteristikallari to‘plami.

Rekursiv tenglama (3.10) funksional arxitekturaning qo‘shni darajalarida ham, butun tizimda (bu funktsiyalarni amalga oshiradigan

telekommunikatsiya tarmog‘i) amalga oshirilgan funktsiyalarning parametrik munosabatini tavsiflaydi.

Telekommunikatsiya tarmog‘ining funksional arxitekturasini o‘rganish ikkita yondashuv asosida amalga oshirilishi mumkin: birinchi yondashuvda tarmoqning bir darajasini amalga oshirish mexanizmlarini samaradorligini baholash va optimallashtirish vazifalari asosan hal qilinadi; ikkinchi yondashuvda telekommunikatsiya tarmog‘ining o‘ziga xos xususiyatini ta‘minlash uchun funksional arxitektura darajalari bo‘yicha o‘zaro bog‘langan va taqsimlangan funktsiyalarning ma‘lum bir to‘plamini amalga oshiradigan mexanizmlarning samaradorligini baholash va optimallashtirish vazifalari hal etiladi

### **3.2 Telekommunikatsiya tarmog‘ining konseptual modeli**

Y (Y.2001 i Y.2011) toifasidagi ITU-T tavsiyasida axborot-kommunikatsiya tizimi modeli taklif etilgan bo‘lib, u to‘rtta asosiy tarkibiy qismdan iborat (3.3-rasm) [16].



3.3 - rasm. Axborot-kommunikatsiya tizimi modeli.

Tarkibiy qismlar:

- bir (Terminal Equipment, TE) yoki bir nechta terminaldan (Customer Premises Network) tashkil topishi mumkin bo‘lgan foydalanuvchi xonasidagi tarmoq;

- foydalanuvchi xonasida joylashgan moslamaning transport tarmog‘iga ulanishini ta’minlaydigan kirish tarmog‘i (Access Network);

- foydalanuvchining muloqoti va axborotining shaffof uzatilishini ta’minlaydigan, shuningdek, boshqa axborot-kommunikatsiya xizmatlarini qo‘llab-quvvatlash vositalariga chiqishni ta’minlaydigan aloqa bo‘g‘imlari va stantsiyalar jamlanmasidan iborat transport (bazaviy) tarmog‘i (Core Network);

- axborot-kommunikatsiya xizmatlari, xizmatlar va ilovalar boshqaruvini taqdim etilishini ta’minlaydigan xizmatlarni qo‘llab-quvvatlash vositalari.

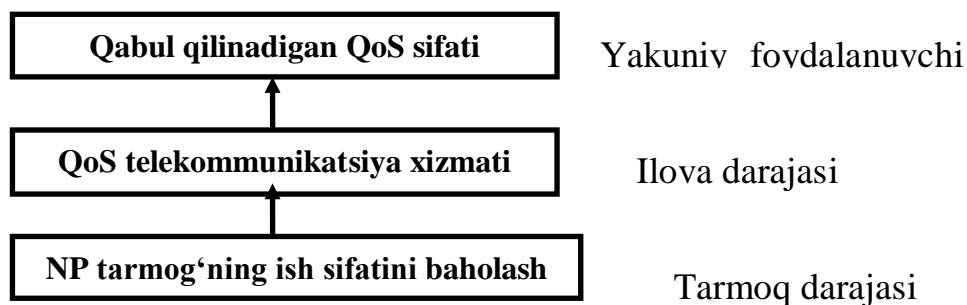
Foydalanuvchiga xizmat ko‘rsatishning sifati qator omillar, jumladan, aniq xizmat uchun tarmoq sifati, foydalanuvchining ta’sirchanlik jihatlari orqali aniqlanadi. Xizmat ko‘rsatish sifatining uchta darajasi mavjud [21]:

- tarmoq darajasiga muvofiq tarmoq ishining sifati (Network Performance, NP);

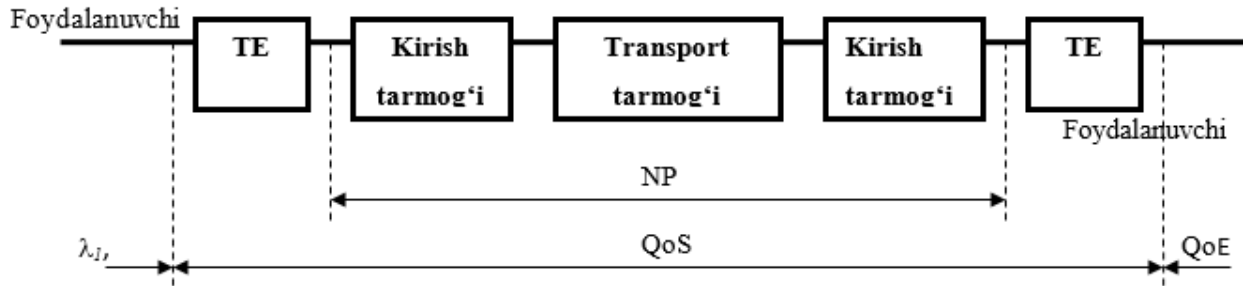
- ilova darajasida axborot-kommunikatsiya xizmatlari (Quality of Service, QoS) sifati;

- foydalanuvchi darajasida axborot-kommunikatsiya xizmatining qabul qilinadigan sifati (Quality of Experience, QoE).

Foydalanuvchilarga xizmat ko‘rsatish sifatining baholanishi va sifat parametrlarini o‘lchash nuqtalari 3.4 va 3.5 -rasmlarlarda ko‘rsatilgan.



3.4- rasm. Xizmat ko‘rsatish sifatini baxolash



3.5-rasm. Xizmat ko‘rsatish sifatini baxolash nuqtalari

QoE baholanishi yakuniy foydalanuvchining olingan axborot-kommunikatsiya xizmati sifatidan qoniqishining miqdoriy darajasini bildiradi. Aslida, aloqa operatorlarining barcha intilishlari aynan shu baholarning ijobiy ahamiyatiga erishishga qaratilgan. Bu texnik atamalarda emas, balki ayrim ballarda namoyon bo‘ladigan integral sifat baholanishidir. ITU-T tavsiyalari bilan bir nechta shunday baholash belgilangan bo‘lib, ularning orasida quyidagi asosiylarini ajratib ko‘rsatish mumkin [22]:

- sifat reytingi R (Quality Rating);
- o‘rtacha ekspert baholashi MOS (Mean Opinion Score).

QoS ko‘rsatkichlari terminal uskunasi ishining sifati vazifasi (TE) va ulanish tarmog‘i hamda transport tarmog‘idan iborat tarmoq ishining sifati (NP) hisoblanadi

$$QoS = F(TE, NP) . \quad (3.11)$$

Y.1540 ga muvofiq, abonentlarga xizmat ko‘rsatilishi sifatini belgilab beradigan asosiy parametrlar sifatida quyidagilarni ko‘rsatish mumkin [23]:

- IP- paketlarini uzatilishining kechikishi  $T_{NP}$ ;
- kechikish vaqtining variatsiyasi (djitter)  $D_{NP}$ ;
- yo‘qotilgan paketlar foizi  $P_{NP}$ ;
- xatolar bilan qabul qilingan paketlar foizi  $P_{ENP}$ .

QoE, QoS va NP sifat ko‘rsatkichlari funktsional aloqadorlik bilan bog‘liq

$$QoE = F(QoS(TE, NP)) . \quad (3.12)$$

Funktsional bog‘liqlik (1.2) ilovaning turi orqali aniqlanadi. NP parametrlari boshqaruvini talab qilinayotgan xizmat ko‘rsatish sifatiga

erishishning asosiy vositasi sifatida ko‘rish orqali uni ta’minlash vazifasining matematik shakllanishiga nisbatan ikki yondashuvni ajratib ko‘rsatish mumkin [5]. Ularning ikkisi ham NGN tarmog‘ining matematik modeliga cheklovlar joriy etilishini nazarda tutadi, birinchi holatda bu cheklovlar (chek) NP (1.3) atamalarida shakllantiriladi, ikkinchi holatda esa - QoS (1.4) yoki QoE (1.5).

$$T_{NP} \leq T_{NP_{чек}}; D_{NP} \leq D_{NP_{чек}}; P_{NP} \leq P_{NP_{чек}} , \quad (3.13)$$

$$T_{QoS} \leq T_{QoS_{чек}}; D_{QoS} \leq D_{QoS_{чек}}; P_{QoS} \leq P_{QoS_{чек}} , \quad (3.14)$$

$$MOS \geq MOS_{чек} \text{ yoki } R \geq R_{чек} . \quad (3.15)$$

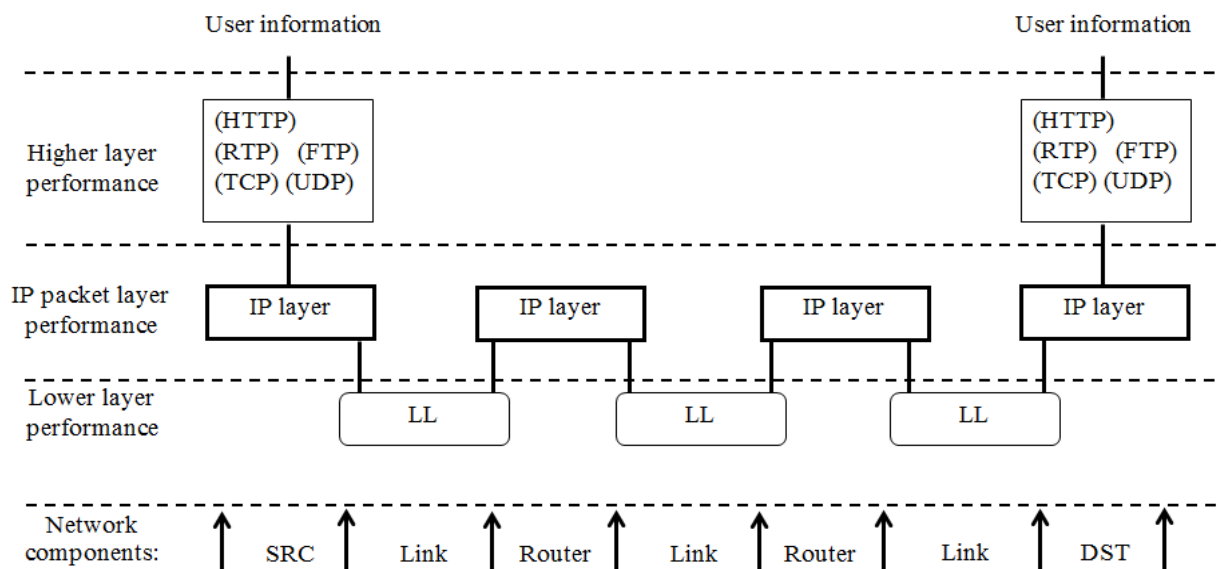
Kafolatlangan xizmat ko‘rsatish sifatining vazifasi umumiy ko‘rinishda, odatda (3.13) yoki (3.14), (3.15) cheklovlar mavjud bo‘lgan holda, qiymat funktsionali (masalan, aloqa operatori foydasini maksimallashtirish)ning ekstremumini izlash bilan bog‘liq maqbullashtirish sifatida shakllantirilishi mumkin. Mazkur maqbullashtirilgan vazifani yechish uchun IP tarmoqlarining analitik yoki imitatsion modelini ishlab chiqish zarur.

### 3.3 IP tarmog‘i faoliyati ko‘rsatkichlarining ko‘p darajali modeli

Xalqaro elektraloqa ittifoqi ITU o‘z faoliyati doirasida telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqadi. ITU-T tavsiyalarida telekommunikatsiya tarmog‘i faoliyati samaradorligini qo‘llash va baholashning turli jihatlari belgilangan [25-30]. Shu bilan birga, O‘zbekiston Respublikasida ma’lumotlarni uzatish xizmatlari sifati ko‘rsatkichlari va standartlari bo‘yicha davlat standartlari va me’yoriy hujjatlar ishlab chiqilgan [31-33].

Yuqorida ta’kidlanganidek, ITU-T Y.1540 tavsiyasi IP tarmog‘i ishlash ko‘rsatkichlarining ko‘p darajali modelini taqdim etadi (Network performance-NP) (3.6-rasm) [25].

Tarmoq sohasidagi umumiy qabul qilingan ta’riflarga [ITU-T Y.1540] murojaat qilib, tarmoqning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:



3.6-rasm. Ko‘p darajali ko‘rsatkichlar modeli NP (ITU-T Y.1540)

Host (Host) - internet protokollari yordamida muloqot qiladigan kompyuter;

Marshrutizator (Router) – boshqa xostlar o‘rtasida IP-paketlarni qabul qiluvchi IP-manzil maydoni mazmuni asosida yo‘naltirish orqali aloqa o‘rnatish imkonini beruvchi xost;

Manba xost (SRC, source) – manba IP paketlari yaratilgan xost; Qabul qiluvchi host (DST, destination) – IP-paketlar qabul qilinadigan xost;

Uzatish aloqasi (Link) – IP-paketlarni bir juft xostlar o‘rtasida uzatish uchun ishlatiladigan nuqtadan nuqtaga ulanish.

IP tarmoqlari quyidagi qatlamlardan iborat. IP qatlamini qo‘llab-quvvatlaydigan ulanishga yo‘naltirilgan transportni ta‘minlaydigan (ma‘lumotlar havolalari orqali) pastki qatlamlar (Lower layer). Ushbu havolalar IP-paketlar mo‘ljallangan nuqtalarda tugaydi (ya‘ni, tarmoq marshrutizatorlari, manba marshrutizatorlari va maqsadli routerlar);

IP-datagrammalarini (ya‘ni IP paketlarini) ulanishlarni o‘rnatmasdan tashishni ta‘minlaydigan IP qatlami (IP paketlari). IP sathi ma‘lum bir juft manba va qabul qiluvchi IP manzillari uchun uchidan uchiga tashkil qilingan. IP-paket sarlavhalaridagi ba‘zi elementlar IP tarmoq routerlari tomonidan o‘zgartirilishi mumkin, ammo IP

foydalanuvchi ma'lumotlarini IP darajasida yoki undan pastroqda o'zgartirib bo'lmaydi.;

IP protokoli tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan va keyingi oxirigacha aloqani ta'minlaydigan yuqori qatlamlar (Higher Layer). Yuqori qatlamlar, masalan, TCP, UDP, FTP, RTP va HTTP qatlamlarini o'z ichiga olishi mumkin. Yuqori qatlamlar o'zgaradi va IP-qatlami taqdim etuvchi ish faoliyatini yaxshilashi mumkin.

Pastki qatlamlar (ma'lumotlar havolasi) jismoniy va ma'lumotlar havolasi qatlamlariga mos keladi, IP qatlami tarmoq qatlamiga, yuqori qatlamlar ochiq tizimlarning o'zaro bog'lanishining mos yozuvlar modelining transport, seans va amaliy qatlamlariga mos keladi..

ITU-T Y.1540 tavsiyasi IP-paketlarni yetkazib berishni tavsiflovchi quyidagi ko'rsatkichlarni ham belgilaydi.

*IP paketlarni uzatish kechikishi (IPTD, IP packet transfer delay).* IPTD muvaffaqiyatli uzatilgan va xatosi bo'lgan barcha paketlar uchun manba va maqsad o'rtasidagi paketni yetkazib berish vaqti sifatida aniqlanadi. IP-paketni yetkazib berishning o'rtacha kechikishi - tanlangan uzatilgan va qabul qilingan paketlar to'plamidagi paket kechikishlarining o'rtacha arifmetik qiymati sifatida aniqlanadi.

*IP-paket kechikish o'zgarishi (IP packet delay variation, IPDV).* IPDV indeksi IPTD kechikish o'zgarishini tavsiflaydi. IP-paketning kechikishining o'zgarishi yoki jitter ketma-ket paketlar qabul qiluvchiga tartibsiz vaqtlarda etib borishida namoyon bo'ladi.

*IP paketlarni yo'qotish nisbati (IP packet loss ratio, IPLR).* IPLR yo'qolgan paketlarning umumiy sonining tanlangan uzatilgan va qabul qilingan paketlar to'plamidagi qabul qilingan paketlarning umumiy soniga nisbati sifatida aniqlanadi.

*IP paket xatolik darajasi (IP packet error ratio, IPER).* IPER nisbati xato bilan qabul qilingan paketlarning umumiy sonining muvaffaqiyatli qabul qilingan va xato bilan qabul qilingan paketlar yig'indisiga bo'lingan holda aniqlanadi.

Y.1541 tavsiyasi kafolatlangan xizmat sifatini (Quality of Service, QoS) ta'minlash uchun foydalaniladigan ilovalar va tarmoq

mexanizmlariga qarab belgilanadigan IP tarmog'ining ishlash maqsadlarini taqdim etadi.

ITU-T X.149 tavsiyasi ma'lumotlar havolasi (LL) va IP xususiyatlarini xaritalashni ta'minlaydi [28]. Ushbu unumdorlik xaritasi ITU-T Rec. Y.1541 ga qo'shimcha sifatida ko'rib chiqiladi, chunki ITU-T Rec. Y.1541 ma'lumotlar havolasi qatlami texnologiyalaridan mustaqildir. Shunga ko'ra, ITU-T Tavsiya X.149 yakuniy samaradorlik maqsadlarini belgilamaydi, lekin ITU-T Y.1541 maqsadlarini qo'llab-quvvatlash usulini tasvirlaydi..

Uzatish havolasidagi tarmoq sathi IP paketi freymga o'rnatilgan va nuqtadan nuqtaga havola orqali uzatiladi. ITU-T X.144 tavsiyasi ma'lumotlar havolasi qatlamining quyidagi xususiyatlarini belgilaydi [29]:

- Kadri yo'qotish nisbati (FLR-Frame Loss Ratio);
- Kadrlarni uzatish vaqti (FTD – Frame Transfer Delay).

Kadri yo'qotish nisbati (FLR) quyidagicha aniqlanadi:

$$FLR = \frac{F_L}{F_L + F_S + F_E}, \quad (3.16)$$

by yerda  $F_S$  - muvaffaqiyatli uzatilgan kadrlarning umumiy soni;  $F_L$  - jami yo'qolgan kadrlar va  $F_E$  - aniqlanmagan xatolarga ega bo'lgan kadrlarning umumiy soni.

Kadrlarni uzatish vaqti (FTD) quyidagicha aniqlanadi:

$$FTD = t_2 - t_1, \quad (3.17)$$

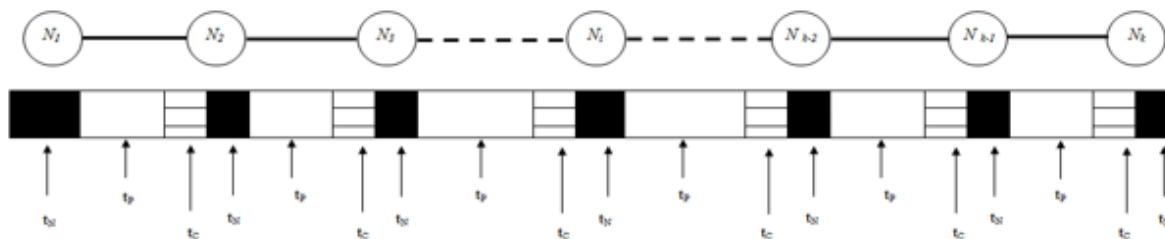
$t_1$  - kadr darajasida birinchi Referent hodisasining paydo bo'lish vaqti (Frame Layer Reference Event, FE);  $t_2$  - ikkinchi FE paydo bo'lish vaqti;  $(t_2 - t_1) \leq T_{max}$ ,  $T_{max}$  - "Kadr muvaffaqiyatli uzatilgan" natijani aniqlashda foydalaniladigan qiymat.

ITU-T tavsiya qiladigan X.144 har bir IP-paket IP va ma'lumotlar havolasi sathi xususiyatlari o'rtasidagi analitik munosabatni aniqlash uchun bir freymga joylashtirilganligini nazarda tutadi. Har bir IP-paket bir freymga joylashtirilganligi sababli, IP-paketni yo'qotish ehtimoli ramkani yo'qotish ehtimoli bilan bir xil bo'ladi. Shuning uchun, IP-paketning minimal yo'qolishi  $IPLR = FLR$  tomonidan beriladi. Ushbu munosabat IP qatlami uchun taqdim etilgan qo'llab-quvvatlanadigan



ma'lumotlar havolasi ishlash darajasini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin.

Uzatish vaqti komponentlarini ko'rsatuvchi model 3.7-rasmda ko'rsatilgan.



3.7-rasm. Paketni uzatish vaqti komponentlarini tasvirlovchi model (ITU-X.149)

Ushbu model yordamida ulanishni ketma-ket ko'rsatish mumkin.  $(k - 1)$  - uzatish aloqalari ( $L_1$  dan  $L_{k-1}$  gacha),  $k$  ulash tugunlari ( $N_1$  dan  $N_k$  gacha). Tarmoqdagi paketning o'rtacha kechikish vaqti (qolishi, uzatilishi) quyidagicha aniqlanadi:

$$T_k = \sum_{i=1}^{k-1} T_{Li} + \sum_{i=1}^{k-1} T_i + \sum_{i=1}^k T_{Ni} \quad , \quad (3.18)$$

by yerda  $T_{Li}$  - tugunlararo uzatish havolasida paketlarning o'rtacha kechikishi;  $T_i$  - har bir internodal uzatish bo'g'inida tarqalish vaqti;  $T_{Ni}$  - tugundagi paketning o'rtacha kechikish vaqti.

Tarqalish vaqti yorug'likning uzatish yo'llari orqali o'tadigan bitlarga ta'sir qiladigan jismoniy tezligini ifodalaydi va oddiygina yer usti yo'li uchun 1000 km masofaga 5 ms kiritish kechikishini belgilash orqali tugunlar orasidagi ma'lum masofadan foydalanib hisoblanadi (ITU-T G.114 tavsiyasi) [30].

IP-paketni (IPDV) uzatish vaqtining o'zgarishi ITU-T Rec. Y.1541 da ma'lum o'lchov oralig'i uchun IP-paketni uzatishning maksimal vaqti ( $IPTD_{max}$ ) minus IP-paketni uzatish vaqti  $IPTD_{min}$  sifatida belgilangan:

$$IPDV = IPTD_{max} - IPTD_{min} \quad (3.19)$$

IP-paketlar bitta freymga joylashtirilganligi sababli, birinchi taxmin sifatida, biz IP-paketni uzatish vaqtining o'zgarishi kadrni uzatish vaqtining jitteriga (Frame Delay Jitter, FDJ) teng bo'ladi deb

taxmin qilishimiz mumkin. Biroq, og‘ir trafik yuklari bilan, IP routerlar tomonidan kiritilgan uzatish vaqtida qo‘shimcha o‘zgarishlar bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, IP-paketni uzatish vaqtining minimal o‘zgarishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:  $IPDV=FDJ$ . Uchidan-uchigacha yo‘l ulangan IP-marshrutizatorlar va uzatish havolalaridan iborat bo‘lganligi sababli, bunday yo‘ldagi barcha tugunlar IPDV-ni oxirigacha qo‘shishi mumkin. UNI-UNI yo‘lida paketlarni yo‘qotish va xatolik koeffitsientlari (ehtimollari) quyidagicha aniqlanadi.:

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - IPLR_i) \quad (3.20)$$

$$PER_{UNI-UNI} = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - IPER_i) \cdot \quad (3.21)$$

Foydalanuvchi darajasidagi tajriba sifati (Quality of Experience, QoE) va Xizmat darajasidagi xizmat ko‘rsatish sifati (Quality of Service, QoS) ko‘rsatkichlari NP ko‘rsatkichlarining funktsiyasidir [34].

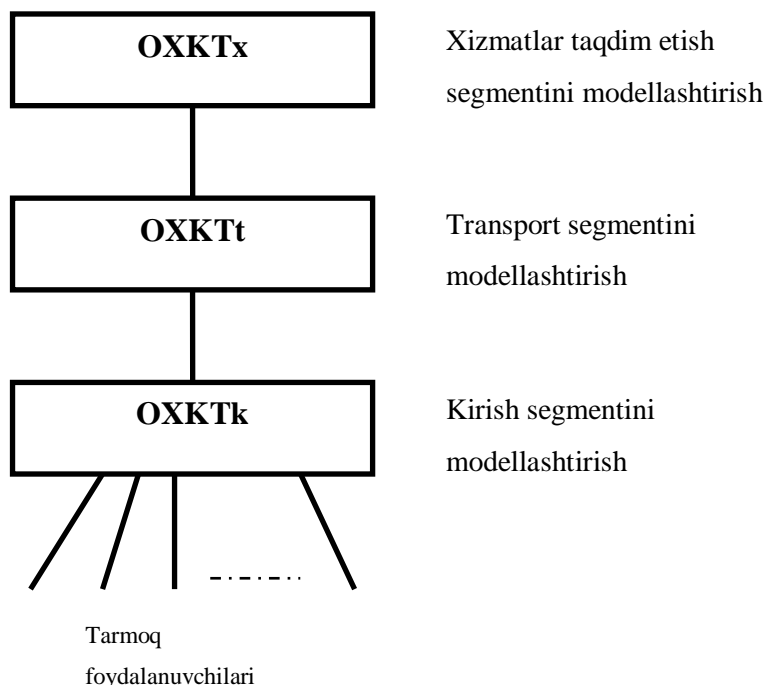
### **3.4 Xizmat ko‘rsatish sifati ko‘rsatkichlarini ommaviy xizmat ko‘rsatkich nazariyasi asosida baholash**

IP tarmoqlari paketlar kommutatsiyasi texnologiyasi asosida quriladi. Navbatlar paketlar kommutatsiyasiga ega tarmoqlarning ajralmas qismi hisoblanadi. Bunday tarmoqlarning ishlash tamoyili tarmoq qurilmalaridagi har bir kirish va chiqish interfeyslarida bufer bo‘lishini nazarda tutadi (kommutator, marshrutizator, shlyuzlar). Shu bois, IP tarmoqlarini tadqiq etishning asosiy matematik apparati navbatlar nazariyasi sanaladi (ommaviy xizmat ko‘rsatish nazariyasi) [35-37].

