

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

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

**GULTURAEV N.X., BAYJONOVA L.E., DAVLETOVA X.R.**

**TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING ISHONCHLILIGI**

5A350104 – Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarida axborot xavfsizligi  
mutaxassisligi talabalari uchun  
darslik

Toshkent 2018

UDK 621.391  
BBK

**Gulturaev N.X., Bayjonova L.E., Davletova X.R. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi, -T, : \_\_\_\_\_ 2018, 261 bet**

**ISBN \_\_\_\_\_**

Ushbu darslikda telekommunikatsiya tarmoqlarining asosiy strukturaviy xususiyatlarini hisobga olganda, ularni baholash ishonchlilik nuqtai nazaridan ko‘rilgan. Unda telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligi tushunchalari, ularning ko‘rsatkichlari, ishonchlilikni ta‘minlovchi nazariy asoslar, ishonchlilikni ta‘minlovchi usullar, telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblash usullaridan tarmoq elementlari va yo‘llari xolatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash usuli, ajratish teoremasi va Bul o‘zgartirgichlari qo‘llaniladigan usullar, ishonchliligini hisoblash korrelyasion usuli, shuningdek telekommunikatsiya optik tarmoqlarining ishonchliligini aniqlash, NGN ga o‘tish davrida telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va istiqbolli ishonchli telekommunikatsiya tarmoqlarini tuzish masalalari yoritilgan.

Darslik telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarida axborot xavfsizligi mutaxassisligi talabalariga shuningdek telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligi masalalari bilan shug‘ullanadigan soha mutaxassislariga mo‘ljallangan.

Taqrizchilar:

Berganov I.R. – t.f.n., dotsent

Isaev R.I. – t.f.n., professor

UDK 621.391  
BBK

**ISBN \_\_\_\_\_**

## KIRISH

Keyingi o‘n yilliklarda telekommunikatsiyalar vositalarini va hisoblash texnikasidan birgalikda foydalanishga asoslangan turli infokommunikatsion tizimlar inson faoliyatining turli jabhalariga (davlat boshqarishi, siyosat, mudofaa, iqtisodiyot, moliya, tibbiyot va boshqalar) kirib bormoqda va ular uchun xayotiy zarurat bo‘lib qolmoqda. Infokommunikatsiya tizimida an‘anaviy telefoniya nisbatan ishonchlilik va uzatish sifati bo‘yicha talablar hajmi keskin oshmoqda. Bundan kelib chiqib, telekommunikatsiya vositalarining ishonchsizligi (raddiyalari) foydalanuvchilar yo‘qotishlarini sezilarli darajada ortishiga, bu esa telekommunikatsiya ishonchligiga talablarni kuchayishiga olib kelmoqda.

Telekommunikatsiyaning yangi xizmatlari va vositalarini loyixalash va joriy etishda ishonchlilikni ta‘minlash bilan bog‘liq tadbirlar (ishonchlilikni istiqbollash, komponentlarning ishonchliligini ta‘minlash, ishonchlilikni optimallashtirish, ishonchlilikni baxolash va tasdiqlash va boshqalar) majmuasini (kompleksini) amalga oshirishni taqozo etmoqda.

Zamonaviy texnik vositalarni, jumladan optik-tolali telekommunikatsiya liniyalarini, sinxron raqamli ierarxiya (SDH), (WDM) tizimi, katta sig‘imli raqamli kommutatsion stansiyalar, dasturlanadigan kommutatsiya tizimi (Softswitch), 7-son umumiy kanal signalizatsiya (7-son UKS) tizimi va boshqalarning joriy etilishi hatto bitta raddiyadan yo‘qotishlar bir necha marta ortishiga olib kelmoqda.

Texnik yangiliklar telekommunikatsiyaning yanada takomillashtirilgan va ishonchli tarmoqlarini yaratishga qaratilgan bo‘lib, ular tarmoq raddiya bardoshligini ta‘minlash bo‘yicha maxsus chora tadbirlarni qo‘llagan xoldagina o‘z afzalliklarini namoyon etishlari mumkin. Bu chora - tadbirlar tarmoq elementlari raddiya berganlarida uni rekonfiguratsiyalashni nazarda tutadi, bunda liniyalarning zahiraviy sig‘imlaridan foydalanish va raddiya bergan elementlarni va ortiqcha

yuklangan uchastkalarni aylanib o‘tadigan marshutizatsiyaning yangi algoritmlarini qo‘llash amalga oshirilishi kerak.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligini oshirish uchun soxa mutaxassislari nafaqat telekommunikatsiya tizimlarining tuzilish soxasi bo‘yicha yuqori darajali tayyorgarlikka ega bo‘libgina qolmay, telekommunikatsiya tizimlarining ishonchliligi va yashovchanligini oshirish yo‘llarini xam bilishlari lozim.

Darslik telekommunikatsiya tarmoqlari ishlash barqarorligini aniqlovchi va ularning ishlash samaradorligini baholash imkoniyatini beruvchi ishonchlik va yashovchanlik xarakteristikalarini aniqlash va hisoblash bo‘yicha mutaxassislikka mos ravishda talabalarda bilimlar, ko‘nikmalarni shakllantirishga xizmat qilishi lozim.

“Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi” fani bo‘yicha tayyorlangan mazkur darslik “Telekommunikatsiya” ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlar, magistrLAR tayyorlashda telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi masalalari va muammolariga diqqat e’tiborni qaratishga mo‘ljallangan.

Darslik 5A350104 – Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarida axborot xavfsizligi mutaxassisligi talabalari uchun tayyorlandi.

## I. ISHONCHLILIK NAZARIYASI ELEMENTLARI

Ishonchlilik – aloqa tarmoqlarida xizmat ko‘rsatish sifatiga ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy omillardan biridir. Ishonchlilikni ta’minlash muammolariga qiziqishlar ayniqsa 80-yillar oxiri va 90-yillar boshlanishida katta bo‘ldi. Bu bir qator kompleks sabablar bilan tushuntiriladi, jumladan ular quyidagilardir:

- foydalanuvchilar tomonidan ishonchlilikka talablarning ortishi;
- aloqa operatorlari orasida raqobatning kuchayishi;
- yangi texnologiyalar, arxitekturalar va xizmatlarning tezkor rivojlanishi va joriy etilishi;
- bir qator davlatlar aloqa tarmoqlarida jiddiy avariya (birinchi navbatda AQSHda) ro‘y berishi, ular juda katta ommaviy rezonans keltirib chiqardi va keyinchalik bunday vaziyatlarni oldini olish uchun mos tashkiliy qarorlar qabul qilindi.

O‘ta mukammal, demak, ishonchli aloqa tarmoqlarini yaratishga yo‘naltirilgan texnik yangiliklar, faqat tarmoqlarning raddiyaga bardoshligini ta’minlash bo‘yicha bir qator maxsus chora-tadbirlar qo‘llangandagina o‘z afzalliklarini to‘liq namoyon etishga qodir bo‘ladi. Bu chora-tadbirlar tarmoq elementlari raddiya berganida liniya sig‘imlari zahirasidan foydalanish va raddiya bergan elementlar va ortiqcha yuklangan uchastkalar atrofida aylanma yo‘llarni tashkil etish va marshrutlarini yangi algoritmlarini xosil qilib, tarmoqni rekonfiguratsiyalashni ko‘zda tutadi. Misol sifatida, sinxron raqamli ierarxiya-SDH asosidagi o‘zini-o‘zi tuzatadigan tarmoqlarni tuzish prinsipi ishlab chiqilganini ko‘rsatish mumkin. O‘xshash ishlar asinxron rejimda ko‘chirishni (ATM) qo‘llaydigan tarmoqlarda xam amalga oshirilgan.

Avtomatizatsiyalashning samaradorligi jiddiy ravishda apparaturalarning ishonchligiga bog‘liqdir. SHuning uchun ishonchlilik zamonaviy texnikaning markaziy muammosi va umumdavlat ahamiyatiga ega. Ushbu nazariyaning bayon

etishda fundamental tushunchalar “ishonchlilik” va “raddiya” qabul qilingan. Ularga texnikada qo‘llanadigan apparaturalar turidan qat’iy nazar aniq tushunchalar beriladi. SHuning uchun ishonchlilik nazariyasi raddiya berishi mumkin bo‘lgan istalgan texnik tizimlar apparaturalariga ta’luqlidir. Ishonchlilik nazariyasi texnik qurilmalarda raddiyalar paydo bo‘lishi qonuniyatlarini o‘rganuvchi fan yo‘nalishidir. Raddiyalar kam o‘rganilgan hodisalar turkumiga kiradi. Buning asosiy sababi, raddiyalarini paydo bo‘lish vaqtlari juda ko‘p sonli tasodifiy omillarga bog‘liq va ularni hisoblash shuningdek o‘lchash o‘ta murakkab ishdir. Raddiyalarning paydo bo‘lish tashqi tomoni kuzatilsa, quyidagini aniqlash mumkin, raddiyalar turli oqibatlarga olib keladi. Apparaturaning ishlashi to‘liq to‘xtaydi, uning xarakteristikalari yomonlashadi, keyinchalik tiklanishi bilan ishi vaqtinchalik to‘xtaydi va x.k. Raddiyaning paydo bo‘lish vaqti yoki apparaturaning raddiyalar orasida ishlash vaqti tasodifiy hodisalardir. Bu ekspluatatsiya sharoitlarining (ta’minot kuchlanishining nostabilligi, klimatik holatlar variatsiyalari, xizmat ko‘rsatuvchi xodimlar malakalari etishmasligi), texnologik jarayonlar (uskunalar sifati pasayishi, sozlash jarayoni sifatli emasligi), transportirovka sharoitlari o‘zgarishi va x.k. bilan tushuntiriladi. Raddiya bergan apparatura odatda qayta tiklanadi. Raddiyalar murakkab tizimning turli qismlarida joylashgan elementlar raddiyalari sababli kelib chiqishlari mumkin, shuning uchun qayta tiklanish vaqti ham tasodifiy kattalik bo‘ladi. Raddiyalar qonuniyatlarini o‘rganishda raddiyalar paydo bo‘lish joylarini o‘rganish va qayta tiklanishlar vaqti oraliqlari xususiyatlarini o‘rganish katta qiziqish uyg‘otadi. Jarayonlarning tasodifiy xarakterligi ishonchlilik nazariyasining matematik apparati sifatida ehtimollar nazariyasi va matematik statistika bo‘lishi mumkin degan xulosa chiqarish mumkin.

Xar qanday avtomatlashtirilgan tizimning xususiyati shundaki, uning cheklangan elementlari raddiya berganida tizim to‘liq raddiya beradi. Bu esa og‘ir oqibatlarga olib kelishi mumkin, chunki zamonaviy avtomatlashtirilgan tizimlar o‘ta muhim vazifalarni bajaradi, uning apparaturalari o‘ta qimmatli va boshqarish

jarayoni esa to'liq avtomatlashtirilgan. Demak avtomatlashtirish faqat yuqori ishonchlilik bo'lgandagina maqsadga muvofiq bo'ladi.

YUqori ishonchli texnik tizimni yaratish apparaturalarni konstruksiyalash va tayyorlash texnologiyalarida yangi metodlarni ishlab chiqish, foydalanishda ya'ni ilmiy usullarni joriy etishni taqozo etadi.

Murakkab avtomatlashtirilgan tizimlarning paydo bo'lishi ishonchlilikni, barqarorlik, o'tish jarayoni sifati, aniqlik va x.k. va uni o'lchash mumkin bo'lgan texnik parametr sifatida ko'rish zaruratini paydo qildi. Bu ishonchlilik eng muhim texnik muammoga aylanishiga olib keldi.

Ishonchlilik nazariyasi –texnikaning shiddatli taraqqiyoti va birinchi navbatda ko'p sonli elektronika va avtomatika elementlari bo'lgan murakkab avtomatlashtirilgan tizimlarning paydo bo'lishi bu nazariyaga sabab bo'ladi. Bu nazariya quyidagilarni o'rganadi:

- ishonchlilikning mezonlari va sonli xarakteristikalarini;
- ishonchlilikni tahlil qilish metodlari;
- ishonchlilik mezonlari bo'yicha murakkab tizimlarni sintezlash;
- ishonchlilikni oshirish usullari;
- apparaturalar ishonchliligini sinash metodlari;
- ishonchlilik hisobga olinganda apparaturadan foydalanish ilmiy usullar.

### **1.1.Ishonchlilik nazariyasining asosiy tushunchalari**

Xar bir fan o'z tushunchalari va aniqlovchilariga ega. Huddi shunday ishonchlilik nazariyasi o'z tushunchalari va aniqlovchilariga ega. Bu asosiy tushuncha ishonchlilikdir.

Texnika ishonchliligi va uning nazariyasi. Ishonchlilik zamonaviy texnikaning o'ta muhim ko'rsatkichlaridan biridir. Unga quyidagi ko'rsatkichlar bog'liqdir:

- sifat;

- samaradorlik;
- xavfsizlik;
- tavakallik (risk);
- tayyorlik;
- yashovchanlik.

Texnika faqat yuqori ishonchlilikka ega bo‘lgan sharoitdagina samarador bo‘lishi mumkin.

**Ishonchlilik nazariyasi** –ilm bo‘lib, unda texnik ob’ektlar raddiyalarining qonuniyatlari o‘rganiladi. U quyidagilarni o‘rganadi:

- turli ko‘rinishdagi texnik ob’ektlar ishonchlilik mezonlari va ko‘rsatkichlari;
- ishonchlilik mezonlari bo‘yicha texnikani taxlil qilish va sintezlash metodlari;
- texnika ishonchlilini ta’minlash va oshirish metodlari;
- ekspluatatsion ishonchlilini ta’minlash bo‘yicha ekspluatatsiyaning ilmiy metodlari.

Raddiyalar va qayta tiklanishlarning xarakterlari tasodifiy bo‘lganligi, texnika ishonchliligi masalalarini echishda ehtimollar nazariyasi usullarini qo‘llashga olib keladi.

Ishonchlilik nazariyasi atamalari:

- Ishonchlilik;
- Element;
- Tizim;
- Tizim strukturasi;
- Jarayon;
- Ob’ekt (element) holati;
- Buzilmagan (soz) holat;
- Ishga qobiliyatli (yaroqliligacha ishlash);
- Texnik resurs;



- Ishlash qobiliyati holatiga qayta tiklanish vaqti;
- Raddiyaga bardoshlik;
- Uzoq muddatli ishlash;
- Ta'mirlashga loyqlik.

“**Ishonchlilik**” va “**raddiya**” tushunchalarining aniqlanmalarini ko‘rib chiqamiz.

**Ishonchlilik.** Ishonchlilik texnik tizimning (ob’ektning) ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida o‘z chiqish xarakteristikalarini (parametrlarini) belgilangan chegaralarda saqlay olish xususiyatidir. Bu tavsifdan ishonchlilik apparaturaning (texnik tizimning) ichki xususiyati, apparaturaning har bir nushasiga tegishli bo‘lgan ob’ektiv reallikdir. Bu aniqlanmadan, agar chiqish xarakteristikalari ruhsat berilgan chegaradan tashqarida bo‘lsa, tizim ishonchsiz bo‘lishi mumkin degan xulosa kelib chiqadi. Ishonchlilikni bunday aniqlanishi texnik tushunchalarga kiradi. Bunday aniqlanishni ikkita prinsipial farqli guruhlariga ajratish mumkin. Birinchi guruh ishonchlilikning sonli aniqlanishni, ikkinchi guruh – sifat aniqlanishini tashkil etadi. Ma’lum turkumdagi elementlar yoki tizimlar ishonchliligini ularning raddiyasiz ishlash ehtimolligi  $P(t)$ , buzilishsiz ishlash o‘rtacha vaqti  $T$ , raddiyalar havfliligi (intensivligi)  $l(t)$ , raddiyalar chastotasi  $a(t)$  va x.k. Bular va yana birqancha boshqa xarakteristikalar orasida ma’lum analitik bog‘lanishlar mavjud. Bu bog‘lanishlarni bilgan holda bitta yoki bir nechta xarakteristikalar orqali boshqalarni hisoblash mumkin.

Ishonchlilikni son bilan ifodlashga intilish va ko‘rsatilgan analitik bog‘lanishlar mavjudligi ishonchlilikni ko‘pgina aniqlanishini miqdoriy xarakterga olib keldi. Ayniqsa raddiyasiz ishlash ehtimolligi va o‘rtacha ishlash vaqti yaqqol xarakteristikalar bo‘lganligi sababli, ular ko‘p hollarda ishonchlilikning aniqlanishi sifatida ishlatiladi. Lekin  $P(t)$  va  $T$  to‘liq holda ishonchlilikni tavsiflay olmaydi. Masalan, hozirda raddiyalar koeffitsienti, profilaktika koeffitsienti, tayyorlik koeffitsienti, majburiy bo‘sh turish koeffitsienti va x.k. keng qo‘llanilmoqda.