Har qanday murakkab makon tarqoq tizimda bo‘lganidek, IP tarmoqlarini modellashtirish jarayoni ham murakkab jarayon hisoblanadi. Modellashtirish jarayonini soddalashtirish uchun butun jarayon alohida bosqichlarga bo‘linadi. Har bir bosqichda modellashtirish uchun belgilangan umumiy vazifalar ro‘yxatidan ma’lum bir vazifa belgilanadi. Bunda  $i$  - bosqich natijalari  $i+1$ -bosqich uchun boshlang‘ich ma’lumotlar sifatida qo‘llaniladi. Bunday

yondashuvdan (dekompozitsiyadan) foydalanish modellashtirish jarayonini osonlashtirish imkonini beradi.

Dekompozitsiya usuli va ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasiga muvofiq, NGN tarmog'ining matematik modelini alohida komponentlarning ishlash jarayonlarini modellashtiradigan ommaviy xizmat ko'rsatish tarmoqlari modellari-ning (OXKT) o'zaro bog'liq jamlanmasi sifatida tasavvur qilish mumkin (3.8-rasm).



3.8-rasm. Axborot-kommunikatsiya tizimini OXKT sifatida tasvirlash

Ma'lumotlar havolasining xususiyatlarini tahlil qilish uchun, bir kanalli (1) QS modellari, kelish intervallari (oddiy yoki Puasson oqimi) (M) va cheklangan (L) buferli kadrlarning xizmat qilish vaqti (M) ning eksponensial ehtimollik taqsimoti bilan. va cheksiz ( $\infty$ ) sig'im asosan ishlatiladi. Bu eksponensial QS modellari Kendall simbolizmi bilan M/M/1/L va M/M/1/ $\infty$  [35].

Eksponensial QSda kadrlar (paketlar) uzunliklarining ehtimollik taqsimoti eksponensial deb faraz qilinadi. Keyin kadrlar xizmat vaqtining ehtimollik taqsimoti ham eksponent hisoblanadi. O'rtacha xizmat vaqti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{t}_x = \frac{\bar{n}_k}{C}, \quad (3.22)$$

$\bar{n}_k$  - kadrni o'rtacha uzunligi (bit) va  $c$  – aloqa kanalida ma'lumotlarni uzatish tezligi (bit/sek).

M/M/1/∞ modeli uchun kadrning o'rtacha kechikishi quyidagicha aniqlanadi. [35]:

$$\bar{t}_k = \frac{1}{\mu(1-\rho)}, \quad (3.23)$$

$\rho = \lambda / \mu$  – ma'lumotlar havolasini yuklash ( $\rho < 1$ ),  $\lambda$  – xodimlarning intensivligi,  $\mu = 1/\bar{t}_x$  - xodimlarga xizmat ko'rsatish intensivligi.

M/M/1/L modeli uchun paketni yo'qotish ehtimoli [36]:

$$P_{loss} = \frac{(1-\rho)}{1-\rho^{(L+2)}} \cdot \rho^{(L+1)}, \quad (3.24)$$

$L$  - bufer sig'imi.

Ko'rib chiqilgan modellar kadrlarni uzatish protokollari mexanizmlarini hisobga olmaydi. Shuning uchun kadrning xizmat qilish vaqti kadrni uzatish vaqtiga teng deb qabul qilinadi. Qayta aloqa mexanizmlarini hisobga olish aloqa kanalidagi shovqinlar tufayli kadrlarni uzatishga urinishlar sonining ko'payishiga olib keladi. Bunday holda, kadrning o'rtacha xizmat ko'rsatish vaqti ixtiyoriy taqsimot (G) bilan tasodifiy o'zgaruvchidir va model o'rtacha kechikishni aniqlash uchun ishlatiladi M/G/1 [37]:

$$\bar{t}_k = \frac{\bar{\rho} t_x (1 + v_x^2)}{2(1-\rho)}, \quad (3.25)$$

$v_x$ - kadrlar xizmat vaqtining variyatsiya koeffitsienti.

Agar xizmat ko'rsatish vaqti doimiy qiymat (D) bo'lsa, u holda formulada (3.25)  $v_x = 0$ . Keyin biz M/D/1 modelini olamiz va ma'lumotlar kadrining o'rtacha kechikishi:

$$\bar{t}_k = \frac{\bar{\rho} t_x}{2(1-\rho)}. \quad (3.26)$$

Kadrga xizmat ko'rsatish vaqtining eksponensial taqsimoti bilan  $v_x = 1$  va (3.25) formula M/M/1 (3.23) formulasiga to'g'ri keladi.

Kadrning kelish intervallari (G) va xizmat ko'rsatish vaqti (G) ixtiyoriy taqsimoti bilan uzatish aloqasi xususiyatlarini tahlil qilish G/G/1 tipidagi QS modeli asosida amalga oshiriladi. G/G/1 xarakteristikalarini hisoblash uchun analitik yechim mavjud emas.

Buferda o'rtacha kvadrat kutish vaqtini hisoblash uchun eng yaxshi taxminlardan biri quyidagi formuladir [37]:

$$\bar{t}_{ku} = \frac{\rho \bar{t}_x (v_n^2 + v_x^2)}{2(1-\rho)} f(v_n), \quad (3.27)$$

$v_n$ - paketlarning kelish oraliqlarining variyatsiya koeffitsienti va  $f(v_n)$  - tuzatish funksiyasi:

$$f(v_n) = \begin{cases} \exp\left[-\frac{2(1-\rho)(1-v_n^2)}{3\rho(v_n^2+v_x^2)}\right], v_n < 1 \\ \exp\left[-(1-\rho)\frac{v_n^2-1}{v_n^2+4v_x^2}\right], v_n \geq 1 \end{cases}. \quad (3.28)$$

Kadrning o'rtacha kechikishi o'rtacha bufer kechikishi va o'rtacha xizmat vaqti yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$\bar{t}_k = \bar{t}_{ku} + \bar{t}_x. \quad (3.29)$$

Quyidagi tasodifiy o'zgaruvchilar mustaqil bo'lgan holat uchun formulalar (3.23-3.27) olinadi:

- paketlarning yetib kelish intervallari;
- foydalinuvchilarga xizmat ko'rsatish vaqti;

Bundan tashqari, kelish intervallari va kadrlarga xizmat ko'rsatish vaqti o'zaro mustaqil tasodifiy o'zgaruvchilar deb taxmin qilinadi.

#### *Telekommunikatsiya tarmog'ining xususiyatlarini o'rganish xususiyatlari*

Ko'p yillar davomida telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarini loyihalashda trafik Puasson taqsimoti bilan ifodalangan [35-37]. Zamonaviy paketli kommutatsiya tarmoqlarida trafik o'ziga o'xshashligi (fraktaligi) aniqlandi [38]. O'ziga o'xshash trafikni tavsiflash uchun avtokorrelyatsiya funktsiyasi, fraktal koeffitsient va Hurst parametri (H) qo'llaniladi. O'ziga o'xshash oqim - bu Hurst parametrining qiymati 0,5 dan 1 gacha bo'lgan so'rovlarning tasodifiy oqimi. O'ziga o'xshashlik vaqt shkalasi o'zgarganda o'z xarakterini saqlab qolish uchun trafik xususiyati tushuniladi. O'ziga o'xshash oqimlar, eng oddiy (Puasson) oqim bilan solishtirganda, so'rovlarning kelishi orasidagi vaqt oralig'ining sezilarli darajada ko'proq tarqalishi (tarqalishi) bilan

tavsiflanadi. Bunday holda, so‘rovlar orasidagi vaqt oralig‘ini taqsimlash eksponensial taqsimotdan farq qiladi va tarmoq xususiyatlari klassik QSning yuqoridagi formulalariga bo‘ysunmaydi.

O‘ziga o‘xshash trafikli tarmoq xususiyatlarini o‘rganishning umumiy tahliliy natijalari hozircha mavjud emas. Asosan, o‘ziga o‘xshash trafikning tarmoq xususiyatlariga ta’siri simulyatsiya orqali o‘rganiladi [39]. O‘ziga o‘xshash trafik modellari sifatida Pareto taqsimotiga asoslangan modellar qo‘llaniladi [40] yoki Veybull [41], shuningdek, “on-off” jarayon modeli [42].

Buferdagi o‘rtacha kvadrat navbat uzunligini hisoblash uchun Norros formulasidan foydalaniladi [43]:

$$Q = \rho \frac{\rho^{\frac{1}{2(1-H)}}}{(1-\rho)^{\frac{H}{1-H}}}. \quad (3.30)$$

O‘rtacha kutish vaqti Little formulasi bilan aniqlanadi [35]:

$$\bar{t}_{ku} = \frac{Q}{\lambda}. \quad (3.31)$$

O‘rtacha kechikish vaqti:

$$\bar{t}_k = \frac{\rho^{\frac{1}{2(1-H)}}}{\mu(1-\rho)^{\frac{H}{1-H}}} + \frac{1}{\mu}. \quad (3.32)$$

$H=0,5$  bo‘lganda M/M/1 uchun natijalarni olamiz.

Klassik QS modellari teskari aloqa effektini hisobga olmaydi. Qayta aloqaga ega QS modellari qo‘ng‘iroqlarni (so‘rovlarni) qayta ishlashning haqiqiy jarayonlarini tahlil qilish uchun ishlatiladi, agar o‘tgan xizmat bosqichida bo‘lgan ba’zi qo‘ng‘iroqlar turli sabablarga ko‘ra qayta xizmat ko‘rsatishni talab qilsa, masalan, xizmat ko‘rsatish sifati, xizmat ko‘rsatishda sarflangan vaqtga qarab va boshqalar [44]. Qayta aloqaga ega QS modellari takroriy qo‘ng‘iroqlarga ega QS modellariga yaqin [45-49]. Ma’lumotlar havolasidagi ‘teskari aloqa’ va ‘xizmat ko‘rsatilgan da’vo’ tushunchalari teskari aloqa bilan QS modelining o‘xshash tushunchalari bilan mos kelmaydi. Uzatish havolasida ma’lumotlar kadri (so‘rovi) faqat uning mazmuni (paketi)

keyingi tugunning tarmoq qatlamiga o'tkazilganda xizmat ko'rsatilgan hisoblanadi va xato aniqlanganligi sababli kadtni qayta uzatishni so'rash uchun qayta aloqadan foydalaniladi. Qayta aloqa protokoli mexanizmlari eksponensial bo'lmagan kadrlar xizmat vaqtini taqsimlashga olib keladi.

Telekommunikatsiya tarmog'i ma'lumotlarni uzatish kanallari bilan o'zaro bog'langan taqsimlangan paketli kommutatsiya tugunlari (N) to'plami sifatida ifodalanadi. Tarmoq abonentlari paketlarning manbalari va iste'molchilari hisoblanadi. Ma'lumotlar paketlari kommutatsiya tugunlarining bufer xotirasida navbatlarni hosil qilib, tranzit kommutatsiya tugunlari va kanallari orqali manbadan manzilga uzatiladi. Har bir tugun tashqaridan paketlar oqimini oladi  $\gamma_i$ . Paketni uzatish yo'li marshrutlash usullari bilan aniqlanadi va  $p = |p_{ij}|$  matritsa bilan beriladi,  $p_{ij}$  –  $i$ -chi tugunning xizmatini tugatgan paketning  $j$ -chi tugunga kelishi ehtimoli. Paketning tarmoqdan  $i$ -chi tugunda chiqib ketish  $1 - \sum_{j=1}^N p_{ij}$  ehtimoliga teng. Tugunga kiradigan oqimning umumiy intensivligi quyidagi chiziqli tenglamalar tizimini echish yo'li bilan aniqlanadi:

$$\lambda_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^N \lambda_j p_{ji}, \quad i = \overline{1, N} \quad (3.33)$$

Tarmoqqa kiradigan paketlarning umumiy intensivligi:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^N \lambda_i. \quad (3.34)$$

Tugundan o'tadigan paket oqimining ulushini ko'rsatadigan tugunni uzatish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_s}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (3.35)$$

Tarmoqdagi paketning o'rtacha kechikish vaqti formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{t}_{kc} = \sum_{i=1}^N \alpha_i \bar{t}_{ki}, \quad (3.36)$$

$\bar{t}_{ki}$  -  $i$  – tugundagi paketning o'rtacha kechikish vaqti.

## **4. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIDA XIZMAT SIFATI KO'RSATKICHLARINI BAHOLASH MODELLARI**

### **4.1. Paketning o'rtacha kechikish vaqtini baholash modeli**

Navbat nazariyasi bo'yicha eng mashhur ishlarda buyurtma (paket) faqat bitta xizmatdan o'tadigan tizimlar ko'rib chiqiladi. Shu bilan birga, bitta xizmatdan o'tgandan so'ng, oqim o'z tuzilishini o'zgartiradi va sbuyurtma quyidagi xizmat tugunlari orqali o'tishning istalgan bosqichiga nisbatan dastlabki tahlil sxemasini rasmiy ravishda takrorlash mumkin emas.

L. Kleinrock qandaydir ichki tarmoq tugunidan tugunga ikkita xabarning ketma-ket kelishini ko'rib chiqdi va bu xabarlarning kelishi orasidagi vaqt ushbu ikki xabarning ikkinchisining uzunligiga bog'liqligini ko'rsatdi. Bu bog'liqlik murakkab tarmoqlarni aniq matematik tahlil qilishda katta qiyinchiliklar manbai hisoblanadi. Ko'pgina ishlarda tadqiqotning bu qiyinchiliklarini cheklab o'tish maqsadida, murakkab tarmoq ichidagi har qanday tugunning kirishidagi oqimlar o'zaro mustaqil va Poisson taqsimotiga ega deb shart kiritiladi.

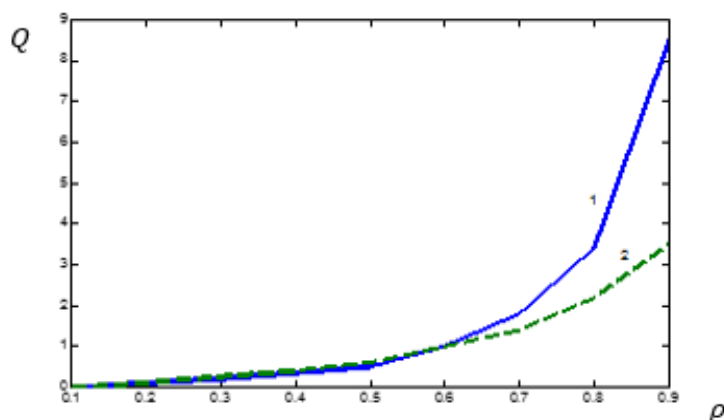
Hozirgi vaqtda bog'liqli oqimlarga ega ketma-ket tarmoqlarni o'rganish muammosining aniq analitik yechimi mavjud emas. Ushbu bolimining maqsadi simulyatsiyaga asoslangan bog'liqli oqimga ega ketma-ket tarmoqni o'rganishdir.

Ketma-ket ulangan tugunlardan tashkil topgan tarmoqni ko'rib chiqamiz. Paketlar (xabarlar) 1-tugunga kelib chiqadi va ketma-ket tugunlar orqali o'tadi. Tarmoqga kiradigan har bir paket ma'lum uzunlikka ega. Paketlar tarmoq bo'ylab harakatlanayotganda shu uzunlikni saqlab qoladi. Har bir paket uchun doimiy uzunlikni o'rnatish paketlar orasidagi intervallar va paket uzunligi o'rtasidagi munosabatni kiritish orqali tarmoqning stokastik harakatini murakkablashtiradi. Keyinchalik, bu xususiyatga ega oqim bogliq oqim deb ataladi. Paketning har bir tugunga sarflagan vaqtini aniqlash kerak.

GPSS Worla muhitida bog'liq oqim bilan ketma-ket tarmoq simulyatsiya modeli qurilgan [50]. Birinchidan, biz o'rtacha kutish vaqtini yoki ikkinchi tugundagi navbatning o'rtacha uzunligini



aniqlaymiz. Birinchi tugun uchun navbatning oʻrtacha uzunligi (oʻrtacha kutish vaqti) va xizmat koʻrsatish vaqti maʼlum, chunki birinchi tugun M/M/1 tipidagi navbat tizimi (QS) bilan tavsiflanadi. Simulyatsiya yordamida navbatning oʻrtacha uzunligining birinchi va ikkinchi tugunlardagi ( $Q$ ) yuklamaga ( $\rho$ ) bogʻliqliklari aniqlandi (4.1-rasm).



4.1-rasm. 1 va 2 tugunlarda navbatning oʻrtacha uzunligini yuklamaga bogʻliqligi grafigi

Birinchi tugunda paket navbatining oʻrtacha uzunligi M/M/1 modelining mashhur formulasi bilan aniqlanadi :

$$Q_1 = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (4.1)$$

Birinchi tugunning buferida paketlarni kutishning oʻrtacha vaqti Little formulasi bilan aniqlanadi :

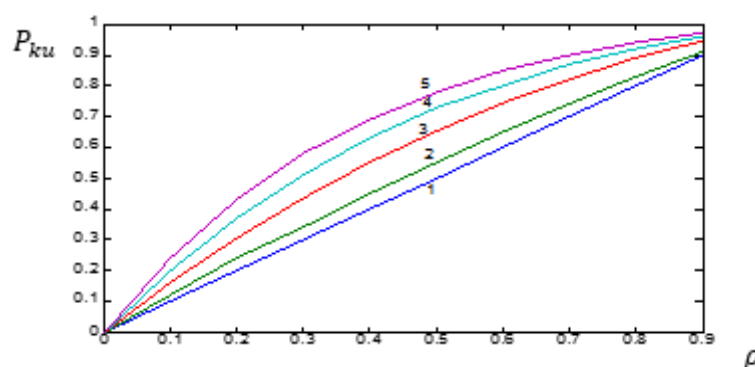
$$W_1 = \frac{Q_1}{\lambda_1} \quad (4.2)$$

4.1 rasmdan koʻrinadiki, (4.1) - formuladan ikkinchi tugunning buferidagi oʻrtacha navbat uzunligini hisoblash uchun foydalanish mumkin emasligi koʻrsatilgan, yaʼni 2 tugun eksponensial tugun emas (M/M/1). Bu ikkinchi tugunning kirishiga bogʻliq oqimni olishini tasdiqlaydi.

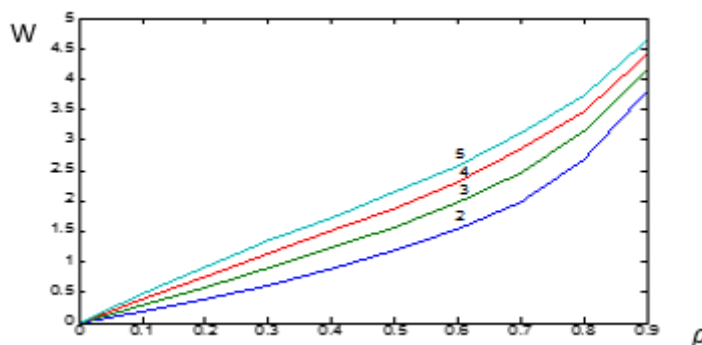
Ikkinchi va boshqa tugunlarning ehtimollik-vaqt xususiyatlariga bogʻliq oqimning taʼsirini aniqlash kerak. Simulyatsiya modellashtirish yordamida paketlarni kutish ehtimoli ( $P_{ku}$ ) oʻrganiladi, bu kutilgan paketlar sonini ( $n_{ku}$ ) qabul qilingan paketlarning umumiy soniga ( $n_u$ ) nisbati sifatida hisoblanadi:

$$P_{ku} = \frac{n_{ku}}{n_u}. \quad (4.3)$$

$(i + 1)$ -chi tugunda paketlarni kutish ehtimoli  $i$ -chi tugundan katta bo'lgani uchun (4.2-rasm),  $W_{i+1} > W_i$  bo'ladi (4.3-rasm). QS nazariyasidan [36] ma'lumki M/M/1 va M/G/1 tizimlari uchun paketni kutish ehtimoli xizmat ko'rsatish qurilmasi band bo'lish ehtimoliga teng, ya'ni  $P_{ku} = \rho$ .

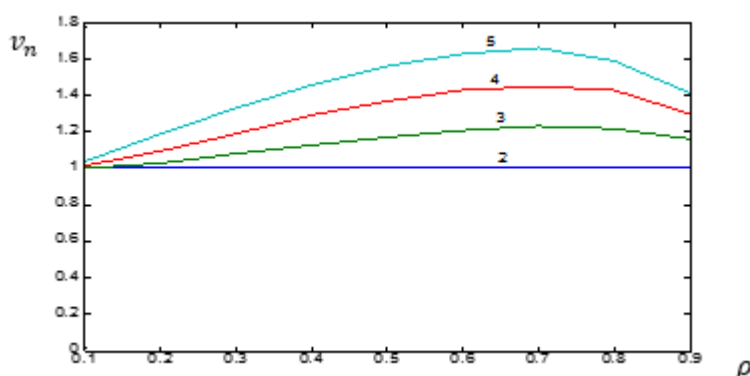


4.2-rasm. Tarmoq tugunlarida paketlarni kutish ehtimolining yukga bog'liqligi



4.3-rasm. Tarmoq tugunlarida paketlarni kutish vaqtining yuklanishga bog'liqligi

Haqiqatan ham, birinchi tugun uchun  $P_{ku} = \rho$ . Boshqa tugunlar uchun  $P_{ku} \neq \rho$ . Shunday qilib, ikkinchi tugun va boshqa tugunlar M/G/1 tizimlari emas. G/G/1 tizimlari ekanligini tekshirib ko'raylik. QS G/G/1 da o'rtacha kutish vaqtini hisoblashning eng muvaffaqiyatli taxminlaridan biri (3.27) va (3.28) formuladir. Simulyatsiya asosida 2, 3, 4 va 5-tugunlar uchun kirish oqimining variatsiya koeffitsientining yuklamaga bog'liqligi aniqlanadi (4.4-rasm).



4.4 –rasm. Tugunlarga tushayotgan oqomlarninig variatsiya koefitsientlarini yuklamaga bog‘liklik grafifigi

4.4-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ushbu tugundagi paketlarning kelish intervallarining variatsiya koefitsienti oldingi tugunga qaraganda kattaroqdir. Simulyatsiya natijalari shuni ko‘rsatadiki, ushbu tugundagi paketlarga xizmat ko‘rsatish intervallarining variatsiya koefitsienti avvalgisiga qaraganda kamroq.

(3.27) formula va simulyatsiya modellashtirish asosida hisoblangan o‘rtacha kutish vaqtini hisoblash natijalari mos kelmaydi. Bu G/G/1 tizimlari uchun (3.7) formula va boshqa formulalar paketlarning kelish intervallari va xizmat ko‘rsatish vaqti bog‘liq emas farazi asosida olinganligi bilan izohlanadi [37]. Shuning uchun, bu formulalar bog‘liq oqim tizimlarini hisoblash uchun ishlatilishi mumkin emas.

Simulyatsiya natijalarini yaqinlashtirish asosida navbatning o‘rtacha uzunligini hisoblash uchun quyidagi formula taklif etilgan:

$$Q = \frac{P_{ku}^2}{1 - P_{ku}} \left( \frac{1 + v_z^2}{2k} \right) \quad (4.5)$$

bu yerda  $v_z$  bitta paketga bog‘liq tugunning o‘rtacha bandlik davrining variatsiya koefitsienti;  $k$  - tugun raqami,  $k = 2, 3, \dots$ .

## 4.2 Paketlarni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimolini baholash modeli

Paketni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli quyidagicha topiladi:

$$Q_c = P(t_k \leq t_H) \quad (4.6)$$

bu yerda  $t_H$  - kechikish vaqtining miyoriy qiymati.

Paketni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli  $f(t)$  kechikish vaqtining zichlig taqsimotini "dumi" yoki  $F(t)$  kechikish vaqtining taqsimlash funksiyasidan aniqlanishi mumkin.

$$Q_c = \int_0^{t_H} f(t) dt \quad (4.7)$$

$$Q_c = F(t_H) \quad (4.8)$$

Eksponensial taqsimotli tarmoqlar uchun tarmoqdagi paketni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli quyidagicha aniqlanadi.

$$Q_c = \prod_{i=1}^N Q_{ci} \quad (4.9)$$

bu yerda  $Q_{ci}$  – paketni  $i$ - tugunga o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli,  $N$  - paketlarni uzatish marshrutidagi tugunlar soni.

Eksponensial bo‘lmagan (oqimga bog‘liq) navbat tizimlari uchun (4.9) formuladan foydalanish mumkin emas, chunki bu tarmoqlarda ehtimolliklar ( $Q_{ci}$ ) ko‘paytirilmaydi.

Shunday qilib, ushbu bo‘limining maqsadi simulyatsiya asosida eksponensial bo‘lmagan tarmoqlarda paketlarni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimolini o‘rganishdir.