Ishonchlilik texnik tizimning ichki xususiyatidir. Bu xususiyatlar qanchalik keng o'rganilsa, miqdoriy xarakteristikalar mezonlar ham takomillashib boradi. SHunday qilib, ishonchlilikning bironta ham miqdoriy xarakteristikalari barcha hodisalarni to'liq qamray olmaydi, shuning uchun uni batafsil ifodalamaydi. Ishonchlilikni aniqlanishi sifat xarakteriga ega bo'lishi lozim.

**Raddiya.** Raddiya deb, uning paydo bo'lishidan keyin tizim xarakteristikalari ruxsat berilgan chegaralardan chiqib ketishiga sabab bo'ladigan hodisaga aytiladi. Murakkab tizimlarda raddiyalarni paydo bo'lish momentlar tasodifiy hodisalardir. Raddiyalar, tasodifiy hodisalar sifatida bog'lanmagan va bog'langan bo'lishi mumkin. Agar tizimning qandaydir elementi raddiyasi boshqa elementlar raddiyasiga olib kelmasa, bunday raddiyalar bog'lanmagan deyiladi, aks holda bog'langan bo'ladi. Elementlar raddiyasi hamma vaqt ham tizim ishonchliligini yo'qolishiga olib kelmaydi.

Ishonchlilikni tahlil qilish uchun murakkab tizimni **ishonchliligini hisoblash** zarurdir-bu elementlarning ma'lum ishonchlilik ko'rsatkichlari bo'yicha tizimning ishonchlilik ko'rsatkichlarini aniqlash lozimligini bildiradi. Ishonchlilikni hisoblash juda ko'p usullari mavjud. Ularning asosiylari quyidagilardir:

- ehtimollar nazariyasining klassik teoremlarini qo'llashga asoslangan usul;
- mantiqiy-ehtimolli usullar;
- topologik usullar;
- markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan usullar;
- integral tenglamalar usullari;
- statistik modellashtirish usullari.

Ishonchlilik mezoni deb element raddiyasi hisoblanadi. Element raddiyasi tasodifiy hodisadir, uning qayta tiklanish vaqti  $\xi$  - tasodifiy kattalikdir. Element ishonchliligining asosiy xarakteristikasi,  $t \geq 0$  bo'lganda aniqlanadigan uning raddiyasiz ishlaydigan vaqti davomlilikining taqsimot funksiyasidir  $F(t)=P(\xi < t)$ . Bundan quyidagini aniqlash mumkin:

- $P(t)$  –  $t$  vaqt davomida raddiyasiz ishlash ehtimolligi;
- $Q(t) = 1 - P(t)$  -  $t$  vaqt davomida raddiyaning ehtimolligi;
- $Tt$  - raddiyasiz ishlashning o‘rtacha vaqti;
- $f(t)$  – raddiyasiz ishlash vaqti taqsimotining zichligi;
- $\lambda(t)$  –  $t$  vaqt momentida raddiyalar intensivligi;
- $\Lambda(t)$  – resursning funksiyasi.

***Ishonchlilik mezonlari.*** Ishonchlilik xarakteristikalarini. Ishonchlilikni sifatini aniqlanishi etarlicha bo‘lmaydi, chunki u quyidagilarni aniqlashga imkon bermaydi:

- ishonchlilikni hisoblash;
- yangi ishlab chiqilayotgan apparaturalarga ishonchliligiga talablarni shakllantirish;
- turli elementlar va tizimlar ishonchliligini taqqoslash;
- tizimni normal ekspluatatsiyalash uchun xizmat qilish davri va kerakli zahiradagi elementlar sonini hisoblash;
- ishonchlilikni oshirish yo‘llarini belgilash va x.k.

Bularni amalga oshirish maqsadida ishonchlilik mezonlari zarur bo‘ladi.

Ishonchlilik mezonlari – bu tizim va apparatura ishonchliligini baholaydigan belgidir. Ishonchlilikni o‘lchash qiyindir, chunki konkret berilgan tizim (apparatura nusxasini) ishonchliligini ko‘rsatadigan asbob mavjud emas. Demak, tizimning ishonchlilik sifatidagi xususiyatini etarlicha to‘liq baholash faqat ko‘p sonli mezonlar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Mezonning miqdoriy qiymatini ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikasi yoki sodda qilib ishonchlilik xarakteristikasi deyiladi. Ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikasi elementning, asbobning, tizimning va x.k. texnik parametridir. Tizim apparaturaning ishonchliligi tizim tarkibiga kiruvchi elementlar soni va sifatiga, ularning ishlash rejimlariga, sxematik va konstruktiv bajarilishiga bog‘liqdir. Murakkab tizim elementlarining ishonchliligi o‘z navbatida tayyorlash texnologiyasiga ishlatiladigan materiallar sifatiga va x.k. bog‘liqdir. Ishonchlilikni belgilaydigan omillar tasodifiydir, shuning

uchun tizim ishonchliligini statistik baholash maqsadga muvofiqdir. Hozirgi paytda keng qoʻllanadigan ishonchlilikning mezonlari va miqdoriy xarakteristikalari ehtimolli xarakterga ega. Bunday mezonlar va miqdoriy xarakteristikalar sifatida quyidagilar boʻlishi mumkin: raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyasiz ishlash oʻrtacha vaqti, raddiyalar intensivligi, raddiyalar chastotasi, ishonchlilikning turli koeffitsientlari va x.k. Bu va boshqa miqdoriy xarakteristikalar qandaydir turdagi apparaturalar toʻplamining ishonchliligi haqida tasavvur qilishga imkon beradi. SHunga qaramasdan, koʻrsatilgan mezonlar va miqdoriy xarakteristikalar apparaturani ishonchlilik boʻyicha taqqoslash, ishonchlilikni sonli baholash, ishonchlilikni oshirish yoʻllarini belgilash, apparaturadan samarali foydalanish imkoniyatini beradi.

## **1.2. Ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikalari**

Ishonchlilik tizimning xususiyati sifatida uni ekspluatatsiyalash jarayonida toʻliq namoyon etadi. Murakkab tizimlarni ekspluatatsiyalashga sikllik xarakterlidir. Uzoq muddatli (koʻp martali) foydalanishli tizimni ekspluatatsiyalashning normal sikli ishlashga tayyorlash, raddiyasiz ishlash, boʻsh turish va profilaktik tadbirlardan iboratdir. Normal siklning davomiyligiga ekspluatatsiyalash sharoitlari va ishonchlilik jiddiy taʼsir koʻrsatadi. Tizim qanchalik ishonchsiz boʻlsa, shunchalik profilaktik tadbirlar tez oʻtkaziladi va ularning davomiyligi ortib boradi. Ekspluatatsiyaning normal siklida boʻsh turish vaqtlari tizimning ishlatilish samaradorligini xarakterlaydi va uning ishonchliligiga sezilarli taʼsir koʻrsatadi.

Tizim ishlashining normal siklini tasodifiy raddiyalar paydo boʻlishi buzishi mumkin. Raddiyalar paydo boʻlishi tizimni boʻsh turish vaqtini koʻpaytiradi, normal ish sikli vaqti uzayadi. Tizimning normal ishlash sikli davomiyligi va ekspluatatsiya davrida sikllar soni tizimning ishonchliligini etarlicha toʻliq tavsiflashi mumkin. Demak, ishonchlilikni baholash uchun tizimni ishlash davri va boʻsh turish davri

uchun zaruriy miqdoriy xarakteristikalariga ega bo'lish lozim. Eksploatatsiyaning normal siklining vaqtli tashkil etuvchilari orasidagi bog'lanishlarni ishlash vaqti va bo'sh turish vaqti orasida bog'lanish o'rnatuvchi koeffitsientlar yordamida xarakterlash qulaydir.

Eksploatatsiya siklidagi raddiyalari va vaqtli tashkil etuvchilarni tasodifiy jarayonlar sifatida ko'rish mumkin. U holda ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikalari ehtimolli xarakterga ega bo'ladi. Bunda miqdoriy xarakteristikalariga statistik va ehtimolli izoh berish foydalidir. Birinchisi tajribadan miqdoriy xarakteristikalarni aniqlashda zarur bo'ladi, ikkinchisi –ishonchlilikni nazariy tahlil qilishda kerak bo'ladi.

Bunday xarakteristikalar quyidagilardir: raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyalar orasidagi o'rtacha vaqt, raddiyalar intensivligi, raddiyalar chastotasi, ishonchlilik koeffitsienti.