Ushbu masalani tadqiq qilish AnyLogic muhitida simulyatsiya asosida amalga oshirilgan [51,52].

4.1- jadvalda  $t_H = 20$  hamda turli  $\rho$  va  $N$  bo‘yicha natijalar keltirilgan.

Olingan natijalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, tugunlarda paketlarni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimolini bilib, tarmoqdagi paketlarni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimolini aniqlash mumkin emas.

## Tarmoq ko'rsatkichlari

Tugun va tarmoq ko'rsatkichlari	$t_k$	$\sigma$	$v$	$P_{ku}$	$Q$
1	2	3	4	5	6
$N = 2, \rho = 0.2$					
tugun 1	2.5	2.5	1	0.2	1
tugun 2	2.504	2.502	0.997	0.239	1
tarmoq	5.004	3.54	0.708		0.997
$N = 2, \rho = 0.5$					
tugun 1	9.99	10	1	0.5	0.865
tugun 2	10.68	7.96	0.74	0.559	0.874
tarmoq	20.677	16.68	0.81		0.58
$N = 2, \rho = 0.8$					
tugun 1	39.85	39.88	1	0.799	0.395
tugun 2	28.31	15.48	0.55	0.835	0.321
tarmoq	68.16	50.99	0.75		0.145
$N = 3, \rho = 0.2$					
tugun 1	2.5	2.5	1	0.2	1
tugun 2	2.76	2.52	0.997	0.239	1
tugun 3	3.12	2.72	0.87	0.312	1
tarmoq	8.38	7.27	0.86		0.925
$N = 3, \rho = 0.5$					
tugun 1	9.99	10	1	0.5	0.865
tugun 2	10.68	7.96	0.74	0.559	0.874
tugun 3	12.55	8.36	0.67	0.657	0.826
tarmoq	33.266	23.688	0.71		0.338
$N = 3, \rho = 0.8$					
tugun 1	39.85	39.88	1	0.8	0.394
tugun 2	28.31	15.48	0.55	0.836	0.318
tugun 3	31.75	15.06	0.47	0.89	0.225
tarmoq	99.9	61.6	0.62		0.047
$N = 4, \rho = 0.2$					
tugun 1	2.5	2.5	1	0.2	1
tugun 2	2.76	2.52	0.997	0.239	1
tugun 3	3.12	2.72	0.87	0.312	1
tugun 4	3.45	2.87	0.83	0.375	1
tarmoq	11.82	9.79	0.82		0.826

## 4.1 jadval davomi

1	2	3	4	5	6
$N = 4, \rho = 0.5$					
tugun 1	9.99	10	1	0.5	0.865
tugun 2	10.68	7.96	0.74	0.559	0.874
tugun 3	12.55	8.36	0.67	0.657	0.826
tugun 4	14.014	8.48	0.6	0.724	0.764
tarmoq	47.263	30.55	0.65		0.188
$N = 4, \rho = 0.8$					
tugun 1	39.85	39.88	1	0.8	0.394
tugun 2	28.31	15.48	0.55	0.836	0.318
tugun 3	31.75	15.06	0.47	0.89	0.225
tugun 4	34.05	14.75	0.43	0.92	0.166
tarmoq	133.58	72.63	0.54		0.015
$N = 5, \rho = 0.2$					
tugun 1	2.5	2.5	1	0.2	1
tugun 2	2.76	2.52	0.997	0.239	1
tugun 3	3.12	2.72	0.87	0.312	1
tugun 4	3.45	2.87	0.83	0.375	1
tugun 5	3.76	2.98	0.792	0.429	0.999
tarmoq	15.68	12.4	0.793		0.711
$N = 5, \rho = 0.5$					
tugun 1	9.99	10	1	5	0.865
tugun 2	10.68	7.96	0.74	559	0.874
tugun 3	12.55	8.36	0.67	0.657	0.826
tugun 4	14.014	8.48	0.6	0.724	0.764
tugun 5	15.238	8.56	0.56	0.775	0.747
tarmoq	62.617	37.64	0.6		0.101
$N = 5, \rho = 0.8$					
tugun 1	39.85	39.85	1	0.8	0.394
tugun 2	28.31	15.48	0.55	0.836	0.318
tugun 3	31.75	15.06	0.47	0.89	0.225
tugun 4	34.05	14.75	0.43	0.92	0.166
tugun 5	36.04	14.45	0.4	0.94	0.121
tarmoq	170.08	83.29	0.49		0.005

$Q_c$  ni hisoblash uchun tarmoqda paketning kechikish vaqtining taqsimotini aniqlash kerak:

$$f_c(t) = f_1(t) * f_2(t) * \dots * f_N(t), \quad (4.10)$$

bu yerda  $f_i(t)$  -  $i$  - chi tugunda paket kechikish vaqtining taqsimoti, \* - taqsimotlarni konvolyutsiyalash belgisi.

Simulyatsiya modellashtirish yordamida turli N lar uchun paketlar kechikish vaqtining tugunlar va tarmoqdagi taqsimotining gistogrammalari olingan [52].

Paketni o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolini Gamma funksiyasi asosida quyidagi formula bilan hisoblah taklif etilgan:

$$Q_c = F_c(t_H) = \frac{1}{\theta^k \Gamma(k)} \int_0^{t_H} t^{k-1} e^{-t/\theta} dt \quad (4.11)$$

bu yerda  $k = \lceil 1/v^2 \rceil$ ,  $\theta = \bar{t}_{kc}/k$ ,  $\bar{t}_{kc}$  - paketlarni tarmoqda o'rtacha kechikish vaqti.

### 4.3. Paketlarni kechikish vaqti variatsiyasini baholash modeli

IP xizmat ko'rsatish tarmog'idagi baholash usullari va me'yorlari ITU- Y.1541 tavsiflarda keltirilgan. Multimedia trafik xizmat ko'rsatish sifatining asosiy ko'rsatkichi IP-paket kechikishini o'rtacha miqdori (IPTD- IP packet Transfer Delay) va kechikish variatsiyasidir (Jitter, IPDV- IP packet Delay Variation).

Kechikish variatsiyasining paydo bo'lishi- IP-tarmog'i paketli kommutatsiyasi xususiyatining bevosita oqibatidir. Y.1541 ga muvofiq paketlarni kechikish variatsiyasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$J = t_p - t_{\min} \quad (4.12)$$

bunda:  $t_p$ -kvantil ( $F(t_p) = 0.999$ ),  $t_{\min}$  - kechikishni minimal qiymati.

ITU tavsiya qilgan usul yordamida  $t_p$  kvantilni hisoblash quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Dastlab  $i$ -xizmat ko'rsatish fazasida paketlarni kechikish vaqtining o'rtacha miqdori  $\bar{t}_{ki}$ , o'rtacha kvadratik og'ish  $\sigma_i$ , uchinchi markaziy momenti  $\beta_{3i}$  va asimmetriyasi  $\gamma_i$

hisoblanadi. Keyinchalik  $N$  fazali yoʻnalish(marshrut) uchun kechikish vaqtini oʻrtacha miqdori  $\bar{t}_{kc}$ , oʻrta kvadratik ogʻishi  $\sigma_c$  va asimmetriyasi  $\gamma_c$  quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$\bar{t}_{keyc} = \sum_{i=1}^N \bar{t}_{keyi} \quad (4.13)$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2} \quad (4.14)$$

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^N \beta_{3i}}{\sigma_c^3}. \quad (4.15)$$

Y.1541 ga koʻra  $t_p$  quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_p = \bar{t}_{keyc} + \sigma_c \left( x_p - \frac{\gamma_c [1 - (x_p)^2]}{6} \right), \quad (4.16)$$

bunda:  $x_p$ - miqdor  $p$ - standart meʼyoriy taqsimlash uchun kvantil.

(4.16) ifodani  $x_p = 3.09$  ( $p = 0.999$ ) ni hisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$t_p = \bar{t}_{keyc} + \sigma_c (3.09 + 1.425\gamma_c). \quad (4.17)$$

Kechikish variatsiyasini hisoblash uchun quyidagi formulalar mavjud:

$$J \approx t_{k \max} - t_{k \min}, \quad (4.18)$$

$$J \approx 6\sigma_c, \quad (4.19)$$

bunda :  $t_{k \max}$ - paketlarni maksimal kechikish vaqti.

Xizmat koʻrsatish koʻrsatkichlarini oʻlchash, monitoring qilish va nazoratini olib borish IP Quality Monitor (IQM) apparat dasturiy majmua bilan amalga oshiriladi:

$$J_{i,i-1} = |(R_i - S_i) - (R_{i-1} - S_{i-1})|, \quad (4.20)$$

bunda:  $R$ - paketni joʻnatish vaqti,  $S$ - paketni yetkazish vaqti.



#### 4.4. O‘ziga o‘xshash trafik uchun paketning o‘rtacha kechikish vaqtini baholash modeli

Telekommunikatsiya tarmoqlarida axborot oqimlarining parametrlari va xususiyatlarini o‘rganishning an’anaviy modellarida kiruvchi oqimning Puasson tabiati haqidagi faraz qabul qilingan. Shu bilan birga, ko‘plab tadqiqotlar zamonaviy tarmoqlarning haqiqiy trafiginii fraktal ( o‘ziga o‘xshash ) tasodifiy jarayon ekanligini ko‘rsatdi.

Fraktal trafikni Veybull taqsimoti bilan ifodalash mumkin:

$$w(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta} \quad (4.21)$$

bu yerda  $\alpha$  va  $\beta$  bu taqsimotning shakliga ta’sir qiluvchi ba’zi parametrlar.

Veybull taqsimot parametrini Hurst ( $H$ ) parametri bilan ifodalash mumkin:

$$\beta = 2 - 2H \quad (4.22)$$

Misol tariqasida, 4.2-jadvalda turli xil trafik turlari uchun fraktallik qiymatlari ko‘rsatilgan .

4.2-jadval

Har xil turdagi trafikning fraktalligi

Trafik turi	Trafik fraktalligi ( $H$ )
Ethernet	0.9
http	0.75-0.92
Video	0.6-0.9
Audio	0.6-0.9
R2R	0.6-0.9

O‘ziga o‘xshash (fraktal) xususiyatlarini hisobga olish uni modellarda aniqroq tasvirlash imkonini beradi, bu esa, o‘z navbatida, amalda kuzatilganlar bilan bog‘liq bo‘lgan xizmat ko‘rsatish sifati ko‘rsatkichlarini olish imkonini beradi .

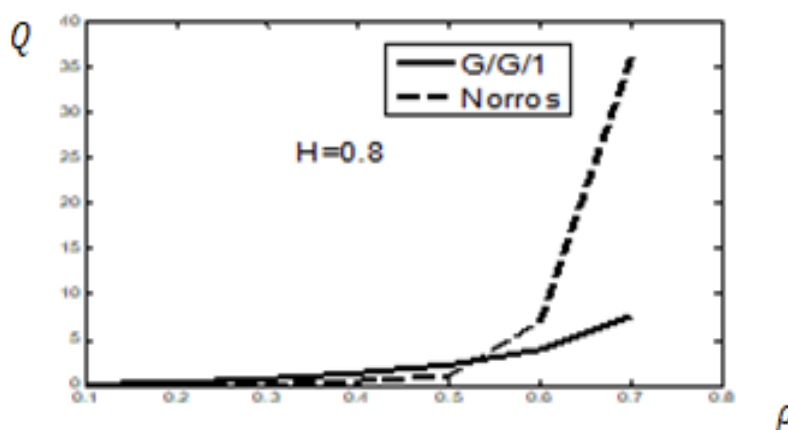
QS turini o‘rganishda G/G/m ( m - kanallar soni), turli usullardan foydalanilgan va ko‘plab taxminiy natijalar olingan. Biroq, hozirgacha

QoS ko'rsatkichlarini hisoblash uchun yetarlicha sodda va aniq, amalda to'g'ridan-to'g'ri qo'llaniladigan formulalar mavjud emas .

Ushbu bo'limda fraktal trafik uchun paketlarning o'rtacha kechikishini hisoblashning usuli keltirilgan.

Paketning o'rtacha kechikishini hisoblash uchun birinchi navbatda o'rtacha navbat uzunligini aniqlash kerak. Hozirgi vaqtda fraktal trafikli QSda navbatning o'rtacha uzunligini hisoblash uchun ikkita formuladan foydalaniladi. Birinchi formula (3.27), G/G/ m tizimi uchun ishlab chiqilgan. Ikkinchisi Norros formulasi (3.30).

4.5-rasmda  $H=0.8$  Hurst koeffitsienti uchun G/G/1 va Norros formulalari bo'yicha olingan o'rtacha navbat uzunligining tizim yuklamasiga bog'liqligi grafigi ko'rsatilgan.

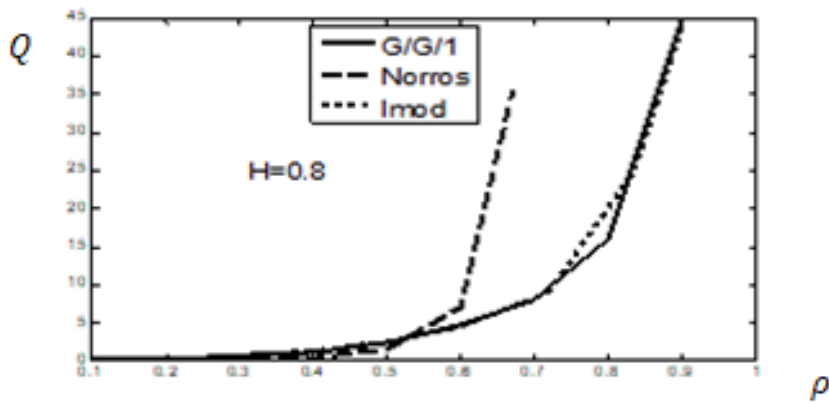


4.5-rasm. O'rtacha navbat uzunligining yuklamagaga bog'liqligi ( $H=0.8$ )

4.5-rasmdagi egri chiziqlarning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, bir xil dastlabki ma'lumotlarga ega formulalar (3.27) va (3.30) o'rtacha navbat uzunligining turli qiymatlarini beradi. Bu farq yuk ortishi bilan ortadi .

(3.27) yoki (3.30) formulalarning qaysi biri to'g'ri ekanligini aniqlash kerak. Buning uchun GPSS World muhitida ko'rib chiqilayotgan tizimni simulyatsiyalashni amalga oshiramiz .

O'rtacha navbat uzunligi uchun (3.27) va (3.30) formulalar hamda simulyatsiya (Imod) natijalari 4.6-rasmda ko'rsatilgan.



4.6-rasm. O‘rtacha navbat uzunligining yukga bog‘liqligi

4.6-rasmdagi egri chiziqlarning qiyosiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, (3.27) va (3.30) formulalar bo‘yicha hisoblangan navbatning o‘rtacha uzunligi qiymatlari simulyatsiya natijalariga (Imod) mos kelmaydi.

Simulyatsiya natijalarini approksimatsiyalashy asosida navbatning o‘rtacha uzunligini hisoblash uchun quyidagi formula taklif etilgan [53]:

$$Q = \frac{\rho P_{ku}}{1 - P_{ku}} \quad (4.23)$$

Paketni navbatda kutish extimoli:

$$P_{ku} = a\rho^2 + b\rho + c, \quad (4.24)$$

bu yerda  $a, b$  и  $c$  - koeffitsientlar 4.3-jadvalda keltirilgan.

4.3-jadval

Apporsimatsiya koeffitsientlari

$H$	$a$	$b$	$c$
0.5	0	1	0
0.6	0	0.94	0.096
0.7	-0.98	1.4	0,15
0.8	-0.68	1.2	0.41
0.9	-0.28	0.39	0.66

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, (4.23) formula asosida hisoblangan o‘rtacha navbat uzunligi eksperimental natijalarga 99% mos keladi.

## 5. MA'LUMOT OQIMLARIGA XIZMAT KO'RSATISH VA MARSHRUTLASH JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISH MODELLARI

### 5.1 Tarmoq tugunlarida ma'lumot oqimlariga xizmat ko'rsatish jarayonini optimallashtirish modeli

Hozirgi vaqtda xizmat ko'rsatilayotgan trafik xususiyatlarini va kanalning o'tkazish qobiliyatining dinamik taqsimlanishini hisobga olish maqsadida navbatlarga xizmat ko'rsatishda oqimli modellarni (flow-based model) ishlatish taklif etilmoqda. Oqimli modellarda trafikni taqsimlash quyidagi masalasi ko'rib chiqiladi [61-63]. Prioritet turlari bilan ajralib turadigan  $M$  trafik klasslari va  $N$  xizmat ko'rsatish navbati mavjud.  $i$  - sinfning trafik intensivligi  $d_i$  ( $i = \overline{1, M}$ ), chiquvchi kanal sig'imini  $j$  - navbat uchun ajratilgan qismi  $c_j$  ( $j = \overline{1, N}$ ) ga teng.

Quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

$$\sum_{j=1}^N c_j \leq c, \quad (5.1)$$

$$\sum_{i=1}^M d_i \leq \sum_{j=1}^N c_j. \quad (5.2)$$

Tarmoq tuguni navbatida trafik paketlar tarqatilishining dinamik xususiyati  $x_{ij}$  o'zgaruvchisini joriy qilish orqali amalga oshiriladi, bu  $j$ -chi navbatda xizmat ko'rsatilishi uchun yuboriladigan  $i$  -trafikning bir qismini anglatadi. Navbatlarning ortiqcha yuklanishiga yo'l qo'ymaslik uchun quyidagi shartlar joriy etiladi:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij} < c_j. \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^M d_i x_{ij} < c_j. \quad (5.4)$$

Bitta sinfga tegishli oqimiga faqat bitta navbat negizida xizmat ko'rsatilishi mumkin bo'lganligi sababli,  $x_{ij}$  o'zgaruvchisi faqat ikkita qiymatni qabul qila oladi - 0 yoki 1,  $x_{ij} = \{0,1\}$ .

$x_{ij}$  o'zgaruvchilar qiymatlarini aniqlash masalasi har xil obyektiv funktsiyali optimallashtirish masalasi shaklida tuziladi.

[61] da quyidagi funktsiya minimallashtirilgan:

$$F(x) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f_{ij} x_{ij}, \quad (5.5)$$

bu yerda  $f_{ij}$ -  $j$ -chi navbati resurslaridan  $i$ -trafik paketlari tomonidan foydalanishning nisbiy narxini tavsiflaydi.

[62] da izlanuvchi o'zgaruvchi sifatida vektor tanlangan:

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_{ij} \\ - \\ c_j \end{bmatrix}, \quad (i = \overline{1, M}; j = \overline{1, N}). \quad (5.6)$$

Quyidagi funktsiya minimallashtiriladi:

$$F(x) = \vec{s}^t \vec{x}, \quad (5.7)$$

bu yerda og'irlik koeffitsientlari vektorining koordinatalari:

$$\vec{s} = \begin{bmatrix} s_{ij} \\ - \\ s_j \end{bmatrix}, \quad (5.8)$$

chiquvchi ma'lumotlarni uzatish kanalining  $j$ -chi navbati resurslaridan  $i$ -trafik paketlari tomonidan foydalanishning shartli narxi  $s_{ij}$  ni, shuningdek  $j$ -chi navbatni ajratish xarajatlarini  $s_j$  tavsiflaydi .

[63] ishda bufer resurslarida yuklamani muvozanatlash maqsadida quyidagi shart qo'shimcha ravishda kiritilgan:

$$f(p_j)Q_j \leq \alpha, \quad (j = \overline{1, N}), \quad (5.9)$$

bu yerda  $\alpha$ -tarmoq tuguni navbatining yuqori dinamik boshqariladigan chegarasi.

Quyidagi funktsiyaning minimallashtirish masalasi hal qilinadi:

$$\min \alpha, \quad (5.10)$$

bu yerda boshqariladigan o'zgaruvchilar  $x_{ij}, c_j$  va  $\alpha$ .

[64] da o'rtacha navbat uzunliklari yig'indisini minimallashtirish uchun obyektiv funktsiyadan foydalanilgan:

$$F = \sum_{j=1}^N f(p_j)Q_j, \quad (5.11)$$

bu yerda  $f(p_j)$ -  $p_j$  prioritetli  $j$ -chi navbatdagi paketlar xususiyatlarining ba'zi funktsiyalari.

$f(p_j)$ - funktsiyasining qiymati qanchalik katta bo'lsa, prioritet shunchalik yuqori bo'ladi. Bunday holda, yuqori prioritetli oqimga quyi prioritetli oqimga qaraganda yaxshiroq xizmat qilinadi.

[65] da, (5.1) va (5.2) shartlar, ularning uzunligi bo'yicha navbatlarning ortiqcha yuklanishiga yo'l qo'ymaslik shartlari bilan to'ldiriladi:

$$Q_j \leq Q_j^{max}, \quad (5.12)$$

bu yerda  $Q_j^{max}$  maksimal navbat hajmi.

Quyidagi funktsiyasini minimallashtirish bilan bog'liq optimallashtirish masalasi yechiladi:

$$F(x) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f_{ij} x_{ij} + \alpha. \quad (5.13)$$

Hisoblanayotgan funktsiya (5.3) (5.8) va (5.10) funktsiyalarni o'z ichiga oladi.

(5.3) va (5.5) optimallashtirish masalalari chiziqli dasturlash masalalariga, (5.8), (5.9) va (5.10) - chiziqli bo'lmagan dasturlashga tegishli. (5.3) va (5.5) masalalarda optimallashtirish natijalari asosan  $f_{ij}$  va  $\vec{s}^t$  ko'rsatkichlariga bog'liq.  $f_{ij}$  va  $\vec{s}^t$  metrikalari qancha kichik bo'lsa, shunchalik shu navbat ko'proq yuklanadi. Hisoblanayotgan funktsiyalar (5.8), (5.9) va (5.10) ni minimallashtirish tarmoq tugunining navbatlari yuklanishining bir tekisliligini ta'minlaydi [64,65].

Ko'rib chiqilayotgan navbatlarga xizmat ko'rsatishning oqim modeli umumiy kamchiliklari quyidagilardir:

- bufer resurslari miqdori belgilanadi va navbat orasida taqsimlanmaydi;

- amalda har bir trafik o'z navbatiga ega va trafikni navbatlar orasida taqsimlashga hojat yo'q.

Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish uchun quyidagi usul taklif etilgan.  $i$  -prioritetning har bir trafigiga  $j$  -chi navbat beriladi, bunda  $i = j, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}$ .  $M = N$  bo'lganligi uchun, biz bundan keyin  $N$  dan foydalanamiz.  $L$  hajmiga ega bo'lgan bufer resurslarning barchasi trafik intensivligiga qarab navbat orasida taqsimlanadi. Trafikning umumiy intensivligi aniqlanadi:

$$D = \sum_{i=1}^M d_i \quad (5.14)$$

va umumiy oqimdagi  $i$ -sining ulushi aniqlanadi:

$$\zeta_i = \frac{d_i}{D}, i = \overline{1, N}. \quad (5.15)$$

$i$  -navbat uchun ajratilgan bufer hajmi  $i$  -trafik ulushiga to'g'ri proporsional

$$l_i = \zeta_i L, i = \overline{1, N}. \quad (5.16)$$

Boshqariladigan o'zgaruvchi  $x_i$  bo'lib, u  $i$  -navbatga xizmat ko'rsatish uchun ajratilgan kanal o'tkazish qobiliyati ulushini tavsiflaydi. Bunday holda, navbatning haddan tashqari yuklanishini oldini olish uchun quyidagi shartlarni bajarish kerak:

$$d_i < x_i c, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5.17)$$

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1. \quad (5.18)$$

$i$  -prioritetli trafikning muhimlik koeffitsienti -  $v_i$  ( $v_i \geq 0$ ) kiritiladi.

Trafik ahamiyati omillarini hisobga olgan holda barcha navbatlarning uzunliklari yig'indisi minimallashtiriladi:

$$\min_x \sum_{i=1}^N v_i Q_i. \quad (5.19)$$

Agar har bir navbat cheklangan navbatga ega bo'lgan eksponentli ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi bo'lsa, u holda buferning to'lib qolishi sababli paketlar yo'qotish ehtimoli ifodasi bilan aniqlanadi:

$$p_i = \frac{1 - \rho_i}{1 - \rho_i^{l_i + 2}} \rho_i^{l_i + 1}, \quad (5.20)$$

bu yerda  $p_i$  -  $i$  -navbatning yuklanishi ( $i = \overline{1, N}$ ):

$$\rho_i = \frac{d_i}{x_i c}. \quad (5.21)$$

O'rtacha navbat uzunligi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_i = \frac{\rho_i^2}{(1-\rho_i)^2} p_{0i} \{1 - \rho_i^{l_i} [l_i(1 - \rho_i) + 1]\}, \quad (5.22)$$

bu yerda  $p_{0i}$ -  $i$ -navbatda paketlar bo'lmashligi ehtimoli:

$$p_{0i} = \frac{1-\rho_i}{1-\rho_i^{l_i+2}}. \quad (5.23)$$

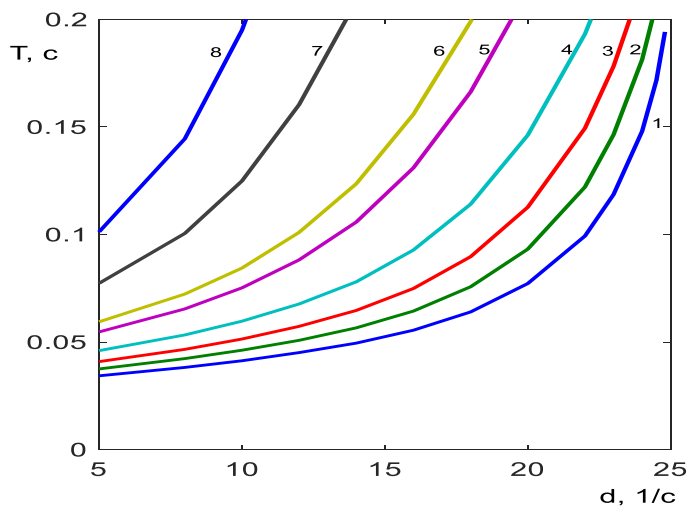
Paketni  $i$ -navbatda kutishning o'rtacha vaqti Little formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$W_i = \frac{Q_i}{d_i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.24)$$

Paketning o'rtacha kechikish vaqti o'rtacha kutish va xizmat ko'rsatish vaqtining yig'indisi sifatida aniqlanadi:

$$T_i = W_i + 1/x_i c, \quad i = \overline{1, N}. \quad (5.25)$$

5.1 - rasmda paketning o'rtacha kechikishining har bir prioritetdagi trafik intensivligiga bog'liqligi grafigi keltirilgan, bunda trafik muhimligi koefitsiyentlari  $k = [18, 14, 11, 8, 5, 4, 2, 1]$ ,  $N = 8$  va  $L = 80$ .



5.1- rasm. Paketning o'rtacha kechikishining trafik intensivligiga bog'liqligi grafigi

Yuqori darajadagi trafik paketlari eng past kechikishga ega. Prioritet pasayganda, paketning o'rtacha kechikishi ortadi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, navbatlarga xizmat ko'rsatish algoritmlari past prioritetli navbatlarga xizmat ko'rsatilishini ta'minlashi kerak. Bundan tashqari, ushbu talabning bajarilishini tekshirish uchun



tavsiya etilgan xizmat ko'rsatish algoritmining nisbiy prioritetli xizmat ko'rsatish algoritmi bilan qiyosiy tahlili amalga oshiriladi.

Nisbiy prioritetli xizmat ko'rsatish xususiyatlarini aniqlash uchun [66] da keltirilgan formulalardan foydalanamiz.

$i$  -prioritetning paket yo'qolishi ehtimoli:

$$p_i = P(N) \frac{1-\rho_i}{1-\rho_i^{L+1}} \rho_i^L, \quad (5.26)$$

bunda

$$\rho_i = \sum_{j=1}^i d_j / \mu_i, \quad \mu_i = c_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5.27)$$

$$P(N) = \frac{\rho_N - \rho_N^{L+2}}{1 - \rho_N^{L+2}}. \quad (5.28)$$

$i$  -prioritetli paketlarga xizmat ko'rsatish uchun kutishning o'rtacha vaqti:

$$W_i = \begin{cases} W_1^*, & i = 1; \\ \frac{\Lambda_i}{d_i} \left( W_i^* - \frac{\Lambda_{i-1}}{\Lambda_i} W_{i-1}^* \right), & i = \overline{2, N}, \end{cases} \quad (5.29)$$

bunda

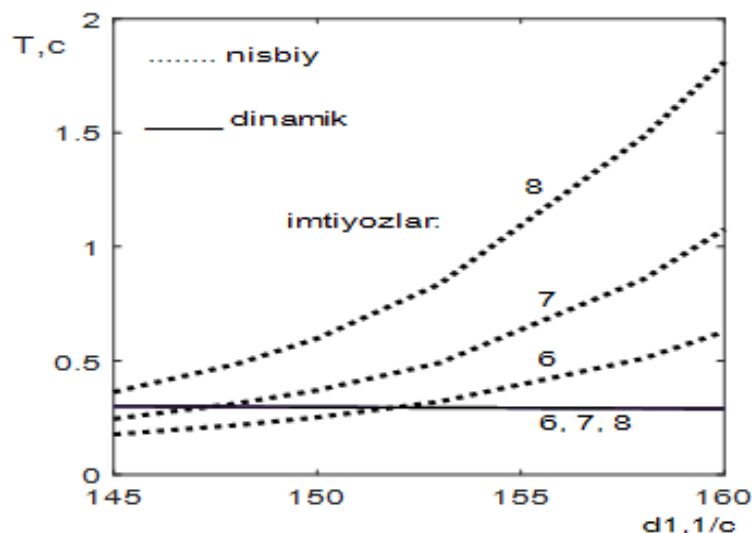
$$\Lambda_i = \sum_{j=1}^i d_j, \quad (5.30)$$

$$W_i^* = P(N) \frac{1 - (L+1)\rho_i^L + L\rho_i^{L+1}}{\mu_i(1-\rho_i)(1-\rho_i^{L+1})}. \quad (5.31)$$

$i$  prioritetli paketlarning o'rtacha kechikishi:

$$T_i = W_i + 1/\mu_i. \quad (5.32)$$

Tavsiya etilgan xizmat ko'rsatish usuli va prioritetli xizmat ko'rsatishning qiyosiy tahlili uchun 5.2 -rasmda paketning o'rtacha kechikish vaqtining boshqa trafikning turli intensivliklarida birinchi navbatdagi trafik intensivligiga bog'liqligi grafigi ko'rsatilgan ( $d_i = 5, i = \overline{2, N}$ ) (5.2-rasm).



5.2 rasm. Oʻrtacha kechikish vaqtining trafik intensivligiga bogʻliqligi grafigi

5.2-rasmdan kelib chiqadiki, nisbiy prioritetli xizmat algoritmidagi yuqori prioritetli trafik intensivligi ortishi bilan past prioritetli paketlarning oʻrtacha kechikish vaqti keskin oshadi, taklif etilayotgan xizmat koʻrsatish algoritmidagi esa past prioritetli paketlarning oʻrtacha kechikish vaqti deyarli oʻzgarmaydi. Shu bilan birga, dinamik xizmat koʻrsatish usuli past prioritetli paketlarning oʻrtacha kechikishini nisbiy prioritetli xizmat koʻrsatish algoritmiga nisbatan 1.8 baravarga kamaytiradi.

## 5.2. Maʼlumotlar oqimini marshrutlash jarayonlarini optimallashtirish modellari

Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat koʻrsatish sifati (Quality of Service)ga talablar tobora ortib borayotganligi sababli, marshrutizatsiyalashga tobora koʻproq eʼtibor qaratilmoqda. Buning sababi shundaki, telekommunikatsiya tarmogʻining tugunlarida (marshrutizatorlarida) paketlarga prioritetli xizmat koʻrsatishga asoslangan DiffServ funksiyasi, faqatgina tarmoqning alohida elementlarida QoS darajasini taʼminlay olishi mumkin, marshrutlash esa oxirgi nuqtalar oʻrtasida QoS darajasini taʼminlashi kerak. Shunday qilib, marshrutlash texnologiyalari tarmoqda faqat mavjud boʻlgan marshrutlarni qidirish bilan cheklanib qolmaydi, ideal ravishda

marshrutlash protokoli SLAda tavsiflangan barcha QoS talablari bajariladigan bir yoki bir nechta paketlarni yetkazib berish yo'llarini topib bera olishi kerak. Bu QoS asosidagi marshrutlash kontseptsiyasining formulasi (QoS-based routing) [67] bo'lib, modellar, usullar va keyinchalik algoritmlar va marshrutlash protokollarini ishlab chiqish yo'nalishini belgilaydi.

Hozirgi vaqtda IP-tarmoqlarda dinamik marshrutizatsiya protokollarining juda keng doirasi qo'llaniladi: marshrutlash axborotlari protokoli (Routing Information Protocol, RIP), ichki shlyuz marshrutlash protokoli (Interior Gateway Routing Protocol, IGRP), ichki shlyuz marshrutlashning kengaytirilgan protokoli (Extended Interior Gateway Routing Protocol, Enhanced IGRP, EIGRP), oraliq tizimlar aloqasi protokoli (Intermediate System-Intermediate System, IS-IS), eng qisqa masofani ochish protokoli (Open Short Short Path First, OSPF), chegaraviy shlyuz protokoli (Border Gateway Protocol, BGP) va boshqalar.

Biroq, bugungi kunda mavjud protokollar QoS marshrutlash kontseptsiyasiga to'liq mos kelmaydi, chunki ularda faqat eng qisqa yo'lni topish masalasi ko'riladi. Sanalgan barcha marshrutlash protokollari (Dijkstra yoki Bellman-Ford) algoritmlari asosida grafdagi eng qisqa yo'lni topish yotadi, natijada esa tanlangan metrikaga asosan bitta eng qisqa yo'l aniqlanadi. Yuqorida aytib o'tilgan protokollarning hech birida mavjud (foydalanilmagan) o'tkazuvchanlik qobiliyatining bo'sh qismi metrika sifatida ko'rilmaganligi sababli, har doim ma'lum bir yo'nalishdagi manbaalar juftligi uchun eng qisqa yo'l sifatida tanlanadi yagona yo'l qayta va qayta tanlanadi, bu esa oxir-oqibat shu yo'lning haddan tashqari yuklanishiga olib keladi, vaholanki aylanma yo'llar ham mavjud bo'lishi mumkin.

Boshqa tomondan, o'sib borayotgan QoS talablariga javob berish uchun marshrutlash protokollari, klassik funktsiyalardan tashqari (tarmoq orqali trafik uzatish marshrutlarini hisoblash) qo'shimcha imkoniyatlarni, shu jumladan ko'p yo'nalishli marshrutlash strategiyasini amalga oshiradigan yuklanishni muvozanatlashni qo'llab-quvvatlashini ta'kidlash lozim. Amalda yuklamani muvozanatlashni

taʼminlash marshrutlash masalasining yechimini optimallashtirishga va tarmoq resurslaridan samarali foydalanishga imkon beradi, natijada QoS koʻrsatkichlarining qiymatlari yaxshilanadi. Yuklamani muvozanatlash samaradorligi va natijada erishilgan xizmat sifati koʻp jihatdan matematik modellarning adekvatligiga bogʻliq.

Telekommunikatsiya tarmogʻining strukturasi  $G = (V, E)$  grafi yordamida tavsiflanadi, bu yerda  $V$  - tarmoq tugunlari (marshrutizatorlar) toʻplami,  $E$  - tarmoq tugunlarini birlashtiruvchi uzatish zanjirlari (kanallari) toʻplami.  $K$  toʻplamining har bir trafiga bir qator parametrlar qoʻyilgan:  $d_k, s_k, t_k$  - bu  $k$ -trafik intensivligi. Boshqaruv oʻzgaruvchisi  $x_{i,j}^k$  qiymati boʻlib, u  $c_{i,j}$  oʻtkazish qobiliyatiga ega  $(i, j) \in E$  kanalda oqadigan  $k$ -trafikning ulushini tavsiflaydi. Routerlar va umuman tarmoqdagi yuklanishning oldini olish uchun oqimni saqlash shartlari bajarilishini taʼminlash kerak [67-69]:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 1, k \in K, i = s_k \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 0, k \in K, i \neq s_k, t_k \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = -1, k \in K, i = t_k. \end{cases} \quad (5.33)$$

Bundan tashqari, tarmoq kanallarining haddan tashqari yuklanishining oldini olish shartining bajarilishiga erishish ham muhimdir:

$$\sum_{k \in K} d_k x_{i,j}^k \leq c_{i,j}. \quad (5.34)$$

Yarim dupleks va toʻliq dupleks uzatish kanalli tarmoqlarda paketlarning tushib qolish holatlari boʻlmasligi uchun quyidagi shartlarning bajarilishini taʼminlash kerak [70]:

$$x_{ij}^k \cdot x_{ji}^k = 0, (i, j) \in E, k \in K. \quad (5.35)$$

Bir yoʻlli marshrutlash uchun  $x_{i,j}^k$  boshqaruv oʻzgaruvchilariga quyidagi cheklovlari qoʻyiladi:

$$x_{i,j}^k \in \{0, 1\}, \quad (5.36)$$

ko'p yo'nalishli marshrutlash uchun:

$$0 \leq x_{i,j}^k \leq 1. \quad (5.37)$$

Marshrutlash usullarining samaradorligi tanlangan optimallashtirish mezoniga bog'liq. Turli xil optimallashtirish mezonlariga ega bo'lgan quyidagi beshta asosiy marshrutlash modellarini ko'rib chiqamiz [67-73].

1. Chiziqli shaklda berilgan ko'rilyotgan (qiymatli) funksiyasini minimallashtirish:

$$\min \sum_{(i,j)} f_{i,j} x_{i,j}, \quad (5.38)$$

bunda har bir uzatish kanaliga IGRP protokolida ishlatiladigan metrika beriladi:

$$f_{i,j} = 10^7 / c_{i,j}. \quad (5.39)$$

2. Uzatish kanalining o'tkazish qobiliyatini ishlatishning maksimal chegarasini minimallashtirish:

$$\min \alpha, \quad (5.40)$$

bunda quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

$$\sum_{k \in K} d_k x_{i,j}^k \leq \alpha c_{i,j}, \quad (5.41)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1. \quad (5.42)$$

3. Tarmoqdagi oqimning o'rtacha kechikishini minimallashtirish:

$$\min \left( \frac{1}{d_k} \sum_{(i,j) \in E} \frac{d_k x_{i,j}^k}{c_{ij} - d_k x_{ij}^k} \right). \quad (5.43)$$

4. Tarmoq marshrutizatorlarida navbatning umumiy uzunligini minimallashtirish:

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} Q_{ij}, j \neq i. \quad (5.44)$$

bunda  $Q_{ij}$   $i$ -marshrutizatorining  $j$ -marshrutizatoriga chiqishi interfeysidagi navbatlar uzunligi

5. Tarmoq marshrutizatorlarida navbatning maksimal uzunligini minimallashtirish:

$$\min (\max \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} Q_{ij}), j \neq i \quad (5.45)$$

Quyida ushbu mezonlar optimallashtirish natijalarida qoʻllaniladi.

[70-73] da tarmoq marshrutizatorlari M/M/1 tizimi sifatida taqdim etilgan. Bunda navbatning oʻrtacha uzunligi va oʻrtacha kechikishi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{ij} = \frac{\rho_{ij}^2}{1 - \rho_{ij}}, \quad (5.46)$$

$$\bar{t}_{ij} = \frac{1}{c_{ij} - \varphi_{ij}}, \quad (5.47)$$

bu yerda  $\varphi_{ij}$  -  $(i, j) \in E$ ; kanali orqali uzatiladigan oqim intensivligi;  $\rho_{ij} = \varphi_{ij}/c_{ij}$  - esa  $(i, j) \in E$  kanal yuklamasi.

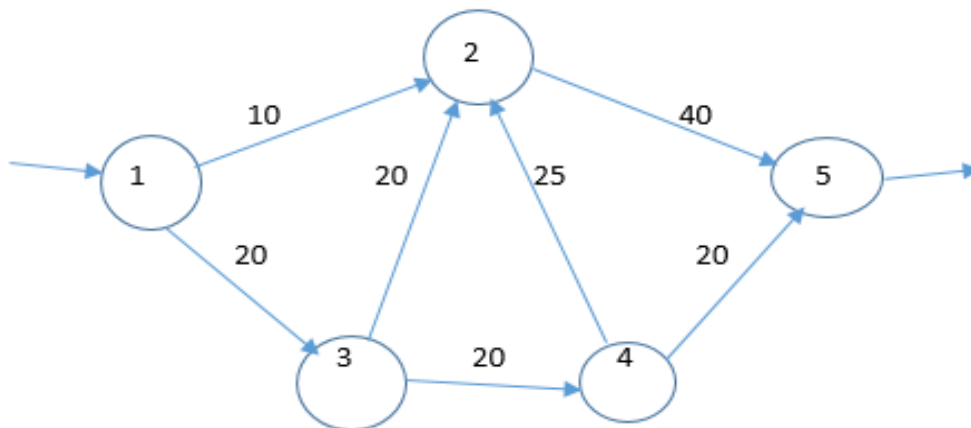
Koʻrib chiqilayotgan marshrutlash usullarining samaradorligini baholash uchun oʻrtacha koʻp yoʻnalishli kechikishdan foydalanamiz.  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_L\}$ , yoʻllar toʻplamidan yoʻl boʻylab  $t(m_l)$  kechikish, bu yerda  $L$  - uzatuvchi marshrutizator va qabul qiluvchi marshrutizatorlar oʻrtasidagi yoʻllar soni:

$$t(m_l) = \sum_{(i,j) \in m_l} \bar{t}_{ij}, \quad (5.48)$$

va tugunlararo koʻp yoʻnalishli kechikish:

$$T(M) = \max\{t(m_l)\}, m_l \in M. \quad (5.49)$$

Misol uchu, tuzilishi 5.3-rasmda koʻrsatilgan tarmoqda yuqoridagi masalalarning yechimini koʻrib chiqamiz.



5.3-rasm. Tarmoq strukturasi

5.3- rasmda tarmoqdagi marshrutizatorlarni ulab turgan uzatish kanallarining o'tkazuvchanligi ko'rsatilgan. Oqim manbai - 1 marshrutizator, oqim qabul qiluvchisi - 5 marshrutizator.

Bitta yo'lli marshrutlash uchun xarajatlar mezonini (5.38) optimallashtirish masalasi mantiqiy chiziqli dasturlash masalasi sinfiga, ko'p yo'nalishli marshrutlash uchun esa aralash butun sonli chiziqli dasturlash masalalari sinfiga tegishli. Bunday masalalarni yechimi Matlab tizimining Optimization Toolbox to'plamining intlinprog funksiyasi yordamida amalga oshirilishi mumkin. Ko'p yo'lli marshrutlash uchun masalani (5.38) yechishning m-fayli keltirilgan:

```
clear all
close all
Aeq=[1 1 0 0 0 0 0
      -1 0 -1 -1 1 0 0
      0 -1 1 0 0 1 0
      0 0 0 1 0 -1 1
      0 0 0 0 -1 0 -1 ];
beq=[1 0 0 0 -1];
d=[2 4 6 8 10 12 14 16 18 19 ];
for i=1:10
    A=[d(i) 0 0 0 0 0 0
        0 d(i) 0 0 0 0 0
        0 0 d(i) 0 0 0 0
        0 0 0 d(i) 0 0 0
        0 0 0 0 d(i) 0 0
        0 0 0 0 0 d(i) 0
        0 0 0 0 0 0 d(i)];
    b=[10 20 20 25 40 20 20];
    a=10^-7;
    f=[a/10 a/20 a/20 a/25 a/40 a/20 a/20];
    incon=[];
    lb=zeros(7,1);
    ub=ones(7,1);
    [x,fval]=intlinprog(f,incon,A,b,Aeq,beq,lb,ub);
end
```

Kanal o'tkazuvchanlik qobiliyatidan foydalanish maksimal chegarasini minimallashtirish masalasi (5.40) butun son, aralash va mantiqiy chiziqli dasturlash sinfiga tegishli.  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) ni minimallashtirish uchun qo'shimcha ravishda boshqaruvchi o'zgaruvchisi kiritiladi. Ko'p yo'lli marshrutlash uchun intlinprog funksiyasidan foydalangan holda (5.40) masalaning yechilishi m-fayli keltirilgan:

```

clear all
close all
Aeq=[1 1 0 0 0 0 0 0
      -1 0 -1 -1 1 0 0 0
      0 -1 1 0 0 1 0 0
      0 0 0 1 0 -1 1 0
      0 0 0 0 -1 0 -1 0];
beq=[1 0 0 0 -1];
d=[2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 ];
for i=1:14
    A=[d(i) 0 0 0 0 0 0 -10
        0 d(i) 0 0 0 0 0 -20
        0 0 d(i) 0 0 0 0 -20
        0 0 0 d(i) 0 0 0 -25
        0 0 0 0 d(i) 0 0 -40
        0 0 0 0 0 d(i) 0 -20
        0 0 0 0 0 0 d(i) -20];
    b=[0 0 0 0 0 0 0];
    f=[0 0 0 0 0 0 0 1];
    incon=[];
    lb=zeros(8,1);
    ub=ones(8,1);
    [x,fval]=intlinprog(f,incon,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
end

```

(5.43), (5.44) va (5.45) masalalar chiziqli bo‘lmagan dasturlash masalalari bilan bog‘liq bo‘lib, fmincon Optimization Toolbox Matlab funksiyasi yordamida yechiladi. Ko‘p yo‘lli marshrutlashda nochiziqli masalani yechilishining m-fayli keltirilgan:

```

clear all
close all

Aeq=[1 1 0 0 0 0 0
      -1 0 -1 -1 1 0 0
      0 -1 1 0 0 1 0
      0 0 0 1 0 -1 1
      0 0 0 0 -1 0 -1];
beq=[1 0 0 0 -1];
d=[2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 27];
for i=1:14
    A=[d(i) 0 0 0 0 0 |
        0 d(i) 0 0 0 0
        0 0 d(i) 0 0 0
        0 0 0 d(i) 0 0
        0 0 0 0 d(i) 0
        0 0 0 0 0 d(i) 0
        0 0 0 0 0 0 d(i)];
    b=[10 20 20 25 40 20 20];
    x0=[0;0;0;0;0;0;0];
    lb=zeros(7,1);
    ub=ones(7,1);
    [x,fval]=fmincon('myfun', x0,A,b,Aeq,beq,lb,ub);
end

```



(5.43), (5.44) va (5.45) masalalarni yechishda “myfun” funktsiyasi mos ravishda o‘rtacha kechikish, navbatning umumiy uzunligi va maksimal uzunlik mezonidir.

Bitta yo‘nalishli marshrutlash m-faylida, *incon []* o‘rniga, *incon[1,2,3,4,5,6,7]*ni qo‘yish kerak, ya’ni sonli ( mantiqiy) qiymatlar bilan boshqarish o‘zgaruvchilarining sonlarini sanab o‘tish lozim, m-faylda esa qo‘shimcha ravishda noxiziqli cheklov - *confun* funktsiyasini kiritish kerak:

```
[x,fval]=fmincon('myfun', x0,A,b,Aeq,beq,lb,ub,'confun')
```

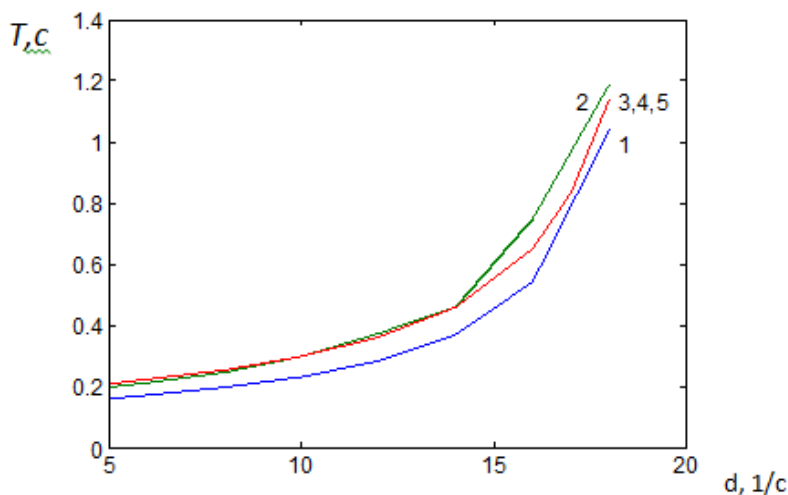
```
function[c,ceq]=confun(x)
```

```
ceq=[ x(1)*x(2); x(3)*x(4); x(3)*x(5); x(4)*x(5)];
```

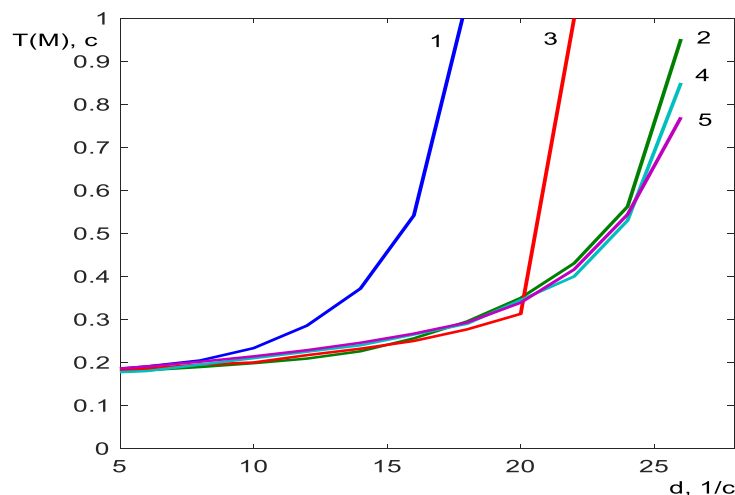
```
c=[];
```

### Optimallashtirish natijalari

5.4 va 5.5-rasmlarda mos ravishda bir va ko‘p yo‘lli marshrutlash uchun oqim kechikishining tarmoqqa kiruvchi trafik intensivligiga bog‘liqligi grafiklari keltirilgan.