***Raddiyasiz ishlash ehtimolligi.*** Raddiyasiz ishlash ehtimolligi deb, eksploatatsiyaning belgilangan sharoitlarida, ma'lum vaqt oralig'ida berilgan chegaralarda o'z xarakteristikalarini (parametrlarini) saqlash ehtimoligiga aytiladi, yoki eksploatatsiyaning belgilangan sharoitlarida, berilgan vaqt davomida raddiya paydo bo'lmasligi raddiyasiz ishlash ehtimolligi deyiladi. Bu xarakteristika  $P(t)$  ko'rinishda belgilanadi.  $t$  – vaqt bo'lib, uning davomiyligida raddiyasiz ishlash ehtimolligini aniqlash zarur bo'lsin, - tizim ishga tushgandan keyin birinchi raddiyagacha bo'lgan ishlash vaqti bo'lsin. U holda, raddiyasiz ishlash ehtimolligi aniqlanmasiga binoan,  $P(t)=P(T_t > t)$ , ifoda xaqiqiydir, ya'ni raddiyasiz ishlash ehtimolligi -  $T_t$  - vaqt apparatura ulangandan keyin uning raddiyasigacha bo'lgan vaqt  $t$  ga teng yoki undan katta, bu davrda raddiyasiz ishlash ehtimolligi  $R$  aniqlanadi.

Raddiyasiz ishlash ehtimolligi aniqlanmasidan, bu xarakteristika vaqt funksiyasi ekanligi ko'rinib turibdi. U quyidagi xususiyatlarga ega:

1)  $R(t)$  vaqt bo'yicha kamayuvchi funksiya.  $P(t)$  o'ziga xos bog'lanishiga ega;

2)  $0 \leq P(t) \leq 1$ ;

3)  $R(0) = 1, R(t) = 0$

Amaliyotda apparaturaning raddiyasi bo'yicha statistik ma'lumotlardan aniqlash uchun odatda ehtimolliklarni bevosita hisoblash usulidan foydalaniladi.

Raddiyasiz ishlash ehtimolligi quyidagi statistik baholash bo'yicha aniqlanadi:

$$R^*(t) = [N_0 - n(t)] / N_0, \quad (1.1)$$

bunda  $N_0$ — sinov boshlanishida namunalar soni,  $n(t)$  -  $t$  vaqtda raddiya bergan namunalar soni. Namunalar soni  $N_0$  orttirilganda ehtimollikning statistik baholash  $R^*(t)$  barqarorlikni topadi, ya'ni  $R^*(t)$  raddiyasiz ishlash ehtimolligidan juda kam farqlanadi.

$$R(t) \approx R^*(t) = [N_0 - n(t)] / N_0. \quad (1.2)$$

Amaliyotda buzilib (shikastlanib) ishlash ehtimolligi yoki raddiyalar ehtimolligi ancha qulay xarakteristikadir. Raddiyasiz ishlash ehtimolligi  $R(t)$ , ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikasi sifatida quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) U ishonchlilikni vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlaydi;
- 2) U apparaturaning ko'plab boshqa xarakteristikalariga kiradi, shuning uchun loyihalash, ekspluatatsiyalash, ta'mirlash va x.k. masalalar bilan shug'ullanadigan keng doiradagi shaxslar foydali bo'lishi mumkin;
- 3) Raddiyasiz ishlash ehtimolligi apparaturaning ishonchligiga sezilarli ta'sir ko'rsatuvchi ko'pgina omillarni qamraydi va shuning uchun ishonchlilikni etarlicha to'liq xarakterlaydi;
- 4) Tizimni tayyorlashdan oldin  $R(t)$  hisoblash yo'li bilan etarlicha sodda holda olinishi mumkin. Bu ishonchlilik nuqtai nazaridan tizimning optimal strukturasi tanlash imkonini beradi;

5)  $R(t)$  ham oddiy elementlar, ham murakkab tizimlar hattoki komplekslar uchun ishonchlilikning qulay xarakteristikasidir.

Raddiyasiz ishlash ehtimolligining ko'rsatilgan afzalliklari bu xarakteristikani eng ko'p tarqalishiga sabab bo'ldi.

### **1.3. Texnik tizimlar ishonchliligini tahlil qilish usullari**

Murakkab tizimlarning ishonchliligini hisoblash – bu uning ishonchlilik ko'rsatkichlarini tizim elementlarining ma'lum bo'lgan ishonchlilik ko'rsatkichlari orqali aniqlashni bildiradi.

Ishonchlilikni hisoblash juda ko'p sonli usullari mavjud. Ularning asosiylari quyidagilardir:

-ehtimollik nazariyasining klassik teoremlaridan foydalanishga asoslangan usul;

-mantiqiy - ehtimollik usullar;

-topologik usullar;

-markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan usullar;

-integral tenglamalar usullari;

-statistik modellashtirish usullari.

Har bir usul o'zining afzalliklari va kamchiliklariga ega. Amaliyotda ulardan oqilona foydalapnish o'ta muhimdir.

Texnik tizimlarning, jumladan telekommunikatsiya tizim va tarmoqlarining, ishlashini ularning ishonchliligi ma'nosida tavsiflash quyidagi usullari mavjud.

- strukturaviy sxema;

-mantiqiy algebra funksiyalari;

-holatlar grafi;

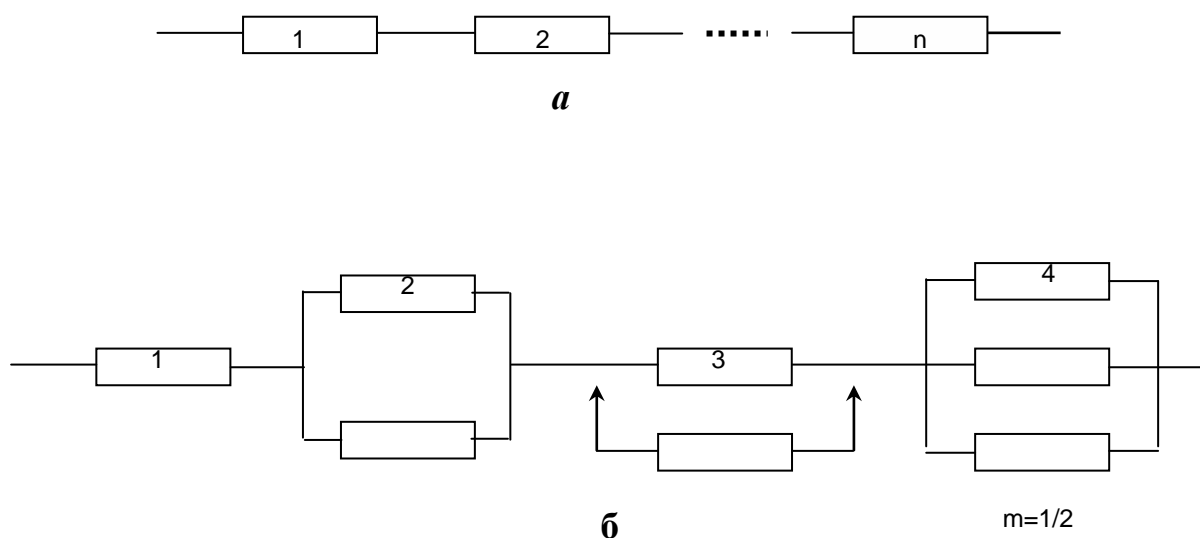
-differensial va algebraik tenglamalar;

-integral tenglamalar.

Bu usullarning qoʻllanish usullarini misollar asosida qisqacha koʻrib chiqamiz.

### 1.3.1. Texnik tizimlarning strukturaviy sxemasini tavsiflash

Murakkab tizimning har bir elementi geometrik shaklda, koʻp hollarda toʻgʻri burchak shaklida tasvirlanadi. Toʻgʻri burchaklar chiziqlar bilan shunday ulanadiki, hosil qilingan strukturaviy sxema tizimning ishlay olish qobiliyati sharoitlarini toʻliq aks ettirishi lozim. Misol sifatida 1.1-rasmda  $n$ -ta elementlardan tashkil topgan murakkab tizimning, mos holda rezervlanmagan va alohida- alohida rezervlangan (elementlar boʻyicha) strukturaviy sxemasi keltirilgan.



1.1-rasm. Rezervlanmagan (**a**) va rezervlangan (**b**) tizimning strukturaviy sxemalari

Elementlarni rezervlash rezervni doimiy ulash, almashtirish va  $t = 1/2$  kasr karrali usullarda amalga oshiriladi. Strukturaviy sxemalardan tizimning ishlay olish qobiliyati sharoitlari yaqqol koʻrinib turibdi.

1.1, **a** –rasmdagi tizimda, agar barcha elementlar yaroqli boʻlsa, u ishlashga qobiliyatlidir. Istalgan har bir elementning raddiyasi tizimning ishlay olish qobiliyati buzadi, tizimda raddiya holati yuz beradi. 1.1, **a** –rasmdagi tizim ishlashga qobiliyatli boʻladi, agar 1-nci element va dubblangan juftlikdagi istalgan bitta element, shuningdek  $t = 1/2$



kasr karrali rezervlangan uchta elementdan istagan ikkitasi yaroqli bo'lsa, tizim ishlashga qobiliyatlidir.