5.4 – rasm. Bir yo‘lli marshrutlash uchun oqim kechikishining tarmoqqa kiruvchi trafik intensivligiga bog‘liqligi grafigi

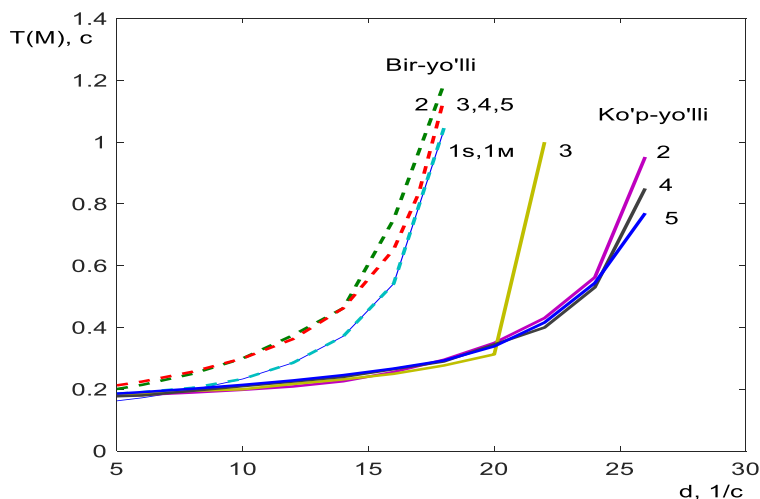


5.5- rasm. Ko‘p yo‘lli marshrutlash uchun oqim kechikishining tarmoqqa kiruvchi trafik intensivligiga bog‘liqligi grafigi

Bitta yo‘nalishli marshrutizatsiya barcha besh xil optimallashtirish mezonida ham deyarli bir xil oqim kechikishini ta‘minlaydi. Oqimning qiymatini (1) va o‘rtacha kechikish vaqtini (3) minimallashtirishga asoslangan ko‘p yo‘nalishli marshrutizatsiya eng yuqori ko‘p yo‘nalishli kechikishini ko‘rsatdi, kanalni yuklashda eng yuqori chegarani minimallashtirish (2), navbatning umumiy uzunligini minimallashtirish (3) va maksimal navbat uzunligini (5) minimallashtirish, tarmoqning katta yuklanishiga erishguniga qadar, deyarli bir xil ko‘p yo‘lli kechikishni ta‘minlaydi, yuqori yuklangan tarmoqlarda esa maksimal navbat uzunligini minimallashtirish usuli eng samarali ekanligi ma‘lum bo‘ldi.

Qiyosiy tahlil qilishning 5.6-rasmida bitta va ko‘p yo‘lli oqim kechikishining ko‘rib chiqilgan optimallashtirish mezonlari asosidagi tarmoqqa kiruvchi trafik intensivligiga bog‘liqligi grafiklari keltirilgan.

5.6 -rasm shuni ko‘rsatadiki, tarmoqning past yuklanishlarida bitta yo‘lli va ko‘p yo‘nalishli marshrutlash samaradorligi deyarli bir xil bo‘ladi. Ko‘p yo‘nalishli marshrutizatsiyani esa tarmoqning o‘rtacha va yuqori darajadagi yuklama darajasi sharoitida qo‘llash kerak.



5.6 – rasm. Bitta va ko‘p yo‘lli oqim kechikishining kiruvchi trafik intensivligiga bog‘liqligi grafigi

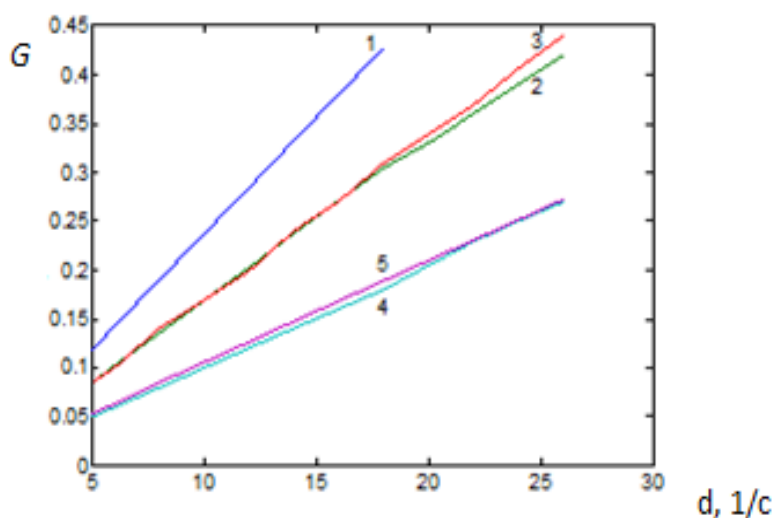
Tarmoq kanallarini muvozanatlashtirish telekommunikatsiya tarmog‘ida xizmat ko‘rsatish sifatining asosiy omili hisoblanadi

$$G = \sqrt{\frac{\sum_{(ij) \in E} (\rho_{ij} - \bar{\rho})^2}{n-1}}, \quad (5.50)$$

bu yerda  $n$  - tarmoqdagi kanallar soni va  $\bar{\rho}$  - kanallarning o‘rtacha arifmetik yuklanishi:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{(ij) \in E} \rho_{ij}}{n}. \quad (5.51)$$

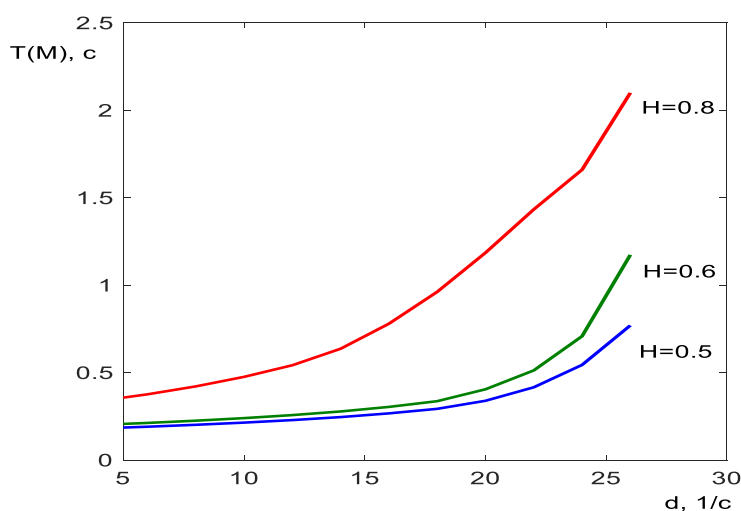
5.7-rasmda kanal muvozanati indeksining tarmoqqa kiradigan trafik intensivligiga bog‘liqligi grafigi ko‘rsatilgan.



5.7-rasm. Kanal muvozanati indeksining tarmoqqa trafik intensivligiga bog‘liqligi grafigi

5.7 -rasmdan umumiy navbat uzunligi va maksimal navbat uzunligini minimallashtirishga asoslangan ko'p yo'nalishli marshrutlash usullari eng past kanal muvozanati indeksini ta'minlashi kelib chiqadi. Muvozanat indeksi qancha past bo'lsa, telekommunikatsiya tarmog'idagi xizmat ko'rsatish ko'rsatkichlari shuncha yaxshi bo'ladi.

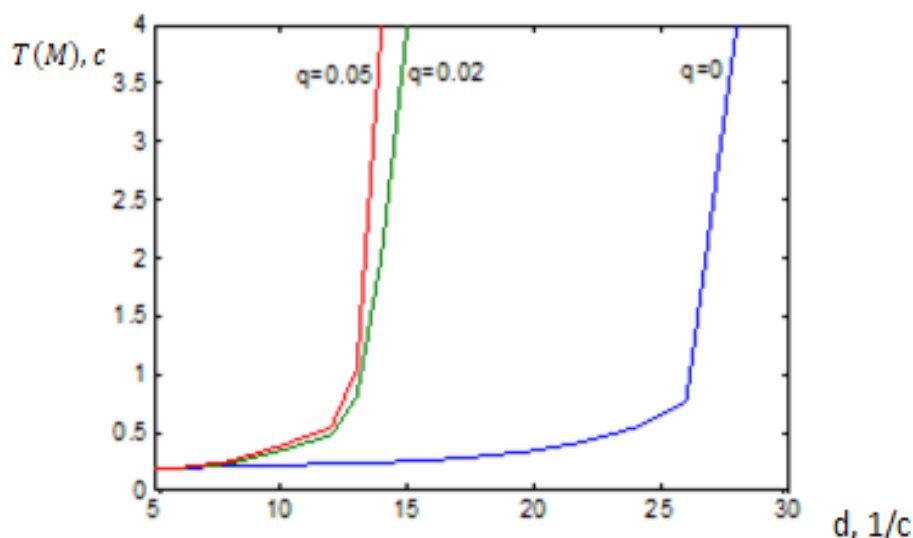
Yuqoridagi natijalar kiruvchi Puasson oqimi uchun olingan. Ko'pgina tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy multiservisli tarmoqlarda kiruvchi oqimlar har xil Herst ( $0.5 < H \leq 1$ ) koeffitsienti bilan farqlanuvchi o'z-o'zini takrorlovchi o'xshash oqimlardir. Puasson oqimi uchun  $H=0.5$ . Agar marshrutni optimallashtirish masalalari Puasson oqimi uchun yechilgan bo'lsa va tarmoqdagi haqiqiy oqim esa o'z-o'zini takrorlovchi oqim bo'lsa, unda oqimni saqlash shartlari bajarilmasligi va yuklanishning yo'qligi tufayli, tarmoqda katta yuklamalar paydo bo'ladi. Masalan, 5.8-rasmda qiyosiy tahlil qilish uchun ko'p yo'lli kechikishning tarmoqqa kiruvchi trafik intensivligiga bog'liqligi grafiklari maksimal navbat uzunligini (5) minimallashtirish bilan ko'p yo'lli marshrutlash uchun ko'rsatilgan. O'z-o'ziga o'xshash trafik uchun navbatning o'rtacha uzunligi (4.23) formula yordamida hisoblab chiqilgan.



5.8-rasm. Ko'p yo'lli kechikishning tarmoqqa kiruvchi fractal trafik intensivligiga bog'liqligi grafigi

5.8 -rasmdan Herst koeffitsienti qanchalik ko‘p bo‘lsa, ko‘p yo‘nalishli kechikishning qiymati shunchalik katta bo‘ladi va tarmoqning zo‘riqishi Poisson trafigi uchun hisoblangan trafik intensivligi qiymatidan ancha oldinroq sodir bo‘lishi ko‘rinib turibdi.

Xizmat ko‘rsatish ko‘rsatkichlarini hisoblashda, trafikning o‘z-o‘ziga o‘xshashligi bilan bir qatorda, ma’lumotlarni uzatish kanallarining xususiyatlarini ham hisobga olish kerak. Kanaldagi shovqinlarning ta’siri tufayli ma’lumotlar kadrlarini qayta uzatish soni ko‘payadi. Bu o‘rtacha muvaffaqiyatli uzatish vaqtining ko‘payishiga va ma’lumotlar paketlariga xizmat ko‘rsatish intensivligining pasayishiga olib keladi. Ma’lumki, xizmat ko‘rsatish intensivligining pasayishi tarmoq kanallari yuklanishining oshishiga olib keladi. 7.9 -rasmda ma’lumotlar kadrining qayta uzatish ehtimolligining ( $q$ ) har xil qiymatlari uchun ko‘p yo‘nalishli kechikishning tarmoqqa kiradigan oqim intensivligiga bog‘liqligi grafigi ko‘rsatilgan.



5.9 rasm. Ma’lumotlar kadrining qayta uzatish ehtimolligining ( $q$ ) har xil qiymatlari uchun ko‘p yo‘nalishli kechikishning tarmoqqa kiradigan oqim intensivligiga bog‘liqligi grafigi

5.9-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ma’lumotlarni uzatish kanallarining ideal sifatida ( $q = 0$ ) tarmoqda zo‘riqish intensivlik  $d > 27$  bo‘lganda paydo bo‘ladi. Ma’lumotlar kadrlarini qayta uzatish ehtimoligi  $q = 0.02$  va  $q = 0.05$  bo‘lganda tarmoq zo‘riqishi mos ravishda  $d > 15$  va  $d > 13$  bo‘lganda sodir bo‘ladi.

Yuqoridagi natijalar marshrutizatorlarda navbat uzunligining cheklanmaganlik sharti bilan olingan. Bufer hajmi cheklanganda marshrutizator interfeyslarida paket yo‘qolishi mumkin. Bunday holda, oqimni saqlanish sharti quyidagi shaklda bo‘ladi [72-73]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k = 1, k \in K, i = s_k \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k (1 - p_{ji}^k) = 0, k \in K, i \neq s_k, t_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ji}^k (1 - p_{ij}^k) = \varepsilon^k, \quad k \in K, \quad i = t_k, \end{array} \right. \quad (5.52)$$

bu yerda  $\varepsilon^k$ -  $k$  -trafik paketlarining tarmoq tomonidan xizmat ko‘rsatilgan qismi, ya’ni uzatuvchi marshrutizatoridan qabul qiluvchi marshrutizatorga yetkazib berilgan paketlar;  $p_{ij}^k$ - buferning to‘lib qolishi sababli  $i$  -chi marshrutizatorning  $j$  -interfeysida  $k$  -trafik paketlarining yo‘qolish ehtimoli.

Cheklangan navbatga ega bo‘lgan bir kanalli eksponensial ommaviy xizmat ko‘rsatish tizimi paketni yo‘qotish ehtimoli quyidagi ifodasi bilan aniqlanadi:

$$p_{ij} = \frac{1 - \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}^{N+2}} \rho_{ij}^{N+1}, \quad (5.53)$$

bu yerda  $N$  - marshrutizator interfeysidagi maksimal paketlar soni va  $\rho_{ij}$ -  $(i, j) \in E$  kanaldagi yuklama:

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K x_{ij}^k d_k}{c_{ij}}. \quad (5.54)$$

Navbatning o‘rtacha uzunligi quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$Q_{ij} = \frac{\rho_{ij}^2}{(1 - \rho_{ij})^2} p_0 \{1 - \rho_{ij}^N [N(1 - \rho_{ij}) + 1]\}, \quad (5.55)$$

bu yerda  $p_0$  marshrutizator interfeysida paketlarning bo‘lmasligi ehtimoli:

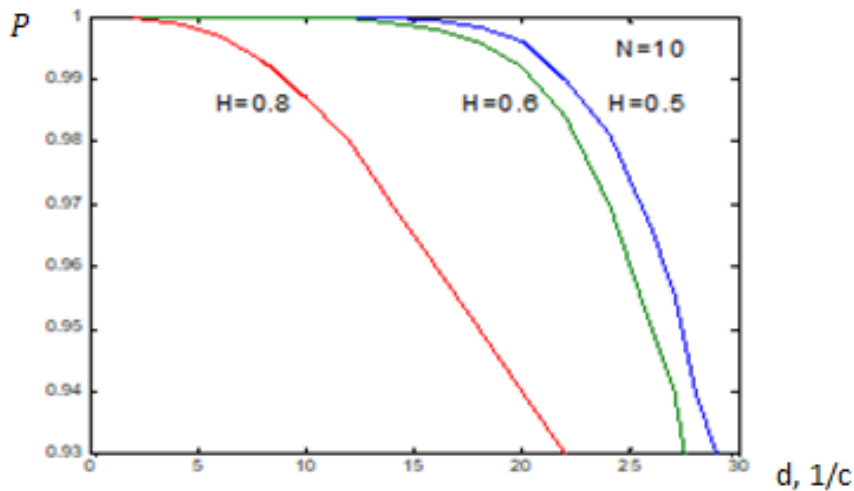
$$p_0 = \frac{1 - \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}^{N+2}}. \quad (5.56)$$

k-trafik paketlarini tugunlarario yetkazib berilishi ehtimoli quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [74]:

$$p^k = \sum_{l=1}^L \left( x^k(m_l) \prod_{(i,j) \in m_l} (1 - p_{ij}) \right), \quad (5.57)$$

bu yerda  $x^k(m_l)$  - m yo'li bo'ylab oqayotgan trafik ulushi.

5.10-rasmda paketlarni yetkazib berish ehtimolligining tarmoqqa kiradigan trafik intensivligiga  $N = 10$  va har xil Herst koeffitsientlariga bog'liqligi grafigi ko'rsatilgan.



5.10-rasm. Paketlarni yetkazib berish ehtimolligining tarmoqqa kiradigan trafik intensivligiga va Herst koeffitsientlariga bog'liqligi grafigi

5.10-rasmdan, Herst koeffitsienti qancha ko'p bo'lsa, paketlarni yetkazib berish ehtimoli shuncha past bo'lishligi ko'rinib turibdi. O'z-o'ziga o'xshash trafikda ( $H > 0,5$ ), kanaldagi zo'riqish Puasson trafigi uchun hisoblangan trafik intensivligi qiymatidan ( $H = 0,5$ ) oldinroq sodir bo'ladi. Kanalning zo'riqishida marshrutizator buferi to'lib qoladi va paketlar tashlanadi.

### 5.3. Ma'lumotlar kadrini optimal uzunligini aniqlash modeli

Real aloqa kanallariga xos bo'lgan asosiy xususiyat - bu nostatsionarlik yoki vaqt o'tishi bilan aloqa kanali holatining o'zgarishi hisoblanadi. Holati o'zgarish parametrlar bilan tavsiflangan tizimlarda kod va dekodlash usulini tanlash odatda aloqa kanalining eng yomon yoki o'rtacha holatidan kelib chiqish bilan amalga oshiriladi. Biroq, real kanallar uchun kodni tanlashga bunday yondashuv, odatda, ma'lumotlarni uzatish tezligining pasayishiga olib keladi, bu esa katta ortiqchalikli kodni tanlash va aloqa kanalining bo'lishi mumkin holatlarining har birida bu ortiqchalikdan noratsional foydalanish natijasi hisoblanadi. Bu kamchilikni bartaraf etish usullaridan biri o'zgaruvchan parametrlarga ega bo'lgan moslashuvchan aloqa tizimlariga o'tish bo'lib, bunda xabarlarini uzatish usullari va ularni qabul qilish usullari aloqa kanalidagi uzatish shartlari o'zgarishi bilan avtomatik va maqsadga yo'naltirilgan o'zgaradi.

#### *O'zgaruvchan uzunlik va teskari aloqa asosida ma'lumotlarni uzatish usullari*

Teskari aloqaga ega tizimlarda ma'lumotlarni uzatishning usullari ma'lum [74]. Ma'lum usullarda buzilgan ma'lumotlar bo'lganda ma'lumotlarni qayta uzatishdan foydalaniladi. Bunda teskari aloqa kanali bo'yicha qabul qilingan ma'lumotlar (teskari axborot aloqasiga ega bo'lgan tizimlar) yoki ma'lumotlarni to'g'ri yoki noto'g'ri qabul qilish to'g'risidagi qaror (qaror qabul qilinadigan teskari aloqaga ega tizimlar) uzatiladi. Teskari aloqadan foydalanish uzatilayotgan ma'lumotlarning yuqori ishonchliligini ta'minlaydi.

Teskari aloqaga ega bo'lgan tizimlarda ortiqchalik real signal/shovqin nisbatiga bog'liq va tasodifiy o'zgaruvchi hisoblanadi, chunki u xatoliklar yuzaga kelishi bilan kiritiladi. Shu munosabat bilan, boshqa teng sharoitlarda, teskari aloqaga ega tizimlardagi ortiqchalik xatoliklarni aniqlash va tuzatish uchun har bir kodlar kombinatsiyasiga kiritiladigan va berilgan ma'lumot uzatish ishonchliligi uchun yetarli bo'lgan ortiqchalikdan ancha kichik bo'lishi mumkin.



Ko'plab kanal qatlami protokollari muvaffaqiyatsiz uzatishlarni takroran uzatish orqali ma'lumotlarni ishonchli uzatishni ta'minlaydi. Muvaffaqiyatsiz uzatishlar ARQ (Automatic Repeat Request) takroran uzatishga avtomatik so'rovlari protokollariga muvofiq qabul qilishni tasdiqlash (ARQ-Acknowledgement) va qabul qilishni tasdiqlamaslik (NACK-Not Acknowledgement) xabarlarini kabi teskari aloqa xabarlarini orqali xabar qilinadi. ARQ mexanizmlari, xususan, ma'lumotlarni simsiz uzatish muhiti uchun ayniqsa muhim hisoblanadi, lekin simli aloqa liniyalarida ham qo'llaniladi. Simsiz kanallar bo'yicha ishlaydigan ARQ mexanizmlariga misol General Packet Radio Service (GPRS) umumiy foydalanishdagi paketli radioaloqa tizimlari uchun Radio Link Control (RLC) radiokanalni boshqarish protokolini o'z ichiga oladi. Bunday protokollar bilan bog'liq muammo shundaki, ular tez va ishonchli teskari aloqani va radioresurslardan samarali foydalanishni ta'minlay olmaydi.

Ma'lumotlar xatoliklari ehtimolini analitik hisoblash uchun aloqa kanalidagi xatolik oqimining modeli zarur. Tarixiy jihatdan diskret kanalidagi xatoliklar oqimining birinchi modeli binomial model bo'lib, u bitta parametr  $p_x$  - bittalik elementni (bitni) noto'g'ri qabul qilish ehtimoli bilan tavsiflanadi. Model xatoliklar yuzaga kelishining bog'liq emasligini nazarda tutadi. Bunday model uchun ma'lumotlar kadridagi xatolikliklar ehtimoli va ma'lumotlar blokining optimal uzunligi juda oddiy hisoblangan.

Deyarli barcha real kanallarda xatolikliklarni guruhlanishini o'rnatilishi ko'p sonli modellarni (Gilbert, oddiy Markov zanjiri, Myuller, Bennet-Froylix, Popov va boshqa modellarini) yaratishga turtki bo'ldi.

Matematik jihatdan oddiy modellar (masalan, binomial, oddiy Markov zanjiri kabi) real aloqa kanallarining xarakteristikalarini yetarlicha aks ettirmaydi. Yanada murakkab modellar, masalan, Popov modeli ko'proq aniqlikni olishga imkon beradi, ammo ularning qo'llanishi aloqa kanalining juda ko'p sonli parametrlarini bilishni talab qiladi. Ayniqsa, kanal parametrlarini tezda baholash va tizim parametrlarini, masalan, uzatiladigan ma'lumotlar blokining uzunligini

o'zgartirish zarur bo'ladigan adaptiv tizimlarda bunday modellardan foydalanish qiyin.

[74] ishda ikkita  $S_1$  va  $S_2$  holatlarga ega bo'lgan diskret kanal bo'yicha ishlaganda blok uzunligi o'zgaradigan moslashuvchan tizim ko'rib chiqiladi. Kanalning har bir holati  $p_{o1}$  va  $p_{o2}$  ( $p_{o1} < p_{o2}$ ) birlik elementlar bo'yicha mos xatoliklik ehtimoli bilan tavsiflanadi. Holatlarning almashishi ikki holatlarga va  $p_{11}$ ,  $p_{12}$ ,  $p_{22}$  va  $p_{21}$  ( $p_{12} < p_{11}, p_{21} < p_{22}$ ) o'tish ehtimolliklariga ega bo'lgan Markov zanjiri tavsiflanadi.

Blok uzunligini tanlash to'g'risidagi qaror ketma-ket noto'g'ri yoki to'g'ri qabul qilingan bloklarni tahlil qilish natijalari asosida qabul qilinadi. Agar kanal  $S_1$  holatida bo'lsa, u holda uzatish kattaroq  $n_1$  uzunlikdagi bloklarda bo'ladi. Agar ketma-ket  $\alpha$  bloklari buzilsa, u holda uzatish kichikroq uzunlikdagi  $n_2$  bloklarda amalga oshiriladi. Agar  $n_2$  uzunlikdagi bloklarda uzatishda ketma-ket  $\beta$  bloklar xatoliksiz qabul qilinsa, u holda uzatish kattaroq  $n_1$  uzunlikdagi bloklarda amalga oshiriladi.

Tizim olingan  $S_a, S_b, S_c$  va  $S_d$  holatlarda bo'lishi mumkin, bunda  $S_a$  - kanal  $S_1$  holatida va uzatish  $n_1$  uzunlikdagi bloklarda bo'ladi;  $S_b$  - kanal  $S_2$  holatda va uzatish  $n_1$  uzunlikdagi bloklarda amalga oshiriladi;  $S_c$  - kanal  $S_2$  holatda va  $n_2$  uzunlikdagi bloklarda uzatiladi va  $S_d$  - kanal  $S_1$  holatda va  $n_2$  uzunlikdagi bloklarda uzatiladi.  $S_b$  va  $S_d$  holatlarida diskret kanalning yangi holati aniqlanadi, uning uchun oldingi blok uzunligi saqlanib qoladi.

Bu usulning kamchiligi shundaki, aloqa kanalining holati oldingi uzatilgan ma'lumotlar kadrlari uchun olingan ACK va NACK xabarlarini soni asosida hisoblanadi, keyingi ma'lumotlar kadrlarini uzatishda esa aloqa kanalining parametrlari o'zgarishi mumkin va ma'lumotlar blokining hisoblangan uzunligi aloqa kanalining joriy holatiga mos kelmaydi.

## *Mustahkamlash bilan o'rganish asosida ma'lumotlarni uzatish usuli*

Odatda, ma'lum bir vaqtda real kanal xatolik modelining noaniqlik darajasi juda yuqori. Atrof-muhitga moslasha oladigan, shuningdek, olinadigan tajribadan o'rgana oladigan tizimlarni qurish muammosi uzoq vaqtdan beri turli sohalardagi tadqiqotchilarning e'tiborini tortdi. Mustahkamlash bilan o'rganish sun'iy intellekt tizimini yaratish usullaridan biri hisoblanadi. U tizim noaniqlik darajasi yuqori bo'lgan murakkabroq muhitda ishlash orqali olingan yutuqni maksimal darajada oshirishga harakat qilishiga asoslanadi [77].

Taklif etilgan ma'lumotlarni uzatish usulida oldingi ma'lumotlar oqimini uzatish va qabul qilishda to'plangan tajribaga asoslangan o'rganish tamoyilidan foydalaniladi.

Taklif etilgan usul quyidagicha amalga oshiriladi [75,76,78,79]. Uzatish tomonida uzatiladigan ma'lumotlar ma'lum uzunlikdagi bloklarga bo'linadi, har bir blok sinxronlashtirish, manzillashtirish va boshqarish haqidagi ma'lumotlardan iborat sarlavhani, shuningdek, xatoliklarni aniqlash uchun CRC (Cyclic Redundancy Check) tekshirish kombinatsiyasini o'z ichiga oladi. Tekshirish kombinatsiyasi blokning uzatiladigan ma'lumot bitlari asosida ma'lum bir qoidaga muvofiq shakllantiriladi. Masalan, CRC xatolikliklarni aniqlashga ega siklli kod yordamida shakllantirilishi mumkin. Shakllantirilgan ma'lumotlar kadri (sarlavha, ma'lumotlar bloki va CRC) aloqa kanali bo'yicha uzatiladi.

Qabul qilish tomonida olingan ma'lumotlar kadridan ma'lumotlar bloki ajratiladi va tekshirish kombinatsiyasi o'sha bir qoidaga muvofiq qayta hisoblab chiqiladi va olingan tekshirish kombinatsiyasi bilan taqqoslanadi. Agar CRClar mos kelsa (xatolik aniqlanmasa), qabul qilish tomoni uzatish tomoniga blokni to'g'ri qabul qilinganligi to'g'risida xabar (ACK) yuboradi va agar u mos kelmasa (xatolik aniqlangan bo'lsa) berilgan ma'lumotlar kadrini takroran uzatish uchun so'rov (NACK) jo'natadi.

Uzatish tomonida ikkita A va B matritsalarini yaratiladi. A va B matritsalarini elementlarining tarkibiga mos ravishda ACK va NACK turlardagi xabarlarini ketma-ket qabul qilishda ma'lumotlar blokining

uzunligini tanlash bo'yicha qaror qabul qilish samaradorligi qiymatlarini yoziladi. A matritsa elementlari indekslarining fizik ma'nosi quyidagicha:

$$a_{ik} \in A, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N_{ACK}; k = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (5.58)$$

bu yerda  $i$  - ketma-ket qabul qilingan ACK xabarlar soni,  $k$  - ma'lumotlar bloki uzunligi raqami.

B matritsa elementlari indekslarining fizik ma'nosi quyidagicha:

$$b_{jk} \in B, \quad j = 1, 2, 3, \dots, N_{NACK}; k = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (5.59)$$

bu yerda  $j$  - ketma-ket qabul qilingan NACK xabarlar soni,  $k$  - ma'lumotlar bloki uzunligi raqami.

Blok uzunligini tanlash bo'yicha qabul qilingan qarorning samaradorligi quyidagicha aniqlanadi.

Faraz qilaylik, ACK turdagi ketma-ket  $i$  xabarlarini olgandan so'ng,  $n_k$ , ( $n_1 \leq n_k \leq n_m$ ) blok uzunligini tanlash to'g'risida qaror qabul qilinadi, bu yerda  $n_1$  - ma'lumotlar blokining minimal uzunligi,  $n_m$  - ma'lumotlar blokining maksimal uzunligi. Bu yechimni  $ik$  bilan belgilaymiz. Agar ma'lumotlar bloki uzunligi  $n_k$  bo'lgan ma'lumotlar kadri uzatilgandan so'ng, ACK turdagi xabar olinsa, u holda qabul qilingan  $ik$  qarori  $a_{ik}$  tarkibini bittaga  $a_{ik} = a_{ik} + 1$  oshirish bilan mukofotlanadi. Aks holda, ya'ni NACK turdagi xabarni olinganda,  $ik$  qarori  $a_{ik}$  tarkibini bittaga  $a_{ik} = a_{ik} - 1$  kamaytirish bilan jazolanadi. Xuddi shunday tarzda, ketma-ket NACK  $j$  xabarlarini olinadigan hollarda ma'lumotlar blokining uzunligini tanlash bo'yicha qaror qabul qilish natijalari ( $jk$ )  $b_{jk} = b_{jk} + 1$  bilan mukofotlanishi yoki  $b_{jk} = b_{jk} - 1$  bilan jazolanishi mumkin.

Ma'lumotlar blokining uzunligini tanlash quyidagicha aniqlanadi. Aytaylik, uzatish tomon ketma-ket ACK turdagi  $i$  xabarlarini oldi. Keyin A matritsaning  $i$ -nchi satri elementlarining tarkibi taqqoslanadi va eng katta  $\max(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}, \dots, a_{im})$  tarkibga ega element tanlanadi. A matritsaning  $a_{ik}$  tarkibi maksimal bo'ladigan  $k$  ustunining raqami tanlanadigan ma'lumotlar blokining  $n_k$  uzunligini ko'rsatadi. Agar maksimal qiymatga ega bo'lgan bir nechta elementlar mavjud bo'lsa, u

holda ular orasida eng yuqori raqamga, ya'ni blokning eng uzunligiga ega ustun tanlanadi. Agar ketma-ket qabul qilingan ACK xabarlari soni  $N_{ACK}$  xabarlari sonidan katta bo'lsa, u holda blok uzunligini tanlash to'g'risidagi qaror A matritsaning  $N_{ACK}$  satri asosida qabul qilinadi.

Xuddi shunday tarzda NACK turdagi  $j$  xabarlar ketma-ket qabul qilinganda, V matritsaning  $j$ -chi satri elementlarining tarkibi taqqoslanadi va eng katta  $\max(b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{jk}, \dots, b_{jm})$  tarkibga ega element tanlanadi. V matritsaning  $b_{jk}$  tarkibi maksimal bo'ladigan  $k$  ustun raqami tanlandigan ma'lumotlar blokining  $n_k$  uzunligini ko'rsatadi. Agar maksimal qiymatga ega bo'lgan bir nechta elementlar mavjud bo'lsa, u holda ular orasida eng kichik raqamga, ya'ni eng qisqa blok uzunligiga ega  $k$  ustun tanlanadi. Agar ketma-ket qabul qilingan NACK xabarlari soni  $N_{NACK}$  xabarlari sonidan katta bo'lsa, u holda blok uzunligini tanlash bo'yicha qaror V matritsasining  $N_{NACK}$  satri asosida qabul qilinadi.

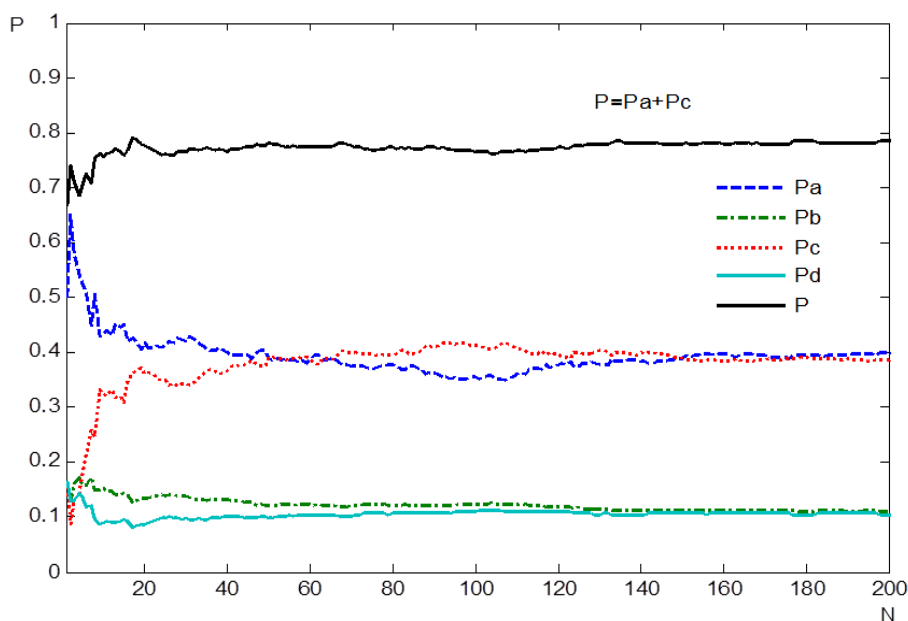
#### *Hisoblash tajribalari va natijalari*

Tavsiya etilgan usulning samaradorligini yuqorida tavsiflangan ma'lum [74] usul bilan taqqoslashni o'tkazamiz. Faraz qilaylik, ma'lum usulda bo'lganidek, taklif etilgan usulda uzatish ikki  $n_1$  va  $n_2$  uzunliklardagi ma'lumotlar bloklari bilan amalga oshiriladi, ya'ni yuqoridagi formulalarda ( $m = 2, k = 1,2$ ) bo'ladi. U holda taklif qilingan usulda uzatish tizimi  $S_a, S_b, S_c$  va  $S_d$  holatlarida ham bo'lishi mumkin. Hisoblash tajribalari yo'li bilan tizimning ishlashi vaqtida  $S_a, S_b, S_c$  va  $S_d$  holatlarida necha marta bo'lganligini aniqlash mumkin. Bu ma'lumotlarni mos ravishda  $N_a, N_b, N_c$  va  $N_d$  bilan belgilaymiz. U holda tizimning  $S_a, S_b, S_c$  va  $S_d$  holatlarida bo'lish ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$P_c = \frac{N_c}{N_a + N_b + N_c + N_d}; P_d = \frac{N_d}{N_a + N_b + N_c + N_d}.$$

$$P_a = \frac{N_a}{N_a + N_b + N_c + N_d}; P_b = \frac{N_b}{N_a + N_b + N_c + N_d}; \quad (5.60)$$

Ma'lumotlar blokining uzunligini tanlash ehtimoli  $P = P_a + P_c$  ga teng. Hisoblash tajribalari  $p_{01} = 0.0003$ ,  $p_{02} = 0.002$ ,  $n_1 = 256$  bayt,  $n_2 = 128$  bayt,  $\alpha = 2$ ,  $\beta = 10$  bo'lganda va diskret aloqa kanalining turli  $p_{11}$  va  $p_{22}$  parametrlarida amalga oshirildi. Taklif etilgan usul uchun 5.11-rasmda tizim holatlari ehtimolining modellashtirish qadamlari soniga (N) bog'liqligi grafiklari keltirilgan. Har bir modellashtirish qadami bitta ma'lumotlar kadrining uzatish vaqtiga teng.



5.11-rasm.  $p_{11} = 0.999$  va  $p_{22} = 0.998$  bo'lganda tizim holatlari ehtimolliklarining modellashtirish qadamiga bog'liqligi grafigi

5.11-rasmdan ko'rinib turibdiki, sun'iy intellekt asosidagi usul o'z-o'zidan o'rganish xususiyatini namoyish etadi. Tizim 160 ta modellashtirish qadamlarigacha o'rganadi, shundan so'ng holatlar ehtimoli o'zgarmaydi.

5.1-jadvalda diskret aloqa kanali parametrlarining turli qiymatlari bo'yicha hisoblash tajribalari natijalari keltirilgan.

## Hisoblash tajribalari natijalari

$P$	Diskret aloqa kanali parametrlari				
	$p_{11}$ = 0.9	$p_{11}$ = 0.999	$p_{11}$ = 0.999	$p_{11}$ = 0.9999	$p_{11}$ = 0.99999
	$p_{22}$ = 0.8	$p_{22}$ = 0.998	$p_{22}$ = 0.998	$p_{22}$ = 0.9998	$p_{22}$ = 0.99998
Ma'lum usul	0.51	0.54	0.59	0.75	0.83
Sun'iy intellekt asosidagi usul	0.74	0.76	0.79	0.84	0.88

5.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, diskret aloqa kanali parametrlarining turli qiymatlarida taklif etilgan usulda ma'lumotlar blokining uzunligini to'g'ri tanlash ehtimoli ma'lum usuldagidan yuqori bo'ldi.

## **6. TELEKOMMUNIKATSIYA XIZMATLARI SIFATINI TA'MINLASH BO'YICHA TELEKOMMUNIKATSIYA OPERATORLARIGA TAVSIYALAR**

### **6.1. O'zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya xizmatlari sifatini ta'minlash va nazorat qilish masalalari**

O'zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya xizmatlarini yo'lga qo'yuvchi subyekt (tashkilot)larning faoliyatini Davlat tomonidan nazorat qilish vakolati "O'zbekiston Respublikasi axborot texnologiyalari va kommunikatsiya-larini rivojlantirish" vazirligi tizimiga kiruvchi Davlat aloqa inspeksiyasiga (DAI) tegishlidir. DAI ning telekommunikatsiya sohasidagi asosiy vazifalari orasida ushbu tashkilot nazorat qilishi lozim bo'lgan quyidagi jihatlarni alohida keltirish mumkin:

- amaldagi qonun va normativ aktlarning, davlat va sohaga oid standartlarning bajarilishini, litsenziya shartlari va yo'lga qo'yilgan sertifikat olish qoidalariga rioya qilishni talab qilish;
- iste'molchilar huquqini himoya qilish va ko'rsatilayotgan xizmatlarni yaxshilashga oid chora tadbirlarni amalga oshirish;
- telekommunikatsiya tarmoqlarini axborot xavfsizligini ta'minlash;
- respublika hududida qo'llanilayotgan telekommunikatsiya tarmoqlarining amaldagi texnik norma parametri va tizimiga loyiq bo'lishi;
- O'zbekiston Respublikasi hududida loyihalashtirilayotgan, qurilayotgan va ishlatilayotgan telekommunikatsiya tarmoqlarining respublikada o'rnatilgan qoidalarga rioya qilinishi;
- hisobotga oid ma'lumotlarning aniqligini va normativ aktlar, davlat hamda tarmoqqa oid standartlar buzilgan holatlarda qo'llaniladigan jazo choralari to'g'ri ekanligi.

Telekommunikatsiya xizmatlarini sifatini nazorat qilish jarayonida O'zbekiston Respublikasida davlat tomonidan (DAIdan tashqari) yana, vazirlik tizimiga kiruvchi, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish respublika markazi" davlat unitar korxonasi (O'zTTBRM DUK) ham ishtirok etadi. O'zbekistondagi



telekommunikatsiyalar xizmatlarini sifatini nazorat qiluvchi O‘zTTBRM DUKga tegishli vazifalar orasida quyidagilarni ajratib ko‘rsatish mumkin:

- O‘zbekiston Respublikasida ish yurituvchi turli xil operatorlarni telekommunikatsiya tarmoqlarining ish jarayonini unumli qilish va moslashtirish;
- monitoring tizimini yo‘lga qo‘yish va O‘zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarining texnik holatlarini analiz qilish; Sifatni nazorat qilish masalalarini yechish maqsadida O‘zTTBRM

DUK ish sifati jarayonining tahlilidan foydalanadi, jumladan:

- tarmoq holatining nazoratidan;
- muassasalarga oid statistik hisobotlarning o‘rnatilgan tartibda tayyorlanishidan;
- telekommunikatsiyalarning shaharlararo transportga oid tarmoqlaridagi sifat ko‘rsatkichlarini tahlil qilishni tashkil etishdan;
- texnologik jarayon va ishlatilishda yo‘l qo‘yilgan texnik qoidabuzarliklar haqida hisobot tayyorlashdan.

Xizmatlar sifati o‘rnatilgan tartibga binoan amalga oshirilishida telekommunikatsiyalarning operatorlariga qo‘yilgan talablar O‘zbekiston Respublikasining “Telekommunikatsiyalar haqida”gi qonunida keltirilgan. O‘zbekiston Respublikasidagi telekommunikatsiya tarmoqlari ko‘rsatayotgan xizmatlarni nazorat qilishni ta‘minlashda ushbu sohaga oid, telekommunikatsiya tarmoqlari va uskunalari nisbatan qo‘yilgan birlamchi (yagona) talablar ko‘zda tutilgan normativ hujjatlar hamda ularni ishlatish qoidalarini aniqlab yo‘lga qo‘yish katta ahamiyat kasb etadi. Telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmatlar sifatini tartibga solishda amal qilinayotgan normativ-huquqiy akt va normativ hujjatlardan tashqari, operatorlar tomonidan telekommunikatsiya xizmatlari sifati va normativlarni nazorat qiluvchi ichki hujjatlar ham tuzib chiqiladi.

Xizmat sifatini xalqaro miqyosda standartlashtirish bilan telekommunikatsiya sektorini (ITU-T) va radioaloqa sektorini (ITU-R) o‘z ichiga olgan holda Xalqaro elektraloqa ittifoqi (ITU) hamda

telekommunikatsiya standartlari bo'yicha Yevropa instituti (European Telecommunications Standardization Institute, ETSI) shug'ullanadi.

ITU da oxirgi qurilmalarni, kirish tarmoqlari, transport tarmoqlari, telefon tarmoqlarini qamrab olgan simli aloqa tarmoqlaridagi xizmat sifatini ta'minlashga doir tavsiyalar ishlab chiqish bilan ITU-T sektori shug'ullansa, harakatdagi aloqa tarmoqlari, yo'ldoshli aloqa kabilarni qamragan simsiz aloqa tarmoqlaridagi xizmat sifatini ta'minlash bilan ITU-R sektori shug'ullanadi.

ETSI da xizmat sifati talablarini standartlash bilan ovoz va multimedia ma'lumotlarini uzatish bo'yicha xizmat sifati texnik komiteti (Speech and Multimedia Transmission Quality Technical Committee, TC STQ) shug'ullanadi. Bu texnik komitet ETSI ning turli texnik komitetlari sifat muammolarini ishlab chiqishga muvofiqlashtiradi va o'z ishini ITU, 3GPP va Elektrotexnika doirasidagi standartlash Yevropa komiteti (European Committee for Electrotechnical Standardisation, CENELEC) va VoLTE xalqaro loyihasi bilan o'zaro chambarchas munosabatda olib boradi.

Nazoratni ta'minlash va telekommunikatsiya xizmatlari sifatini boshqarish chog'ida xalqaro standartlashtirish institutining (ISO) 9000-chi seriyaga moslangan standartdan foydalanish eng faol uslub bo'lib ko'rinmoqda. Ta'kidlash joizki, O'zbekiston Respublikasi hududida faoliyat yuritayotgan ko'p telekommunikatsiya operatorlari xalqaro ISO 9001 standarti talablariga javob bera oladigan sifat menejmenti tizimiga mos tarzdagi sertifikatlariga egadirlar. Biroq, ba'zi bir holatlarda, O'zbekistondagi telekommunikatsiya xizmatlar sifatini nazorat qilishni ta'minlovchi chora-tadbirlar kamlik qilib qolmoqda. Yana shu narsa diqqatga molikki, telekommunikatsiya xizmat sifatining nazorati (o'lchov va analiz) sifat menejmenti tizimining faqat bir qismigina bo'lib, natijada, mustaqil tarzda, yagona va unumli boshqaruv siyosatiga tayanmay turib, iste'molchilarning talablarini qondira olmayapti. O'zbekistondagi telekommunikatsiya bozorini monopoliyadan chiqarish, yanada murakkab va xilma-xil bo'lib borayotgan xizmatlarga bo'lgan kuchli talab, bozordagi raqobatning kuchayishi, iste'molchilarning xilma-xillik hamda xizmat jarayoni va sifatiga bo'lgan yuqori talablari

telekommunikatsiya operatorlarining telekommunikatsiya xizmatlari sifatining nazoratiga oid masalalarda yangicha uslub va munosabatlarga qo‘l urishlarining o‘sib borishiga sabab bo‘lmoqda. Aytish mumkinki, davlatimizda telekommunikatsiya xizmatlari sifatini ta‘minlash quyidagicha tus olmoqda:

- telekommunikatsiya operatorlarining zamonaviy bosqichdagi faoliyatlarini yaxshilash va unumliroq qilish borasidagi yo‘nalishlarini qay tomonga burish lozimligini aniqlash zaruriyati;
- telekommunikatsiya xizmatlarining raqobatbardoshlikdagi darajasini oshirish zaruriyati;
- xizmat sifatini yaxshilashda yangicha yondoshuvlarni yo‘lga qo‘yish zaruriyati;
- telekommunikatsiya xizmatlari sifatini boshqarish tizimining uslubini ko‘rib chiqib, yo‘lga qo‘yish zaruriyati;
- telekommunikatsiya xizmatlari sifatini boshqarish jarayonlarini tuzishdagi yo‘nalishlarini aniqlash zaruriyati.

Telekommunikatsiya tarmoqlaridagi xizmatlar sifati takomillashishini nazorat qilishda amaldagi telekommunikatsiya xizmatlari sifati ko‘rsatkichlari tizimini qayta ko‘rib chiqib, yangisini ishlab chiqish, muhim ma‘no kasb etgan holda, iste‘molchilik xizmatlari sifati hisobga olingan obyektiv (xolis) va har taraflama qamrovli bo‘lgan bahoni berish uchun imkoniyat yaratadi, shu bilan birga yangi telekommunikatsiya texnologiyalari va vositalarini kiritishga sabab bo‘ladi. Ko‘rsatkichlar tizimi har bir konkret xizmatning o‘sha ish bosqichi mobaynidagi ko‘rsatkichlarning asosiylarini o‘zida aks ettirmog‘i lozim bo‘ladi. Ko‘rsatkichlar o‘lchanadigan yoki ma‘lumotlarni yig‘ish va qayta ishlash orqali aniqlanadigan bo‘lishi kerak.

O‘zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya xizmatlarining sifatini takomillashtirish maqsadida vazirlikning 2010 yil 14 yanvardagi 24-son buyrug‘iga binoan, ma‘lumotlarni uzatishga oid tarmoqlar xizmatlari sifatining vaqtinchalik normativlari va ko‘rsatkichlari tadbiq etilgan. Natijada, bugunga kelib, ma‘lumotlar uzatish tarmoqlariga oid xizmatlar sifatining ko‘rsatkichlari o‘z ifodasini topdi (6.1 - jadval).

## Ma'lumotlar uzatish tarmoqlariga oid xizmatlar sifatining ko'rsatkichlari

Sifat ko'rsatkichining xarakteristikasi	Sifat ko'rsatkichi/parametrining nomi	Norma
Xizmat ishonchliligining darajasini baholash	Yil davomida bitta uskunaga to'g'ri keladigan buzilish holatlarining soni	$\leq 0,1$
	Tarmoqning o'rtacha kvartal mobaynidagi tayyorlik koeffitsienti, %	99
	Tarmoqdagi uzilishlar orasidagi o'rtacha vaqt, h	200-500
	Tarmoq ishini tiklashga sarflangan o'rtacha vaqt, min	300-3600
Tarmoqqa kira olishni ta'minlash tezligini baholash	Tarmoqqa kira olish uchun berilgan arizani bajarishga sarflangan vaqt, ish kuni	$\leq 3$
	Tarmoqqa kira olish uchun berilgan arizalarning normativ muddatda bajarilish koeffitsienti	$\geq 0,95$
Texnik xizmat va ta'mirlash sifatlarini baholash	Tarmoqqa qayta ulanishni ta'minlashga sarflangan vaqt, h	10
	Buzilish holatlari tufayli tushgan arizalarning normativ muddatda qondirilganlik koeffitsienti	$\geq 0,95$
Ma'lumotlar uzatish sifatini baholash	IP paketni uzatishdagi kechikish, ms	100-400
	IP paket kechikishini variatsiyasi (djitter), ms	50
	IP paketlarni yo'qotish koeffitsienti	$10^{-3}$
	IP paketlar xatolarining koeffitsienti	$10^{-4}$
	Kanallar kommutatsiyasi tarmoqlarida ma'lumotlarni uzatishda oldindan uzilib qolish ehtimolligi	$2 \cdot 10^{-5}$
VoIP ulanishi sifatini baholash	Chaqiruvni ulashga sarflangan vaqt, s	
	IP adreslash	$< 1,5 - 7$
	IP $\rightarrow$ E.164	$< 2 - 10$
	E.164 $\rightarrow$ IP	$< 4 - 20$

Shu bilan birga, ko'rsatkichlarning ishlab chiqilayotgan tizimi, iste'molchilikka xos bo'lgan asosiy xususiyatlarni, ish jarayonidagi har bir xizmat alohida e'tiborga olingan holda, o'zida aks ettirmog'i lozim. Ko'rsatkichlar o'lchovga mos doirada bo'lmog'i va ma'lumotlarni yig'ish hamda qayta ishlashda qulay va oson tarzda aniqlanmog'i zarur bo'ladi. Sifat ko'rsatkichlari va normalashtirishning yagona tizimini yaratish, telekommunikatsiya operatorlari, abonentlar hamda nazorat qiluvchi tashkilotlar orasidagi o'zaro hamkorlikning yaxlit tizimini qurishda nihoyatda muhim vazifa hisoblanadi.

Milliy hamda xalqaro tizimlarni o'zaro uyg'unlashtirish, operatorlar uchun (jahon telekommunikatsiya bozoridagi so'nggi talablarni inobatga olgan holda) xizmatlarning raqobatbardoshligini oshirish imkoniyatini beradi, xizmatlar sifatining yagona (birlamchi) normalarini yo'lga qo'yish esa, shunday sharoit yaratadiki, tarmoqning abonentlari va nazorat qiluvchi tashkilotlar, turli xil kompaniyalar ko'rsatayotgan xizmatlarni to'g'ri baholash imkoniga ega bo'ladilar.