Ko'rgazmalilikning yuqoriligi – bu usulning asosiy afzalligidir. Uning kamchiligi tizimning ishlashi bo'yicha axborotning etarli emasligi. Masalan, tizim ta'mirlanadigan yoki ta'mirlamaydiganmi, dubllashda ishonchliligi bir hil elementlar ishlatiladimi yoki yo'q, tizimning xizmat ko'rsatish tartibi qanday va x.k.

Bu va bir qator boshqa kamchiliklar tizim ishlay olish qobiliyati sharoitlarini qo'shimcha tavsiflashni talab qiladi. Faqat shu shartlar bajarilgandagina tizimni ishonchlilik mezoni bo'yicha tahlilni amalga oshirish mumkin. SHuni nazarda tutish kerak, strukturaviy sxema tizimning ishlash matematik modeli emas.

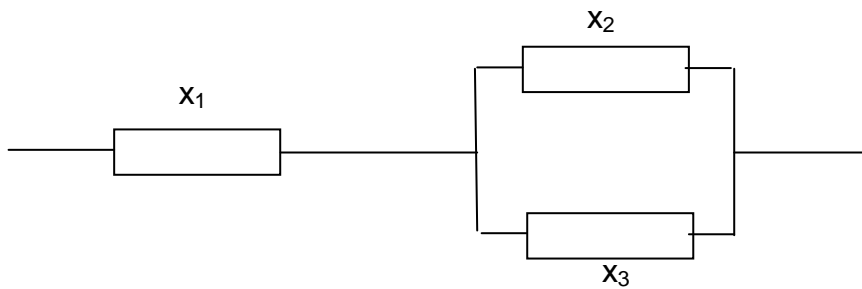
### 1.3.2. Mantiqiy algebra funksiyalarini tavsiflash

Strukturaviy sxemadagi har bir element holatini ikkilik o'zgaruvchan kattalik bilan kodlaymiz: 1 (element ishga yaroqli), 0 (element buzilish (raddiya berish) holatida). Bu holda tizim ishlashini kon'yunksiya, diz'yunksiya va inversiya operatsiyalaridan foydalanib, mantiqiy algebra funksiyalari (MAF) yordamida tavsiflash mumkin.

Misol sifatida  $n$ -ta elementlari ketma-ket ulangan tizimning ishlay olish qobiliyatiga mos MAF ni tuzib chiqamiz. Tizim ishlay olish qobiliyati sharoitida bo'ladi, agar uning barcha elementlari ishga yaroqli (soz, buzilmagan) holatda bo'lsa, quyidagicha belgilaymiz:  $x_i$  — $i$ -nchi element ishga yaroqli holatda,  $\bar{x}_i$  — element ishga yaroqsiz holatda,  $i = 1, 2, \dots, n$ . U holda MAF quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 x_2 \dots x_n. \quad (1.3)$$

Yana bitta misol keltiramiz. Tizimning strukturaviy sxemasi 1.2-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'lsin.



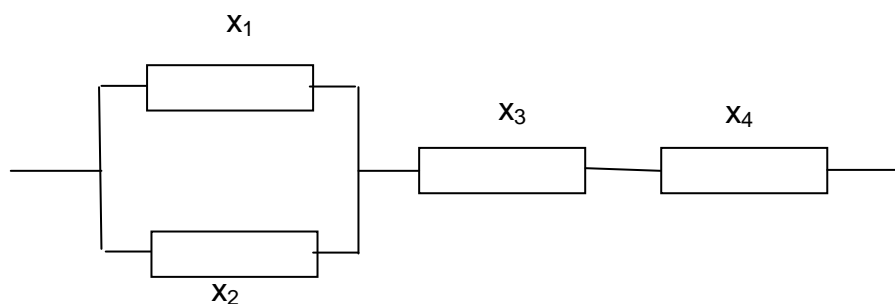
1.2-rasm. Bir hil ishonchli bo'lmagan elementli tizimning strukturaviy sxemasi

Quyidagi hollarda tizim ishlay olish qobiliyati vaziyatida bo'ladi: barcha elementlar ishga yaroqli holatda, 1 va 2 yoki 1 va 3 elementlar ishga yaroqli holatda. U holda ishlay olish qobiliyatiga mos MAFning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$y(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \overline{x_2} x_3 \vee x_1 x_2 \overline{x_3} \quad (1.4)$$

MAF ni hosil qilish tartibi formallashtirilishi mumkin. Formallashtirish usullaridan biri tizimning ishlay olish holatiga mos keluvchi, haqiqatlik jadvalidan hosil qilinadigan, takomillashgan diz'yunktiv normal shaklni hosil qilishdir.

1.3-rasmda strukturaviy sxemasi keltirilgan tizimni misol sifatida ko'ramiz. Bu tizimning haqiqatlik jadvali quyida keltirilgan.



1.3-rasm. Elementlari aralash tizimning strukturaviy sxemasi

1.1-jadval. Haqiqatlik jadvali

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	U
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Jadvaldan  $y(x_1, x_2, x_3, x_4)$  funksiya ikkilik argumentlarning faqat uchta to'plamida 1 qiymatga ega:

0111 - ( $x_2, x_3, x_4$ ) elementlar ishga yaroqli;

1011 - ( $x_1, x_3, x_4$ ) elementlar ishga yaroqli;

1111 – barcha elementlar ishga yaroqli.

#### 1.3.4. Ishonchlilikni tahlil qilish mantiqiy - ehtimollik usullari

*Mantiqiy - ehtimollik usullarining mohiyati.* Ishonchlilikni tahlil qilish istalgan usuli tizimning ishlay olish qobiliyati sharoitlarini tavsiflashni talab qiladi. Bunday shartlar quyidagilar asosida shakllantirilishi mumkin:

-tizimning ishlash strukturaviy sxemasi (ishonchlilikni hisoblash sxemasi);

- tizimning ishlashini og'zaki tavsiflash;

- graf – sxemalar;
- mantiqiy algebra funksiyalari.

Ishonchlilikni tahlil qilish mantiqiy - ehtimollik usuli yaxshi ta'sir ko'rsatadigan gipotezalarni aniqlash va ma'nosini formallashtirish imkonini beradi. Bunday usulning mohiyati quyidagilardan iboratdir. Xar bir elementning holati bir va nol bilan kodlanadi:

$$X_i = \begin{cases} 0, & \text{agar element ishga yaroqsiz holatda bo'lsa;} \\ 1, & \text{agar element ishga yaroqli holatda bo'lsa.} \end{cases}$$

Mantiqiy algebra funksiyalarida elementlar holati quyidagi ko'rinishda taqdimlanadi:

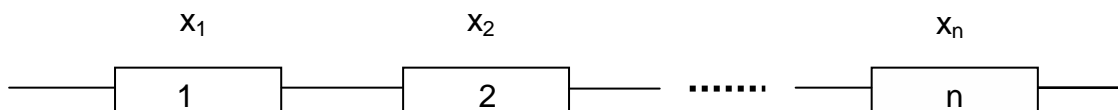
$x_i$  — elementning ishga yaroqli holati, 1 kodga mos keladi;

$\overline{x_i}$  — elementning ishga yaroqsiz holati, 0 kodga mos keladi

Tizimning ishlay olish qobiliyati shartlari mantiqiy algebra funksiyalari yordamida tizim elementlarining ishlay olish qobiliyati (sharoitlari) yoziladi. Tizim ishlay olish qobiliyatining olingan funksiyasi ikkilik argumentning ikkilik funksiyasi bo'ladi. Olingan MAF shunday o'zgartiriladiki, unda tizimni buzilishsiz ishlashining ijobiy ta'sir ko'rsatadigan gipotezalariga mos keluvchi tashkil etuvchilari bo'lishi kekrak. MAF da ikkilik o'zgaruvchilar  $x_i$  va  $\overline{x_i}$  o'rniga-mos holda raddiyasiz ishlash ehtimolligi  $p_i$  va raddiya ehtimolligi  $q_i$  qo'yiladi. Kon'yunksiya va diz'yunksiya belgilari algebraik ko'paytirish va qo'shish bilan almashtiriladi. Olingan ifoda tizimning raddiyasiz ishlash ehtimolligi  $P_c(t)$  bo'ladi.

Mantiqiy-ehtimolli usulni misollarda ko'ramiz.

MISOL.1.1. Tizimning strukturaviy sxemasi elementlarning asosiy ketma-ket ulanishi bilan tasvirlanadi (1.4-rasm).

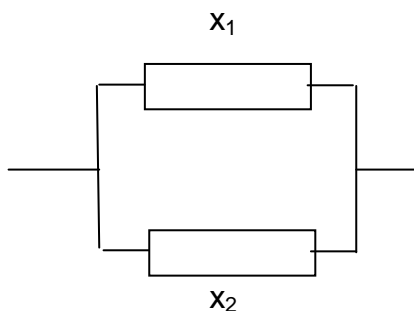


1.4- rasm. Elementlari asosiy ulangan tizimning strukturaviy sxemasi

Strukturaviy sxemada  $x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ —tizim g-nchi elementining kodlanadigan holati, agar 0 bo‘lsa element raddiya xolatida, yaroqli bo‘lsa 1 bo‘ladi. Dastlabki holatda tizim soz, chunki uning barcha elementlari yaroqlidir. Bu holda MAF mantiqiy o‘zgaruvchilarning kon’yunksiyasidir, ya’ni  $y = x_1 x_2 \dots x_n$ , tizimning takomillashgan diz’yunktiv normal shaklini aks ettiradi. Mantiqiy o‘zgaruvchilar o‘rniga elementlarning yaroqlilik ehtimolliklarini va kon’yunksiyani algebraik ko‘paytma bilan almashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$P_c(t) = p_1(t)p_2(t)\dots p_n(t) \quad (1.5)$$

MISOL 1.2. Tizimning strukturaviy sxemasi bir xil ishonchli bo‘lmagan, doimiy ulangan quyi tizimli dubllangan tizimdan iborat (1.5-rasm). 1.5-rasmdagi  $x_1$  va  $x_2$  tizim elementlarining holatlarini belgilaydi.



1.5-rasm. Dubllangan tizimning strukturaviy sxemasi

Ushbu dubllangan tizim uchun ikkita “ikkilangan o‘zgaruvchilarning” haqiqatlik jadvalini tuzamiz (1.2-jadval).

1.2-jadval. Ikkita ikkilangan o‘zgaruvchilarning haqiqatlik jadvali

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Jadvaldagi 0-elementning raddiya holati, 1 — elementning yaroqlilik holati. Mazkur sharoitda, ikkala element (1,1) yoki ikkalasidan bittasi ((0,1) yoki (1,0)) yaroqli bo‘lsa, tizim yaroqli bo‘ladi. U holda tizimning ishlay olish qobiliyati quyida mantiqiy algebra funksiyasi bilan tavsiflanadi:

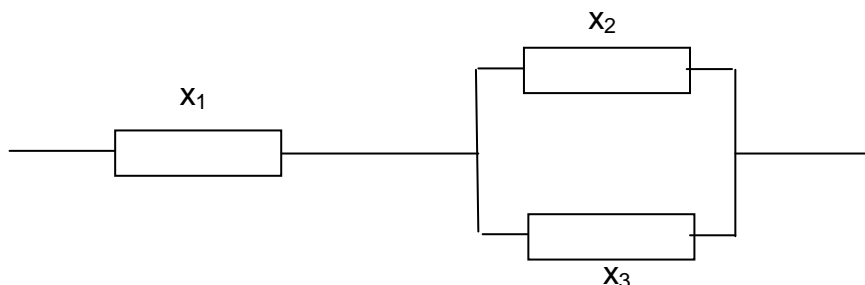
$$y = x_1x_2 \vee \overline{x_1}x_2 \vee x_1\overline{x_2}$$

Bu funksiya takomillashgan diz’yunktiv normal shaklda bo‘ladi.

Diz’yunksiya va kon’yunksiya operatsiyalarini algebraik ko‘paytirish va qo‘shish operatsiyalariga, mantiqiy o‘zgaruvchilarni mos elementlar ehtimollik holatlariga almashtirib, tizimning raddiyasiz ishlash ehtimolligini xosil qilamiz:

$$P_c(t) = q_1(t)p_2(t) + p_1(t)q_2(t) + p_1(t)p_2(t). \quad (1.6)$$

MISOL 1.3. Tizimning strukturaviy sxemasi 1.6-rasmda tasvirlangan ko‘rinishda bo‘lsin.



1.6-rasm. Tizimning strukturaviy sxemasi

Haqiqatlik jadvalini tuzamiz (1.3-jadval). Bu misolda, agar barcha elementlar yaroqli bo'lsa yoki  $x_1$  element va dubllangan juftlikdagi elementlardan ( $x_2, x_3$ ) biri yaroqli bo'lsa, tizim yaroqli bo'ladi. Haqiqatlik jadvali asosida SDNF quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y = \overline{x_1 x_2 x_3} \vee \overline{x_1 x_2} x_3 \vee x_1 x_2 x_3. \quad (1.7)$$

1.3-jadval. Haqiqatlik jadvali

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$U$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Diz'yunksiya va kon'yunksiya operatsiyalarini algebraik ko'paytirish va qo'shish operatsiyalariga, mantiqiy o'zgaruvchilarni mos elementlar ehtimollik holatlariga almashtirib, tizimning raddiyasiz ishlash ehtimolligini hosil qilamiz:

$$P_c(t) = p_1(t)q_2(t)p_3(t) + p_1(t)p_2(t)q_3(t) + p_1(t)p_2(t)p_3(t). \quad (1.8)$$

Mantiqiy algebra funksiyasini quyidagi o'zgartirishlardan foydalanilsa, minimal shaklda tasvirlash mumkin:

- qavsdan tashqariga chiqarish:  $u = x_1 x_2 + x_1 x_3 = x_1(x_2 + x_3)$ ;
- yutiltirish:  $u = x_1 + x_1 x_2 = x_1$ ;
- birlashtirish (yopishtirish):  $y = x_1 x_2 + x_1 \overline{x_2} = x_1$ .

Algebrada yutiltirish va yopishtirish operatsiyalari qo'llanilmaydi. SHuning uchun olingan MAF minimizatsiyalanmaydi, shuningdek mantiqiy o'zgaruvchilar o'rniga

ehtimolliklar qiymatlarini qo‘yib bo‘lmaydi. Elementlar holatlari ehtimolliklarini SDNFga qo‘yish kerak, soddalashtirish esa algebra qoidalarini bo‘yicha bajariladi.

Tavsiflangan usulning kamchiligi haqiqatlik jadvalini tuzish zaruratidir, bu esa tizimning barcha ishlay olish qobiliyati holatlarini saralashni talab qiladi.

#### Nazorat savollari

1. Ishonchlilik nazariyasi nima va nimalarni o‘rganadi?
2. Ishonchlilik nazariyasining asosiy tushunchalari.
3. Ishonchlilik nazariyasi atamalarini sanab bering.
4. “Ishonchlilik” va “raddiya” tushunchalarining aniqlanma bering
5. Ishonchlilik texnik tizimning qanday xususiyatlarini aniqlaydi?
6. Ishonchlilikni hisoblash qanday usullari mavjud?
7. Ishonchlilik mezonlarini tushuntiring.
8. Element ishonchliligining asosiy xarakteristikasi tushuntiring.
9. Ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikalarini ta’riflang.
10. Ishonchlilikni tahlil qilish mantiqiy - ehtimollik usullarini ta’riflang.



## II. TELEKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI VA TARMOQLARI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

### 2.1. Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarining asosiy strukturaviy xususiyatlari

Istalgan boshqariladigan tizim, boshqaruvchi va ijro etuvchi organlar (tizimlar) orasida axborot almashinishini ta'minlaydigan quyi tizimga ega bo'ladi. Telekommunikatsiya tizimi shunday quyi tizimdir. Zamonaviy katta ko'p funksiyali telekommunikatsiya tizimlarida axborotlarni tegishli manzilga uzatish (etkazish) uchun telekommunikatsiyaning elektrik, pochta va boshqa vositalari qo'llaniladi. SHuning uchun telekommunikatsiyaning bu tizimlari bir qator quyi tizimlarga ajraladi.

Telekommunikatsiya tarmoqlari strukturasi asosiy masalalari V.N.Roginskiy, G.B.Davidov, G.P.Zaxarov va boshqalarning ishlarida yoritilgan. Darslikda tarmoq strukturasi ularning ishonchliligi va yashovchanligi qoidalarini tushunish nuqtai nazaridan qarab chiqiladi.

Telekommunikatsiya quyi tizimini, keyinchalik "telekommunikatsiya tarmog'i" deb yuritimiz, istalgan har qanday boshqa tizimga o'xshash holda tarkibiy qismlarga – elementlarga ajratish mumkin. Telekommunikatsiya tarmog'ining eng katta elementlari uning quyi tizimlaridir – birlamchi (transport) tarmoq, ikkilamchi (kommutatsiyalanadigan) tarmoq va boshqarish tizimidir.