Bundan tashqari, telekommunikatsiya bozorini monopoliyadan chiqarish va zamonaviy texnologiyalarni yo'lga qo'yish, O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarida telekommunikatsiya xizmatlar sifatining oshirilishini taqozo etadi, bu esa, o'z navbatida, yangi iste'molchi va abonentlarni jalb qilishning bir turidir. Bunday sharoitlarda, operatorlar va provayderlar o'zlarining iste'molchilarga nisbatan qo'llayotgan xizmat munosabatlarini o'zgartirishga majbur bo'ladilar. Buning uchun, xalqaro standartlashtirish institutining (ISO) 9000-chi seriya standarti talablariga asoslangan tizim yondoshuvini joriy etish lozim. ISO 9000 standartlari sifat menejmenti tizimiga bo'lgan talab va mahsulotga bo'lgan talab orasida farqni yuzaga keltiradi. Sifat menejmenti tizimiga bo'lgan talab ISO 9001 da belgilangan va u mahsulotning kategoriyasidan qat'iy nazar sanoat va iqtisodning ixtiyoriy sektorlaridagi tashkilotlar uchun qo'llaniladi va umumiy hisoblanadi. ISO 9001 mahsulotga bo'lgan talabni o'rnatmaydi. Mahsulotga bo'lgan talab iste'molchi yoki tashkilot tomonidan taklif va texnik reglamentlarni hisobga olgan holda o'rnatiladi.

## **6.2. Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifati sohasida me'yoriy hujjatlar va tizim talablarini ishlab chiqish bo'yicha tavsiyalar**

### **6.2.1. Umumiy qoidalar**

Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlash muammosi IP-tarmoqlar faoliyatining asosiy tamoyili bilan uzviy bog'liqdir (ma'lumotlarni uzatish rejimida, ulanishsiz va nazoratsiz), hamda ilmiy-tadqiqot ishlarini texnologik, iqtisodiy, huquqiy ta'minlash muammolarini hal qilishga qaratilgan.

Tarmoqlarda yangi ilovalar (jumladan, real vaqt rejimida, masalan, interaktiv ovozli uzatish, videotelefoniya, videokonferensaloqa) paydo bo'lishi bilan IP tarmoqlarida kafolatlangan xizmat ko'rsatish sifati masalasi yanada murakkablashadi; resurs yetishmasligi mavjud bo'lib, bu paketlarni yo'qotish ehtimolining oshishiga va ularning kechikishlarining oshishiga olib keladi; real vaqt rejimidagi ilovalar uchun xizmat ko'rsatish sifatining zarur ko'rsatkichlarini ta'minlab bo'lmaydi. Tarmoqlar va xizmatlarni IP-ga asoslangan tarmoqni qurishdagi jarayonlari va xizmat ko'rsatishning talab qilinadigan sifatini ta'minlashning umumiy masalalari so'nggi o'n yil ichida turli ilmiy guruhlar tomonidan tadqiqot mavzusi va telekommunikatsiyalarni standartlashtirish tashkilotlarining doimiy e'tiborida bo'ldi.

Xizmat ko'rsatish doirasini doimiy ravishda kengaytirishdan manfaatdor bo'lgan va har bir foydalanuvchiga o'rtacha daromadni oshirishni istaygidan manfaatdor bo'lgan zamonaviy telekommunikatsiya operatorlari taqdim etilayotgan xizmatlar sifatini e'tiborga olishlari kerak: xizmatlar rivojlanishi va murakkablashishi bilan ularni taqdim etish talablari negizida ular ta'minlanayotgan aloqa tarmog'ining resurslari ortib bormoqda. Ushbu masalalar mahalliy tashkilotlar - telekommunikatsiya bozorining manfaatdor tomonlari (operatorlar, provayderlar, uskunar yetkazib beruvchilar, nazorat qiluvchi organlar va boshqalar) tomonidan ham doimiy muhokama qilinadi va axborot kommunikatsiya texnologiyalari sohasidagi ilmiy tadqiqotlar va ishlarning dolzarb masalalari sifatida taqdim etiladi.

Xizmat sifati keyingi avlod aloqa tarmoqlarida muhim tushunchadir, ammo “sifat” soʻzining oʻzi keng maʼnoga ega. Telekommunikatsiya xizmatlari kontekstida, masalan, telefon qoʻngʻirogʻining boshqa tomonida ovozning eshitilishi mumkinligini tasvirlash uchun ishlatilishi mumkin, chunki aloqa uskunalari normal ishlaydi. Sifat taʼriflaridagi baʼzi farqlarga qaramay, xizmat koʻrsatish sifati koʻp hollarda IP tarmogʻida sifat deb ataladi. Ushbu tavsiyalarning umumiy qoidalar, meʼyoriy hujjatlar va tizimli ishlab chiqishda talablar, shuningdek, ikkita asosiy yoʻnalishga qaratilgan:

- xizmatlar sifati parametrlarini standartlashtirish;
- mavjud tarmoqlarda belgilangan parametrlarni taʼminlash.

Vaziyatga (dastlabki maʼlumotlarning mavjudligi, tarmoqdagi trafikni oʻlchash imkoniyati va boshqalar) qarab, xizmat koʻrsatish sifatini taʼminlash vazifasi murakkab va ahamiyatli boʻlib, uchta asosiy masalani koʻrib chiqishni talab qiladi: koʻrsatkichlar va parametrlarni aniqlash; tegishli sifat koʻrsatkichlarini oʻlchash, hisoblash va baholash; xizmatlar sifati koʻrsatkichlarini standartlashtirish.

Zamonaviy telekommunikatsiya konseptsiyasi operatorga deyarli cheksiz miqdordagi xizmatlarni tashkil qilish uchun katta imkoniyatlar beradi, shu bilan birga idrok sifatini baholashning yangi usullarini yaratish va joriy etish nuqtai nazaridan yangi vazifalarni qoʻyadi - Quality of Experience (QoE) va xizmat sifati - Quality of Service (QoS).

Zamonaviy telekommunikatsiyalarda xizmat koʻrsatish sifati - bu xizmat mazmuniga mos keladigan maʼlumotlar oqimini tashishda tarmoq resurslariga qoʻyiladigan talablar toʻplami. Sifatni baholash uchun uch darajali model qoʻllaniladi: (1) foydalanuvchi darajasida, shaxsning subyektiv fikrining koʻrsatkichlari baholanganda, masalan, maʼlum bir turdagi axborotni idrok etish sifatini subyektiv baholash; (2) xizmat koʻrsatish darajasida, xizmat sifatining turli jihatlari, masalan, maʼlumotlar tezligi, kodlash mexanizmlari va boshqalar baholanganda; (3) transport darajasida, tarmoq sifati baholanganda: kechikishlar, yoʻqotishlar, kechikishlarning oʻzgarishi va boshqalar.

Xizmat sifati QoS - bu xizmatdan foydalanuvchining qoniqish darajasini belgilovchi xizmat sifati koʻrsatkichlarining yigʻindisi taʼsiri

(ITU-T Rec. E.800). ‘Xizmat ko‘rsatish sifati’ atamasi shuningdek, tarmoq texnologiyalari (QoS mexanizmlari) to‘plamini ham anglatadi, ularning maqsadi provayderga o‘zi taqdim etayotgan xizmatlarning sifat darajasini nazorat qilish imkonini berishdir.

Tarmoqning ishlash sifati (Network Performance, NP) aloqa operatori tomonidan ko‘rib chiqiladigan va tarmoqni ishlab chiqish, konfiguratsiya, ishlatish va texnik xizmat ko‘rsatishda foydalaniladigan parametrlar yordamida o‘lchanadi. (Rec. I. 350 ITU-T).

NP qiymatlari terminal uskunasi ishlashi va foydalanuvchi harakatlaridan mustaqil ravishda belgilanadi, lekin foydalanilgan tarmoq texnologiyasiga bog‘liq. Har bir tarmoq texnologiyasi uchun ushbu texnologiyaning QoS sinflari deb ataladigan talablar to‘plamidan foydalangan holda tavsiflangan xizmat darajalari sifati tizimi aniqlanadi (masalan, IP protokollari uchun tarmoq QoS sinflari ishlab chiqilgan).

Xizmat sifati ko‘plab jihatlarga ega bo‘lib, ularni quyidagi toifalarga bo‘lish mumkin: normativ, texnik, tijorat. Bunday turkumlashtirish QoS (shu jumladan standartlashtirish sohalari) kontekstida ko‘rib chiqilgan masalalarni umumlashtirish bo‘lib, sifat parametrlari va xususiyatlariga qo‘yiladigan talablarni tizimlashtirish va ularni tarmoqda qo‘llash imkonini beradi. Ushbu toifalarning har biri uchun alohida maxsus qo‘llash masalalari ko‘rib chiqilishi mumkin.

Xususan, *tartibga solish jihatlari* sohasida quyidagilarni ta’kidlash mumkin:

1. Uskuna operatorlari va ishlab chiqaruvchilari (yetkazib beruvchilar, sotuvchilar) texnik muammolarni hal qilishda va telekommunikatsiyalar sohasidagi texnik siyosat masalalarini belgilashda tarmoqlarda joriy etilgan texnologiyalar bilan ta’minlashda ITU tomonidan ishlab chiqilgan ma’lumotnomalarga amal qiladilar. Telekommunikatsiya tarmog‘i uchun adekvat va tushunarli xizmat sifati talablarini aniqlash tegishli manfaatdor tomonlarga sifatli xizmatlarni arzon narxlarda taqdim etishga yordam beradi.

2. Regulyatorlar xizmat ko‘rsatish sifati bilan bog‘liq masalalarni, shu jumladan tarmoqlarga taalluqli xizmat ko‘rsatish sifatini o‘lchash uchun tegishli parametrlar va texnologiyalarni aniqlashning maqsadga



muvofigligini chuqur tahlil qilish va o'rganishi kerak. Operatorlar bozor va xizmatlar iste'molchisi manfaatlarini hisobga olgan holda (jumladan, xizmat ko'rsatish modelining turli darajalari uchun) sifatni ta'minlashning yagona siyosati va yagona falsafasiga rioya qilishlari kerak (joriy qilish zaruratidan kelib chiqqan holda).

3. Regulyatorlar iste'molchilar xavfsizligi va himoyasi masalalariga alohida e'tibor qaratishlari kerak: yangi IP-ga asoslangan aloqa muhitida aloqa xavfsizligining ahamiyati tobora muhim ahamiyat kasb etadi va shuning uchun tartibga soluvchilar soha xavfsizligi sohasidagi vaziyatning rivojlanishini diqqat bilan kuzatib borishlari kerak. Xavfsizlik tizimining ishlashidagi buzilishlarning oldini olish bilan bog'liq tegishli choralar (shu jumladan xavfsizlikni buzish va resurslarga ruxsatsiz kirish xavfi bilan bog'liq) inobatga olinishi lozim.

*Texnik jihatlar sohasida quyidagilarni ta'kidlash mumkin:*

Texnik jihatlar xizmat ko'rsatishning operatsion jihatlar bilan shug'ullanadi va xizmat ko'rsatish tamoyillarini o'z ichiga oladi; xizmat taqlidini aniqlash va operatsion talablar; resurslarni tayinlash talablari, shu jumladan ortiqcha mezon va protseduralar, marshrutlash va o'zaro ulanish talablari; tarmoq trafiginini va tarmoq transporti funksiyalarini boshqarish tartiblari va mexanizmlari.

Ko'rib chiqishni talab qiladigan yana bir muhim masala - an'anaviy aloqa tarmoqlari va IP tarmoqlari o'rtasidagi o'zaro ta'sirdir.

Alohida masala, shuningdek, boshqaruv tizimlaridan foydalangan holda telekommunikatsiya xizmatlarini, tarmoqlarini va uskunalari boshqarish, shu jumladan zamonaviy telekommunikatsiyani qo'llab-quvvatlash va telekommunikatsiyalarni boshqarish tarmog'idan (TMN) foydalanish va rivojlantirish, shu jumladan aloqani qo'llab-quvvatlash uchun boshqaruv tizimining interfeyslarini aniqlash yoki tashkiliy domenlar o'rtasida.

Texnik jihatlar qatorida telekommunikatsiyada sifat menejmenti vazifalari: QoSni ta'minlashning yangi mexanizmlarini ishlab chiqish, axborot xavfsizligini hisobga olgan holda kirish tarmog'idan transport tarmog'iga trafikni o'tkazishda sifat ko'rsatkichlari to'plamini konfiguratsiya qilish mexanizmlarini ishlab chiqish. xizmatlar sifati

ko'rsatkichlarining turli masalalari, shuningdek, mustaqil monitoring vositalarini ishlab chiqish.

Tijorat jihatlari bo'yicha: mobil foydalanuvchi imtiyozlarini o'zgartirish va aqlli qurilmalar hamda multimedia ilovalaridan foydalanishni ko'paytirish masalalari tomonlarga ma'lum majburiyatlarni yuklaydi (shu jumladan ularni sifatdan qondirish masalalari va sifatni ta'minlash uchun qo'shimcha xarajatlar). Alohida masala - SLA dan manfaatdor tomonlar munosabatlarini tartibga solish vositasi sifatida foydalanish bilan bog'liq.

Ushbu monografiya mazmunini o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, tijorat masalalari ko'rib chiqish doirasidan tashqaridadir (qisman, bu masalalar tartibga soluvchining to'plangan vazifalari bo'lib, narx siyosati, tariflar va boshqalarni belgilaydi).

### **6.2.2. Sifatli telekommunikatsiya xizmatlariga oid me'yoriy hujjatlarni yaratish bo'yicha tavsiyalar**

Aloqa xizmatlarining sifati telekommunikatsiya sohasining ajralmas mulki va kontseptsiyasi sifatida aloqa operatorlarining raqobatbardoshligiga ta'sir qiluvchi muhim omil hisoblanadi: telekommunikatsiya xizmatlari raqobatbardosh bozorida aloqa xizmatlari sifatini oshirish maqsadida xizmatlar sifati sohasida tegishli me'yoriy hujjatlarni ishlab chiqish va ularga huquqiy hujjat maqomini berish zarur. Bozor talablaridan kelib chiqqan holda, xizmatlar sifatining me'yoriy-huquqiy bazasini, shu jumladan foydalanuvchilar nuqtai nazaridan muhim bo'lgan nazorat qilinadigan sifat ko'rsatkichlari, ushbu ko'rsatkichlar uchun maqbul standartlar va ularni o'lchash usullarini ishlab chiqish tavsiya etiladi.

*Aloqa operatorlari va aloqa sohasidagi nazorat qiluvchi organlar tomonidan foydalanish.*

O'zbekiston Respublikasida telekommunikatsiyalar sohasidagi standartlar, normalar va qoidalarni ishlab chiqish "Telekommunikatsiyalar to'g'risida" gi qonuni va qator tegishli qonunchilik hujjatlarga muvofiq tartibga soluvchi vazirlik va tashkilotlar

(O‘zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari va kommunika-tsiyalarini rivojlantirish vazirigi, ‘UNICON.UZ’ fan-tadqiqot markazi va boshq.) tomonidan amalga oshiriladi; sohada bir qator korxonalar va tashkilotlar faoliyat yuritmoqda, ularning faoliyati sifatni ta’minlash yo‘nalishida amalga oshirilmoqda. Sifatni ta’minlash sohasidagi me‘yoriy-huquqiy bazaning asosini tashkil etuvchi bir qator hujjatlar mavjud bo‘lib, ular turli davrlarda yaratilgan va ishlab chiqilgan bo‘lib sifatning turli jihatlariga ta’sir qiladi. Sifatni tartibga soluvchi mavjud me‘yoriy hujjatlarni qisqacha ko‘rib chiqish shuni ko‘rsatadiki, ularning ko‘pchiligining mazmuni belgilangan sifat standartlari nuqtai nazaridan qayta ko‘rib chiqish va/yoki takomillashtirishni, yangi xizmatlarni joriy etishda sifatni baholashni, shu jumladan yuqoridagilarni yaratish yo‘nalishi bo‘yicha (normativ jihatlar uchun) yagona sifat kafolati/sifatni boshqarish siyosatiga qo‘yiladigan talablarni inobatga olishi kerak.

Aloqa operatorlarining amaliy tajribasi shuni ko‘rsatadiki, ma’lumotlar uzatish tarmog‘i faoliyatining sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma’lum standartlardan chetga chiqish yoki past baholanishi bir qator xizmatlarni ko‘rsatish sifatining yetarli emasligiga olib kelishi mumkin; bunday vaziyatlarga multimedia kontentini standart va yuqori aniqlikdagi formatda uzatish (yo‘qotish va xatolik darajasiga yuqori talablar), sinxron trafikni uzatish (kechikish o‘zgarishi va yo‘qotish nisbati uchun yuqori talablar) kiradi. Jumladan, misol tariqasida “Ma’lumotlar uzatish tarmog‘i xizmatlari sifatini baholash bo‘yicha yo‘riqnoma” (O‘zAAA 14.01.2010 yildagi 24-son buyrug‘iga 4-ilova) hujjatini ko‘rsatish mumkin. IP tarmoqlarida QoSni tavsiflovchi asosiy parametrlar ro‘yxati (ITU-T Y.1541 bo‘yicha), tarmoqqa ta’sir qilish shartlari ko‘rsatilgan. Ushbu ko‘rsatkichlar QoSning obyektiv va o‘lchanadigan xarakteristikalar bo‘lib, ular turli xil xizmat ko‘rsatish sinflariga nisbatan chegaraviy qiymatlarga ega, UNI-UNI (end-to-end QoS) darajasi uchun amal qiladi va bu natijalarga asoslanadi.

Aloqa xizmatlari sifati ko‘rsatkichlari ITU-T tomonidan taklif etilgan modellar asosida belgilanishi va bu ko‘rsatkichlarni qo‘llashning

qaysi maqsadlari e'tiborga olinishi lozimligi, tizimning samaradorligini ta'minlash esa asosan normativ-huquqiy bazaning mavjudligiga bog'liq.

Quyida ushbu monografiyada olingan natijalar asosida QoS ko'rsatkichlarini baholashni takomillashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqilgan.

### *Paketning kechikishini baholash bo'yicha taklif*

IP-paket kechikishi ishchi xarakteristikalarini talablari oqim uchun IPTD bazali qiymatining yuqori chegarasidir. IPTD o'lchovi ITU-T O.211 tavsiyasida keltirilgan sinov IP paketi yordamida amalga oshiriladi. Ushbu test vaqti belgilab qo'yilgan paketlar oqimini kanalning bir uchidan ikkinchisiga yuborishdan iborat. Paketni qabul qilish vaqti qayd qilinadi. Har bir paketni bitta yo'nalishda uzatish uchun sarflangan vaqt paketlarni qabul qilish va uzatish vaqtlari o'rtasidagi farq sifatida aniqlanadi. O'chov natijalariga ko'ra o'rtacha kechikish qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\overline{IPTD} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{IP}} IPTD_i}{N_{IP}}, \quad (6.1)$$

bu yerda  $IPTD_i$  -  $i$  paketining kechikish vaqti,  $N_{IP}$  - o'lchov oralig'ida uzatiladigan paketlarning umumiy soni.

Y.1541 tavsiyasida,  $\overline{IPTD}$  ning o'rtacha qiymati normallashtirilgan  $IPTD_H$  cheklovdan kam bo'lishi kerak.

$n$  ta tarmoq segmentlariga ega UNI-UNI interfeysi uchun paketning o'rtacha kechikishi quyidagi formula bilan belgilanadi:

$$\overline{IPTD}_{UNI-UNI} = \sum_{i=1}^n \overline{IPTD}_{NSi}, \quad (6.2)$$

bu yerda  $\overline{IPTD}_{NSi}$  - tarmoq segmentidagi o'rtacha paket kechikishi.

Paketning o'rtacha kechikishini normallashtirilgan qiymat bilan taqqoslash to'g'ri baho uchun yetarli emas. Shuning uchun (6.1) baholash bilan birga paketlarini o'z vaqtida yetib borish ehtimolligini baholash  $Q(IPTD)$  ni kiritish orqali IPTD qiymatiga qo'yiladigan talablarni kuchaytirish taklif etiladi. Tarmoqni loyihalashda  $Q(IPTD)$  qiymatini paketlar kechikishi vaqtlarining approksimatsiyalanadigan

gamma taqsimotidan foydalangan holda aniqlash taklif etiladi [56,59]. Faoliyat ko'rsayotgan tarmoq uchun  $Q$  qiymatini o'lchov natijalarini qayta ishlash asosida quyidagi formula orqali aniqlash mumkin:

$$Q(IPTD) = \frac{N(IPTD < IPTD_H)}{N_{IP}}, \quad (6.3)$$

bu yerda  $N(IPTD < IPTD_H)$  - paketni uzatish kechikishi (IPTD) ning qiymati normallashtirilgan qiymatidan kam bo'lgan paketlar soni.

*Paket kechikishining variatsiyasini baholash bo'yicha taklif*

Paket kechikishining variatsiyasini baholash bo'yicha ITU-T Y.1541 taklifida paketning kechikishi variatsiyasi quyidagicha berilgan:

$$IPDV = IPTD_{upper} - IPTD_{min}, \quad (6.4)$$

bunda:  $IPTD_{upper}$  - bu ixtiyoriy intervalda olingan  $IPTD$  taqsimotning  $10^{-3}$  kvantiliga teng;  $IPTD_{min}$  - baholash oralig'ida olingan  $IPTD$  ning minimal qiymatiga teng.

3.2 bo'lim natijalariga ko'ra,  $IPTD$  ning gamma taqsimoti asosida  $IPTD_{upper}$  qiymatini aniqlash taklif etiladi.

UNI-UNI interfeysi uchun kechikish variatsiya ( $IPTV_{NS}$ ) qiymatini tarmoq segmenti qiymatlari qo'shib aniqlash mumkin emas. UNI-UNI interfeysi uchun kechikish variatsiyani aniqlash uchun paket kechikishlarining har bir tarmoq segmentidagi taqsimotini bilish kerak. Agar har bir tarmoq segmentidagi kechikish taqsimotlari ma'lum bo'lsa (o'lchangan bo'lsa) va ular bir-biriga bog'liq bo'lmasa, unda UNI-UNI-da kechikish taqsimoti tarmoq segmentlarining kechikish taqsimotlarini "svertka" operatsiyasi bilan aniqlanadi.

Y.1541-sonli tavsiyanomada  $IPTV_{NS}$  taqsimoti ma'lumotlari kamdan-kam tarmoq operatorlari tomonidan birgalikda foydalanilishi mumkin va doimiy ravishda taqsimlanish sharoitida ularni olish imkonsiz bo'lishligi ta'kidlab o'tilgan. Y.1541-tavsiyanomada appoksimasiyalashga asoslangan baholash usuli keltirilgan. Ushbu sohada izlanishlar davom etayotganligini hisobga olsak, Y.1541-sonli tavsiyada taklif etilgan usul vaqtinchalik usul sifatida qabul qilingan.

RFC-3393-tavsiyanomasiga asosan, paketning kechikishi variatsiyasi ikki paketning boshlang'ich va oxirgi kechikishlari o'rtasidagi farq sifatida aniqlanadi. O'lchashlar jarayonida ma'lum bir vaqt oralig'idagi kechikishlarning o'rtacha variatsiyasi qiymatlari olinadi. [59] da immitatsion modellashtirish yordamida eng aniq natijani gamma-taqsimot asosida paketlarning kechikishi variatsiyasini baholash usuli berishi ko'rsatilgan.

$IPDV_{NS}$  kechikish variatsiyasi qiymatlari qo'shib borilmaganligi sababli, ushbu masalani hal qilish uchun quyidagi baholash usuli taklif etiladi. Har bir segment uchun paketning kechikishlari variatsiyasi normallashtirilgan qiymatdan kam bo'lish ehtimolini quyidagi formula bilan topish mumkin.

$$Q(IPDV) = \frac{N(IPDV < IPDV_H)}{N_{IP}}, \quad (6.5)$$

bu yerda  $N(IPDV < IPDV_H)$  - o'lchov vaqti oralig'ida  $IPDV < IPDV_H$  shartga javob beradigan paketlar soni.

UNI-UNI interfeysida paketning kechikishi variatsiyasi normallashtirilgan qiymatdan kichik bo'lish ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{UNI-UNI}(IPDV) = \prod_{i=1}^n Q_{NSi}(IPDV), \quad (6.6)$$

bu yerda  $Q_{NSi}(IPDV)$  - tarmoq segmentidagi paketlar kechikishlari variatsiyasining normallashtirilgan qiymatdan kichik bo'lish ehtimoli.

#### *Tarmoqning tayyormaslik koeffitsienti bo'yicha taklif*

ITU-T Y.1540 tavsiyasida tarmoqning tayyormaslik davrlarini e'lon qilish mezonini berilgan. Agar IPLR (Paketni yo'qotish darajasi) taxminan 5 daqiqalik baholash oralig'ida 75% dan (Paketni yo'qotish darajasi 0,75) katta yoki teng bo'lsa, IP xizmati tarmoqning bir uchida boshqa uchigacha uzatishga tayyor emas deb hisoblanadi. Biroq, bu mezon tarmoqning tayyorgarligiga ta'sir ko'rsatadigan boshqa QoS ko'rsatkichlarini hisobga olmaydi. Tarmoqning tayyorgarligini

kompleks usulda aniqlash lozim. Shu sababli, IP tarmog‘ining ishlashga tayyorligi ehtimolini quyidagi formula bo‘yicha aniqlash taklif etiladi:

$$Q(IP)=Q(IPTD)*Q(IPDV)*[1-P(IPLR)]*[1-P(IPER)], \quad (6.7)$$

bu yerda  $P(IPLR)$  - paketni yo‘qotish ehtimoli,  $P(IPER)$  - paketni xato qabul qilish ehtimoli.