***Birlamchi (transport) tarmoq*** ikkilamchi tarmoqlar foydalanadigan, telekommunikatsiya uzellari (punktlari) orasida kanallar va traktlar hosil qilishga mo'ljallangandir. Umumiy holda birlamchi tarmoq turli fizik tabiatli telekommunikatsiya liniyalari, uzatish tizimlari, alohida kanallar (traktlar), tarmoqni boshqarish tizimlaridan iborat bo'ladi. Xususiy holda telekommunikatsiya tizimi o'zining liniyalari va uzatish tizimlariga ega bo'lmasligi mumkin. Bunday tizimning birlamchi tarmog'i boshqa telekommunikatsiya tizimidan ijaraga (arendaga) olingan kanallar va uzatish tizimlaridan tashkil topishi mumkin. Katta telekommunikatsiya

tizimlarida, masalan mamlakatning yagona telekommunikatsiya tarmoqlari shuningdek tarmoq uzellari va stansiyalaridan tarkib topadi.

Birlamchi tarmoqlarda liniya vositalari sifatida kabelli, radioreleli, troposferali va yoʻldoshli uzatish tizimlari, shuningdek, turli diapazonli bevosita koʻrinishli radioaloqa vositalari qoʻllaniladi.

Birlamchi tarmoq telekommunikatsiya tizimlarining bir qator muhim sifat xarakteristikalarini belgilaydi, jumladan, uning ishonchliligini, yashovchanligini, oʻtkazuvchanlik qobiliyatini, shuningdek, texnik-iqtisodiy koʻrsatkichlarini aniqlaydi. Birlamchi tarmoq davlat telekommunikatsiya tarmoqlari va hamma boshqarish organlari manfaatlari, shuningdek, mamlakat aholisi talablarini qondirish uchun yaratiladi.

***Telekommunikatsiya tizimlarining ikkilamchi (kommutatsiyalanadigan) tarmoqlari*** – telefon, telegraf, maʼlumotlar uzatish va boshqalar – berilgan xabar turlarini uzatish yoki almashtirishni bevosita taʼminlash uchun yaratiladi. Ikkilamchi tarmoqlar telekommunikatsiya xizmatlarini hamma abonentlarga – tizim foydalanuvchilariga etkazadi. Ikkilamchi tarmoqlar soni, tizimni loyihalashda koʻrsatilgan axborot turlari soni boʻyicha aniqlanadi.

Har bir ikkilamchi tarmoq mazkur tarmoq foydalanadigan, birlamchi tarmoq kanallaridan, axborotning berilgan turini qayta oʻzgartirish, qayta ishlash va telekommunikatsiya kanaliga kiritish apparaturalari, kommutatsiya qurilmalari, shuningdek boshqarish tizimidan tashkil topadi. Tizim (tarmoq) elementlari orasida oʻzaro bogʻlanish topologiyasiga bogʻliq holda ikkilamchi tarmoqni u yoki bu strukturali deyish mumkin. Biz asosan ishonchliligi va yashovchanligi elementlarni ketma-ket va parallel ulash formulalari boʻyicha hisoblanishi mumkin boʻlgan strukturalarni koʻrib chiqamiz. Bundaylarga toʻliq bogʻlanishli tarmoq, toʻrsimon va boshqa uzelli strukturalar kiradi.

Telekommunikatsiya tarmoq uzellari va liniyalari bilan birga tizim strukturasining muhim elementi bu telekommunikatsiyaning oxirgi uzellaridir.

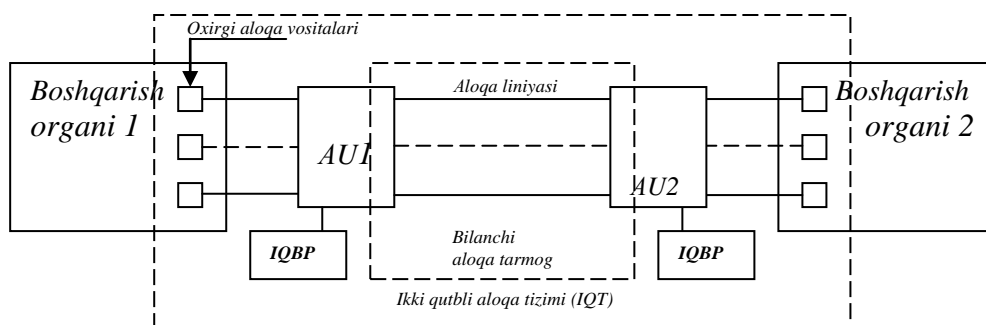
Telekommunikatsiyaning oxirgi uzellari odatda, mazkur tizim ikkilamchi tarmoqlari ta'minlaydigan hamma turdagi xizmatlarni foydalanuvchilarga taqdim etadi. Oxirgi uzal asosiy strukturaviy elementlari quyidagilardan tashkil topadi: kanal hosil qilish punkti yoki stansiyasi (uzatish tizimi, kanallar krossi), ikkilamchi tarmoqlar soniga mos holda telefon, telegraf, faksimil yoki boshqa turdagi stansiyalar (punktlar), radiouzel (uzatuvchi va qabul qiluvchi radiomarkazlar), yo'ldoshli aloqa stansiyasi, uzalning abonent tarmog'i, uzalni boshqarish punkti, elektr ta'minot stansiyasi va x.k.

Abonentlar bilan bevosita bog'lanadigan kanal xosil qiluvchi stansiyalar va punktlar- telefon, telegraf, ma'lumotlar uzatish va boshqalar – odatda ular xizmat ko'rsatadigan boshqarish organlariga yaqin erlarga joylashtiriladi. Agar kanal hosil qiluvchi stansiya aholi foydalanishiga mo'ljallangan bo'lsa, ular mos aholi punktining markaziga joylashtiriladi. Telekommunikatsiya uzellari va tizimlarining rivojlanish xarakterli belgisi – uning elementlari integratsiyasining chuqurlashishidir.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturasi haqidagi keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, uning elementlari o'zaro bog'langan holatdadir. Demak, ularning raddiyalari, buzilashlari yoki nosozliklari o'zaro korrelyasiyalangan bo'lishi mumkin. Masalan, agar kabel magistrali ishdan chiqsa hamma kanallar bo'yicha ikkilamchi tarmoqlardagi bog'lanish to'xtaydi; tarmoq uzalining buzilishi unga kiruvchi hamma magistrallar bo'yicha aloqani to'xtatadi; ikkilamchi tarmoqning umumiy kommutatsion qurilmasi ishdan chiqsa, bu tarmoqning hamma aloqalari ishlamaydi; oxirgi uzalning yadrosi ishdan chiqsa, u orqali bog'lanishlarning hamma turi to'xtaydi. Hamma bu o'zaro bog'lanishlar tarmoq ishonchliligi va yashovchanligi ko'rsatkichlarini hisoblashga, ularni oshirish usullariga jiddiy ta'sir ko'rsatadi.

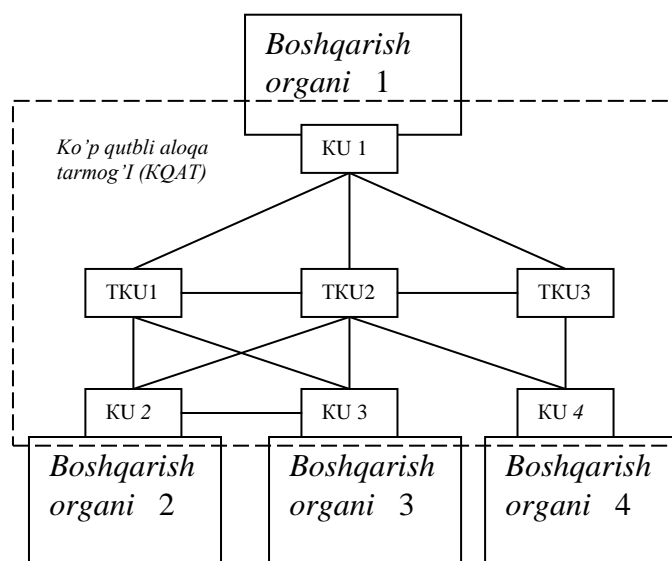
## 2.2. Ikki va ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari

Ikki qutbli va ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari tushunchalari telekommunikatsiya tarmog‘i xizmat ko‘rsatadigan boshqarish tizimi strukturasi bilan uzviy bog‘langandir. Boshqarish tizimida faqat ikkita organ (yuqori turuvchi va quyi turuvchi) mavjud bo‘lsa, telekommunikatsiya tarmog‘i ikki qutbli (IQT), (2.1-rasm) deyiladi. Agar boshqarish organlari ikkitadan ko‘p bo‘lsa va ular geografik taqsimlagan bo‘lib, ularning xar biriga aloqa o‘zining oxirgi uzeliidan ta‘minlansa, bunday boshqarish tizimining telekommunikatsiya tarmog‘i ko‘p qutbli (KQT), (2.2-rasm) deyiladi. Bundan tizim qutbi yoki telekommunikatsiya tarmog‘i – bu ikkilamchi tarmoqning oxirgi uzeli yoki punkti (stansiyasi) bo‘lib, u orqali boshqarish organlari yoki telekommunikatsiyadan foydalanuvchilarning o‘zaro bog‘lanishi amalga oshiriladi degan xulosa kelib chiqadi.