$Q(IP)$ ,  $Q(IPTD)$  va  $Q(IPDV)$  qiymatlarini standartlashtirish bo‘yicha qo‘llanma hujjatini ishlab chiqish kerak.

### **6.2.3. Telekommunikatsiya xizmatlari sifatini nazorat etish tizimi bo‘yicha tavsiyalar**

Sifatni nazorat qilish tizimini tashkil etishning asosiy maqsadi telekommunikatsiya xizmatlarining sifat ko‘rsatkichlarining belgilangan talablarga muvofiqligini baholashdir. Bunday tizim aloqa operatori tomonidan aloqa xizmatlari sifatini ta‘minlash bo‘yicha talablarning bajarilishini, shu jumladan aloqa xizmatlarining sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha belgilangan standartlarga muvofiqligini tekshirish, shuningdek, statistik ma‘lumotlarni to‘plash, parametrlarni o‘lchash va zarur sifat ko‘rsatkichlarini hisoblash imkonini beradi. Buning uchun (Aloqa, axborotlashtirish va telekommunikatsiya texnologiyalari sohasida nazorat bo‘yicha davlat inspeksiyasi yoki O‘zbekiston Respublikasi “Respublika telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish markazi” davlat unitar korxonasi tomonidan) “Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish bo‘yicha Respublika markazi” tomonidan belgilangan talablarga rioya etilishi ustidan nazorat o‘tkazish tartibi uslubiy hujjatlar va maxsus vositalar (o‘lchov uskunalari) nazorati va monitoringi ko‘rsatiladigan xizmatlar sifati belgilanadi.

Bunday hujjatlarda xizmat ko‘rsatish sifati ko‘rsatkichlari standartlari (shu jumladan, yuqoridagi takliflarda ko‘rsatilgan taxminiy qiymatlar va/yoki ularning tuzatishlari), tarmoq ishlash parametrlarining chegaraviy ko‘rsatkichlari va ularning xizmat ko‘rsatish sifati va tarmoq ishlashi parametrlari bilan bog‘liqligi, shuningdek, xizmat ko‘rsatish standartlari, tarmoq ishlash parametrlarini kuzatish metodologiyasi bo‘lishi kerak.

Tarmoq resurslari xizmatlar ko'rsatishda ishtirok etuvchi ishtirokchilar o'rtasidagi munosabatlarni tartibga solish uchun xizmat ko'rsatish darajasi shartnomasidan (SLA) foydalanish kerak, tarmoq ishining ko'rsatkichlari va parametrlarini SLA da ko'rsatilgan ko'rsatkichlar bilan taqqoslash uchun baholash orqali xizmat ko'rsatish sifatining belgilangan parametrlarini ta'minlash imkonini beradi. Buning uchun manfaatdor shaxs real tarmoqning ishlash parametrlari va xizmat ko'rsatish sifatining me'yorlashtirilgan ko'rsatkichlari o'rtasidagi muvofiqlik, shu jumladan xizmat/xizmat sifati parametrlarini baholashning yagona tizimi haqida yetarli bilimga ega bo'lishi va SLA parametrlarini kuzatishning kafolatlangan mexanizmlari kerak.

Xizmat ko'rsatish darajasi to'g'risidagi shartnoma tuzilmasi (turli turdagi xizmatlar uchun xizmat ko'rsatish darajasi to'g'risidagi asosiy hujjat sifatida) va aks ettirilgan muammolar ro'yxati jahon amaliyotiga va ilg'or operatorlar tomonidan foydalanish tajribasiga mos kelishi kerak, shu jumladan, lekin ular bilan cheklanmagan holda: tashkiliy va iqtisodiy masalalar, transport shartnomasi masalalari va QoS, ishonchlilik masalalari, o'lchash kelishuvi masalalari va huquqiy masalalar.

Sifatni nazorat qilish tizimi tarmoqni boshqarish tizimi va boshqaruv tizimining o'zaro ta'siri (ko'rsatkichlar monitoringi) QoS operator tomonidan resurslarni samarali taqsimlash uchun tarmoqni qayta konfiguratsiya qilish to'g'risida qaror qabul qilish uchun asos bo'lganda tarmoq boshqaruv tizimining mantiqiy qismiga aylanishi kerak.

Yuqorida ko'rib chiqilgan jihatlar bo'yicha QoS ning xizmat ko'rsatish va resurs darajalari bo'yicha nazorat tizimini tashkil etishning ba'zi (sifat nazorati tizimini ishlab chiqish metodologiyasi uchun muhim) umumiy va alohida masalalarining qisqacha mazmuni 6.2-jadvalda keltirilgan.



## Sifatni nazorat qilish tizimini tashkil etish masalalari

Jihatlar QoS darajasi	Tartibga soluvchi	Texnik	Tijorat
Xizmat ko'rsatuvchi	<p>O'zbekistonda aloqa operatorlari tarmoqlarida xizmatlar sifatini nazorat qilishni ta'minlash tizimini ishlab chiqish.</p> <p>Aloqa xizmatlari (infokommunikatsiya xizmatlari) sifatini baholashning yagona tizimini ishlab chiqish.</p> <p>Xizmat ko'rsatish sifati usullari va tarmoqni boshqarish siyosatidan foydalanish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.</p> <p>Tarmoq parametrlari, xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlari va idrok etish sifati o'rtasidagi bog'liqlik masalalari.</p>	<p>Tarmoq faoliyatining turli masalalari bo'yicha operatorlar, ishlab chiqaruvchi kompaniyalar va foydalanuvchilarning fikr-mulohazalarini aniqlash va baholash.</p> <p>Trafikning barcha turlari, shu jumladan elastik trafik ilovalari uchun pertseptiv sifat kontseptsiyasini joriy etish.</p> <p>Xizmatni boshqarish xizmat stsenariysi bilan belgilanadi (ETSI TS 1850012005 ga muvofiq)</p>	<p>Tarmoqlarda billingni texnik ta'minlash sohasida yagona talab va normalarning mavjudligi.</p> <p>Marketing tadqiqotlari, biznes-rejani ishlab chiqish, zarur investitsiyalar va kapitalning rentabellik darajasini baholash.</p> <p>Barcha turdagi xizmatlar va foydalanuvchilarning barcha toifalari uchun standart SLA rni ishlab chiqish.</p> <p>SLA ni amalga oshirish va qo'llash jarayonining spetsifikatsiyasi; SLA ni amalga oshirish strategiyasi.</p>
Resursli	<p>Standartlashtirish, shu jumladan tashkilot standartlari darajasida, paketli kommutatsiya tarmoqlarining ishlashini o'lchash usullari.</p> <p>Tarmoqlar ishlashining operativ va operatsion sifatini nazorat qilish usullari.</p> <p>Aloqa operatorlari tomonidan ko'rsatilayotgan xizmatlar sifatini masofadan avtomatlashtirilgan nazorat qilish va baholash yagona markazini yaratish.</p>	<p>Qoniqtirilishi kerak bo'lgan turli xil transport sinflarining talablarini tahlil qilish (ko'rsatkichlar ro'yxati, me'yorlar).</p> <p>Aloqa tarmog'idagi o'lchovlar, qoidalarga muvofiqligini tasdiqlash uchun sifat ko'rsatkichlari monitoringi.</p> <p>Xizmat sifatini ta'minlash mexanizmlari (Traffic Engineering).</p> <p>Paketli kommutatsiyalangan tarmoqlarning ishlash xususiyatlarining chegaraviy qiymatlari uchun standartlar.</p>	<p>QoS mexanizmlarini amalga oshirish orqali erishiladigan kompaniya/biznesning strategik maqsadlarini aniqlash.</p>

## MUNDARIJA

<b>Kirish</b> .....	3
<b>1. ZAMONAVIY TELEKOMMUNIKATSIYA OPERATORI UCHUN XIZMAT SIFATINI TA'MINLASH VA BAHOLASH JIHATLARI</b> .....	7
1.1. Zamonaviy tarmoqlarning arxitekturaviy tamoyillari, xususiyatlari va shakllanish omillari .....	7
1.2. Xizmat ko'rsatish sifati: asosiy tushuncha va standartlar.....	14
1.3. To'liq sifat menejmenti (TQM) tamoyillari.....	24
1.4. SLM ni tashkil etish tamoyillari, me'yoriy ta'minlanishi.....	30
1.5. Sifatni baholash usullari, yondoshuvlari va SLA qo'llanilishining amaliy masalalari.....	35
<b>2. IP TARMOQLARIDA XIZMAT KO'RSATISH SIFATINI TA'MINLOVCHI TARMOQ MEXANIZMLARI ARXITEKTURASI</b> .....	55
2.1. Xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlovchi tarmoq mexanizmlarining tekisliklari va turlari.....	55
2.2. Nazorat tekislikdagi QoS mexanizmlari.....	57
2.3. Ma'lumotlar tekislikdagi QoS mexanizmlari.....	58
2.4. Ma'muriy boshqaruv tekislikdagi QoS mexanizmlari.....	60
2.5. Trafik jadalligini boshqarish algoritmlari.....	66
2.6. Yuqori yuklanishlarni oldini olish algoritmlari.....	72
2.7. Navbatlarga xizmat ko'rsatish algoritmlari.....	77
<b>3. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOG'I SIFAT KO'RSATKICHLARINI BAHOLASHNINIG MATEMATIK ASOSLARI</b> .....	81
3.1. Telekommunikatsiya tarmog'ining funksional arxitekturasi va sifat ko'rsatkichlarini baholash metodologiyasi.....	81
3.2. Telekommunikatsiya tarmog'ining konseptual modeli.....	89
3.3. IP tarmog'i faoliyati ko'rsatkichlarining ko'p darajali modeli....	92
3.4. Xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlarini ommaviy xizmat ko'rsatkich nazariyasi asosida baholash .....	97

<b>4.</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARIDA XIZMAT SIFATI KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH MODELLARI...</b>	103
4.1.	Paketning o‘rtacha kechikish vaqtini baholash modeli .....	103
4.2.	Paketlarni o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimolini baholash modeli	107
4.3.	Paketlarni kechikish vaqti variatsiyasini baholash modeli .....	110
4.4.	O‘ziga o‘xshash trafik uchun paketning o‘rtacha kechikish vaqtini baholash modeli .....	112
<b>5.</b>	<b>MA’LUMOT OQIMLARIGA XIZMAT KO‘RSATISH VA MARSHRUTLASH JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISH MODELLARI .....</b>	115
5.1.	Tarmoq tugunlarida ma’lumot oqimlariga xizmat ko‘rsatish jarayonini optimallashtirish modeli.....	115
5.2.	Ma’lumot oqimlarini marshrutlash jarayonlarini optimalashtirish modellari .....	121
5.3.	Ma’lumotlar kadrini optimal uzunligini aniqlash modeli.....	135
<b>6.</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA XIZMATLARI SIFATINI TA’MINLASH BO‘YICHA TELEKOMMUNIKATSIYA OPERATORLARIGA TAVSIYALAR.....</b>	143
6.1.	O‘zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya xizmatlari sifatini ta’minlash va nazorat qilish masalalari .....	143
6.2.	Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat ko‘rsatish sifati sohasida me’yoriy hujjatlar va tizim talablarini ishlab chiqish bo‘yicha tavsiyalar .....	149
6.2.1.	Umumiy qoidalar.....	149
6.2.2.	Sifatli telekommunikatsiya xizmatlariga oid me’yoriy hujjatlarni yaratish bo‘yicha tavsiyalar.....	153
6.2.3.	Telekommunikatsiya xizmatlari sifatini nazorat etish tizimi bo‘yicha tavsiyalar.....	158
	<b>MUNDARIJA.....</b>	161
	<b>ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....</b>	163

## ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Djuraev R.X., Djabbarov Sh.Yu., Umirzakov V.M. Tarmoq protokollari. O‘quv qo‘llanma.T.: ”Aloqachi”.2018, 144 b.
2. Джейм Куроуз, Кит Росс. Компьютерные сети. Низходящий подход. 6-е издание. – М.: Издательство «Э», 2016. – 912 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. Изд.-во Питер, 2016. – 963 с. 5-е издание
4. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети. Уч. Пособие под ред. Шувалова В.П. М: Горячая линия – Телеком, 2005
5. Кучерявый Е.А., Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет, Наука и Техника, 2004. 336 стр.
6. Nishonboev T., Usmanova N. ‘Taqsimlangan tizimlar’. O‘quv qo‘llanma. “Aloqachi” nashriyoti, Toshkent, 2019
7. Шринивас Вегшна, Качество обслуживания в сетях IP, Вильямс, Москва Санк-Петербург-Киев 2003. 368 стр.
8. Нормирование Качества Телекоммуникационных Услуг. В.И Битнер, Г.Н. Попов. Москва Горячая линия – Телеком 2004.
9. Network Management: Know It All, Sebastian Abeck, Monique Morrow et ali, Morgan Kaufmann publication, 2009.
10. Advanced QoS for Multi-Service IP/MPLS Networks. Ram Blakrishnan Alcatel-Lucent SRA 2011
11. ETSI ETR 003 Network Aspects (NA); General aspects of Quality of Service (QoS) and Network Performance (NP).
12. ETSI EG 202 057-1 V1.3.1. Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 1: General.
13. ETSI EG 202 057-4 V1.1.1. Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet access.
14. 3GPP TS 23 207 V11.0.0 (2012-09) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 11).
15. 3GPP TS 29.213 Policy and Charging Control signalling flows and Quality of Service (QoS) parameter mapping (ETSI TS 129.213).

16. 3GPP TS 22.105 V11.0.0 (2012-09) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Services and service capabilities (Release 11).
17. ETSI ETR 138 Network Aspects (NA); Quality of service indicators for Open Network Provision (ONP) of voice telephony and Integrated Services Digital Network (ISDN).
18. ETSI TS 102 250-1V2.2.1 (2011-04) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 1: Assessment of Quality of Service.
19. 3GPP TS 29.208 V6.7.0 (2007-06) 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; End-to-end Quality of Service (QoS) signalling flows (Release 6)
20. Нужнов Е.В. Компьютерные сети и телекоммуникации: Учебное пособие. Часть 1. Введение в компьютерные сети. – Ростов-на-Дону: Издво ЮФУ, 2014. – 163 с.
21. Хелд Г. Технологии передачи данных. 7-е изд. – СПб: Питер, 2003.
22. Месароваич М., Такахара Я. Общая теория систем: Математические основы.- М.: Мир, 1978.-316 с.
23. Месарович М., Мако Д. и Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. - М.: Мир, 1973, 344 с.
24. Stallings, W. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Copyright © 2016 by Pearson Education, Inc. p.696.
25. ITU-T Recommendation Y1540. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters (07/2016).
26. Рекомендации ITU - E.800. Определение терминов, относящихся к качеству обслуживания. (09/2008).
27. ITU-T Recommendation Y.1541. Network performance objectives for IP-based services (05/2002).
28. Рекомендация ITU-T X.149. Рабочие характеристики IP-сетей, которые поддерживаются сетями передачи данных общего пользования с ретрансляцией кадров (10/2003).
29. Рекомендация ITU-T X.144. Параметры рабочих характеристик переноса информации пользователя для сетей передачи данных общего пользования с ретрансляцией кадров (10/2003).
30. Рекомендации МСЭ-Т G.114. Время односторонней передачи (05/2003).

31. Государственный стандарт Республики Узбекистан O'zDst 3805:2017. Сети телекоммуникаций. Показатели и нормы качества услуг передачи данных.
32. Государственный стандарт Республики Узбекистан O'zDst 3207:2017. Сети телекоммуникаций. Нормы и методы оценки качества услуг сотовых сетей мобильной связи.
33. Руководящий документ Республики Узбекистан RH 45-225:2010. Сети передачи данных. Тракты, используемые для передачи голосового трафика по IP-сетям.
34. Евсеева О. Ю. Обеспечение гарантированного качества обслуживания в сетях NGN с использованием оценок конечных пользователей / О. Ю. Евсеева // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 155. С.54–71. [https://openarchive.nure.ua/document/155\\_2008\\_54-71.pdf](https://openarchive.nure.ua/document/155_2008_54-71.pdf).
35. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ./ Пер. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман.- М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
36. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях.- Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2012. – 112 с.
37. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем, -СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. -363с.
38. Шелухин О.И. , Тенякшев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М.: Радиотехника, 2003. – 479 с.
39. Ануфренко А.В., Мешков И.С., Снятков М.А. Имитационное моделирование узла агрегации сети связи // Т-Comm: телекоммуникация и транспорт. 2018. Том 12. №4. С.56-61.
40. Ушанев К.В. Имитационные модели системы массового обслуживания типа  $Ra/M/1$ ,  $H_2/M/1$  и исследование на их основе качества обслуживания трафика со сложной структурой. Системы управления, связи и безопасности. 2015, №4, С.217-251 (<http://sccs.intelgr.com/archive/2015-04/14-Ushanev.pdf>).
41. Ложковский А.Г., Керимов Э.В., Вербанов О.В. Расчет характеристик самоподобного трафика, аппроксимируемого распределением Вей-булла. Проблемы информационных технологий. 2016, №1, С.27-32.
42. Агеев Д.В., Салах М.Т. Структурный и параметрический синтез инфокоммуникационной сети в условиях самоподобного трафика с несколькими периодами нагрузки. Радиотехника, 2016. В. 187.С.5-13.

43. Ложковский А.Г., Левенберг Е.В. Расчет характеристик самоподобного трафика, аппроксимируемого распределением Парето. Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова. 2017. с.63-67. <http://ena.lb.edu.ua>.
44. В.С. Королюк, А.З. Меликов, Л.А. Пономаренко, А.М. Рустамов Методы анализа многоканальной системы обслуживания с мгновенной и отсроченной обратными связями. Кибернетика и системный анализ, 2016. Том.52, №1. - С.64-77.
45. Н.А. Кузнецов, Д.А. Мясников, К.В. Семенихин Оптимизация двухфазной системы массового обслуживания и ее применение к управлению передачей данных между двумя агентами робототехнической системы. Информационные процессы. Том 17, №1, 2017. - С. 19-42.
46. М.И. Фаттахова, Х.Н. Кулиева Нахождения характеристик одной модели системы массового обслуживания с обратной связью. Проблемы информатизации и управления, 3(47), 2014. - С.77-84.
47. Леонтьев Н.Д. Ушаков В.Г. Исследование систем обслуживания с дискретным временем, входящем потоком авторегрессионного типа и обратной связью. Системы и средства информации, 2015, том 25, выпуск 2. - С. 60-70 (DOI: <https://doi.org/10.14357/08696527150203>).
48. Назаров А. А. Исследование RQ-системы MMPP|GI|1 методом асимптотического анализа второго порядка в условии большой загрузки/А.А. Назаров, Е. А. Фёдорова //Известия Томского политехнического университета. Т. 325, № 5, 2014. - С. 6-15.
49. Прищепа О.В., Лебедев Е.А. Об одной многоканальной системе массового обслуживания с повторными вызовами. «Кибернетика и системный анализ», 2017, том 53, №3. - С.127-137.
50. Амирсаидов У.Б., Махмудов С.О., Мусаходжаева И.А. Метод расчета характеристик сети массового обслуживания с зависимым потоком.- Вестник ТУИТ, 2014, №3. – С.63-69.
51. Амирсаидов У.Б. Эмпирические формулы для расчета сетевых характеристик с учетом фрактальности и зависимости трафика. Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции «Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем». Часть 2. Ташкент – 2014 г. - С.256-258.
52. Заключительный отчет НИР №393-12 «Разработка математических и имитационных моделей для исследования сетевых характеристик и оценки показателей качества обслуживания в сетях следующего поколения» (2012-2014). Ташкент 2014. – С.23-36.

53. Амирсаидов У.Б. Метод расчета характеристик систем массового обслуживания с самоподобным трафиком. «Вестник ТУИТ», №4, 2013, С.12-22
54. Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, Анализ моделей вероятностей потери пакетов в буфере маршрутизатора с учетом фрактальности трафика.- Вестник Харьковского национального университета, Серия «Математическое моделирование. Информационные технологии. «Автоматизированные системы управления». №833, 2008, с. 163-169.
55. Боев В.Д. Исследование адекватности SPSS WORLD и ANYLOGIC при моделировании дискретно-событийных процессов.- Санкт-Петербург: Военная Академия Связи, 2011.- 404 с.
56. Амирсаидов У.Б. Модели и методы расчета сетевых характеристик с учетом фрактальности трафика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета и информатики (СКФ МТУСИ-2014), Часть1, Ростов –на Дону, с.131-134.
57. Промежуточный отчет НИР №393-12 «Разработка математических и имитационных моделей для исследования сетевых характеристик и оценки показателей качества обслуживания в сетях следующего поколения» (2012-2014). Ташкент 2013. – С.22-29.
58. Абдуллаев Д.А., Амирсаидов У.Б. Комплексная модель физического и канального уровней сети передачи данных.- Вестник ТУИТ, 2007, №4, с.19 -23.
59. Амирсаидов У.Б. Модели оценки качества обслуживания в сетях телекоммуникаций. Монография.–Ташкент: Алоқачи. 2020. – 171 с.
60. Amirsaidov U.B. Optimization of the parameters of data transmission systems by the means of MATLAB. The 4th International Conference on “Application of information and communication technologies”. 12 – 14 october. Tashkent-2010. - P.189-193.
61. Лемешко А.В., Ватти М., Симоненко А.В. Управление очередями на узлах активной сети. Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2007. Вып. 151. С. 92-97.  
<http://openarchive.nure.ua/handle/document/2847>
62. Лемешко А.В., Симоненко А.В. Математическая модель динамического управления канальными и буферными ресурсами на узлах телекоммуникационной сети. Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2009. Вып. 156. С. 36-41.  
<http://openarchive.nure.ua/handle/document/2608>



63. Али С. Али, Симоненко А.В. Поточковая модель динамической балансировки очередей в MPLS- сети с поддержкой traffic engineering queues. Электронное научно специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций», № 1(1), 2010. С.60-67.
64. Семеняка М.В. Двухуровневый метод иерархически-координационного обслуживания очередей на узлах телекоммуникационной сети. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014, №4 (92). С.98-105.
65. Симоненко А.В., Андрушко Д.В. Математическая модель управления очередями на маршрутизаторах телекоммуникационной сети на основе оптимального агрегирования потоков и распределения пакетов по очередям. Электронное научно специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций», № 1(16), 2015. С.94-102. (<http://pt.journal.kh.ua>).
66. Назаров А.Н., Сычев К.И. Модели и методы исследования процессов функционирования узлов коммутации сетей связи следующего поколения при произвольных распределениях поступления и обслуживания заявок различных классов качества. Т-Сомм, №7, 2012. С.135-140.
67. Маршрутизация с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах телекоммуникационной сети / Стерин В.Л., Вавенко Т.В., Еферов Д.М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.- Х: НТУ «ХПІ», - 2013.-№1 (977).-С.45-49
68. Вавенко Т.В., Стерин В.Л., Симоненко А.В. Поточковая модель маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди в программно-конфигурируемых сетях. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013, №4(86). С.38-45.
69. Лемешко А. В., Вавенко Т. В. Анализ решений задач однопутевой и многопутевой маршрутизации многопоточкового трафика в телекоммуникационных сетях // Системи обробки інформації. - Вип. 8(98). - 2011. - С. 224-228.
70. Лемешко А.В., Вавенко Т.В. Усовершенствование потоковой модели многопутевой маршрутизации на основе балансировки нагрузки [Электронный ресурс] // Проблеми телекомунікацій. – 2012. – № 1 (6). – С. 12 – 29. (<http://pt.journal.kh.ua>).
71. Дмитриев Г.А., Марголис Б.И., Музанна М.М. Решение задачи оптимальной маршрутизации по критерию загруженности сети. Программные продукты и системы. №4, 2013. С.173-176.

72. Маньков В.А., Краснова И.А. Алгоритм динамической классификации потоков в мультисервисной SDN-сети // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том II. №12. С. 37-42.
73. Лемешко А.В., Вавенко Т.В. Разработка и исследование потоковой модели адаптивной маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях с балансировкой нагрузки. Доклады ТУСУРа, №3(29), сентябрь 2013. С.100-108.
74. Мелентьев О.Г. Теоретические аспекты передачи данных по каналам с группирующимися ошибками / Под ред. проф. В.П.Шувалова.- М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 232 с.
75. Амирсаидов У.Б. Определение параметров канала связи и протокола передачи данных на основе искусственного интеллекта. Сборник докладов РНТК «Рақамли технологиялар: соҳаларда амалий жорий этишнинг ечимлари ва муаммолари». Ташкент, 28-29 апреля 2021 г.
76. Амирсаидов У.Б. Выбор оптимальной длины блока данных для передачи по гильбертовскому дискретному каналу связи. Свидетельство № DGU 06 459 , 17.05.2019.
77. Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction. A Bradford Book, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 2017, P.445.
78. Амирсаидов У.Б. Способ передачи данных с переспросом. Патент на изобретения UZ IAP 06699. Официальный бюллетень, 2022, № 1.
79. Amirsaidov U., Qodirov A.A. Data Transmission Method on the Basis of Reinforcement Learning. ICISCT 2019, Tashkent, 4-6 November, 2019.