2.1-rasm. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining strukturasi

Telekommunikatsiya tarmog‘ining hamma to‘plamini ikkita sinfga – ko‘p qutbli va ikki qutbli tarmoqlarga ajratish shartli metodik usul bo‘lib, tarmoq ishonchliligi va yashovchanligi nazariyasini ishlab chiqish va anglashni osonlashtiradi. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari amaliyotda yuqoridagidek ko‘rinishda juda kam uchraydi. SHu bilan birga amaliyotda telekommunikatsiyaning xizmat ko‘rsatayotgan boshqaruv tizimining u yoki bu axborot yo‘nalishidagi, ya‘ni ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining belgilangan ma‘lum qutblar juftliklari orasida ishonchlilik va yashovchanlikni baholash zaruruti tug‘iladi.



2.2-rasm. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining strukturasi

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligini bir vaqtda ishlab turgan IQT lar jamlamasi bo‘yicha baholash mumkin.

Birinchi xolda ayrim IQTlar bo‘yicha xususiy baholarni yig‘ma jadvalga u yoki bu mezonlar bo‘yicha (masalan, IQT muhimligi bo‘yicha) ularni muayyan tartibda (baholar), umuman olganda aloqa tarmog‘i strukturaviy ishonchligining integral ehtimolli ko‘rsatkichigani bermasdan joylashtiriladi.

Ikkinchi xolda qandaydir o‘rtacha IQTning bog‘langanlik ehtimolligining o‘rta arifmetik (o‘rta aniqlangan) qiymatidan foydalanish mumkin.

Birinchi va ikkinchi xollarda bu majburiy usullarni qo‘llashda ayrim IQT oralaridagi o‘zaro strukturaviy bog‘lanishlar hisobga olinmaydi.

Jamlamasi ko‘p qutbli tarmoqni (KQT) tashkil etadigan ayrim IQT lar orasidagi o‘zaro strukturaviy bog‘lanishlar hisob olib ishonchlilikni baholash zarur bo‘ladi.

Bu xolda ikki qutbli tarmoq tushunchasini, mazkur axborot yo‘nalishida bog‘lanishni ta‘minlashda qatnashayotgan, ko‘p qutbli tarmoqning qismi sifatida foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi

Axborot yoʻnalishlarining bunday ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari, bir qator umumiy elementlarga ega boʻlishligini, yaʼni bu tarmoqlar ishonchliligi va yashovchanligi oʻzaro bogʻliq ekanligini nazarda tutish kerak.

Bu vaziyatni telekommunikatsiya tizimlarining ishonchlilik va yashovchanlik namunaviy koʻrsatkichlarini ishlab chiqishda va ularni hisoblash uchun matematik apparat tanlashda ham eʼtiborga olish zarur.

KQT strukturaviy ishonchliligini tahlil qilish masalasini quyidagicha tavsiflash mumkin. Agar telekommunikatsiya tarmogʻida bir nechta IQT ishlab turgan boʻlsa, bu esa aloqa tarmogʻida KQT ishlab turganini bildiradi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarini loyihalashtirish amaliyotida KQT strukturaviy ishonchliligini bunday tahlil qilish zarurati paydo boʻlganida, yaʼni IQTning barchalarini emas, faqat bir qismining bogʻlanish vaziyatida baholash talab qilingan boʻladi. Bu xolda KQT tashkil etuvchi ikki qutbli tarmoqlarning bogʻlanganligi xaqida gap boradi, misol uchun, 80, 50, 30% va x.k. IQTlar oʻzaro bogʻlangan.

KQT strukturaviy ishonchliligini tahlil qilish masalasida bir-birini toʻldiradigan quyidagi masalalar mavjud boʻladi:

1. Bir ivaqtda ishlab turgan ikki qutbli tarmoqlarning bogʻlanganligi  $\chi$  dan kam boʻlmaslik ehtimolligi qancha?
2. Bir ivaqtda ishlab turgan ikki qutbli tarmoqlarning bogʻlanganligi  $(y = \chi - 1)$  dan koʻp boʻlmaslik ehtimolligi qancha?

Bunda xar bir IQT da aloqa oʻrnatilishiga talablar xam bir xil boʻlishi, xam bir xil boʻlmasligi mumkin.

Xulosa qilib, quyidagini taʼkidlash mumkin. Telekommunikatsiya tarmogʻi, tarmoqlangan strukturaga ega, murakkab arxitekturali tizimdir va uning ishonchlilik xarakteristikalarini aniqlash qoʻshimcha farazlarsiz mumkin emas.

Telekommunikatsiya tarmog‘i barcha to‘llamini ko‘p qutbli va ikki qutbliga ajratish – ularni ishonchlili va yashovchanlik bo‘yicha nazariyasini ishlab chiqish va mohiyatini aniqlashni engillashtiradigan shartli metodik uslubiyatdir.

### **2.3. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash umumlashgan algoritmi**

Qo‘yilgan masalani tushunish uchun foydalanuvchilarga xizmatlarni taqdim etish va turli vaziyatlarda uning normal ishlashini ta‘minlash bo‘yicha hamma ketma-ketlik tartibini ko‘rmasdan, faqat telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik va yashovchanlik masalalarini tushunishda muhim bo‘lgan umumlashgan algoritmnining ayrim vaziyatlarini ko‘rib chiqamiz.

Ikkilamchi tarmoqning asosiy ishlash momentlarini, tarmoqqa xabar kelib tushishidan boshlab ko‘rib chiqamiz. Xabar tarmoqqa abonent qurilmasi va umumiy foydalanish telekommunikatsiya punktidagi mos qurilma yordamida kiritilishi mumkin. Xabarda odatda uni qaerga va kimga (yoki chaqirayotgan abonentni kim bilan bog‘lash) yuborish bo‘yicha manzil ko‘rsatilishi, shuningdek uning zudlik yoki imtiyozli kategoriyasi hamda manzilga uzatish va etkazish bo‘yicha zarur bo‘lgan boshqa ma‘lumotlar bo‘lishi kerak.

Agar xabar kelib tushishida zarur yo‘nalishda bo‘sh uzatish kanali mavjud bo‘lsa, mos kommutatsiya amalga oshiriladi va xabar adresatga uzatiladi. Hamma kanallar quyi imtiyozli xabarlar bilan band bo‘lsa ulardan bittasining uzatilishi to‘xtatiladi va kelib tushgan xabar uzatiladi. Aks holda, ya‘ni kanallar yuqoriroq imtiyozga ega xabarlar bilan band bo‘lsa, mazkur xabar imtiyoziga va tarmoqda qabul qilingan xabarlarini qayta ishlash tartibiga (algoritmiga) mos holda navbatga qo‘yiladi

Agar mazkur yo‘nalishda aloqaning buzilishi natijasida uzatish kanali bo‘lmasa, u holda boshqarish tizimi aloqani qayta tiklashni tashkil etadi. Dastlab bu zahira kanallari, agar ular bor va yaroqli bo‘lsa, uzatish ular hisobiga amalga oshirilishi mumkin, yoki birlamchi tarmoq kanallarini qayta taqsimlash

(qayta krosslash) orqali aylanma kanalni tuzish yo‘li bilan amalga oshirilishi mumkin. So‘ngra telekommunikatsiyaning raddiya bergan yoki shikastlangan vositalarini ta‘mirlash, ularni safga qaytarish va tarmoqning avvalgi konfiguratsiyasini qayta tiklash ishlari tashkil etiladi. Tarmoq elementlarining katta shikastlanishlarida kuch va vositalarning mavjud zahiralari hisobiga tarmoqni qisman tiklash amalga oshiriladi yoki boshqarish tizimi shikastlangan elementlardan (uzellar, stansiyalar, aloqa kanallari) foydalanilmagan holda tarmoqning yangi strukturasi shakllantiradi. Tarmoq elementining tasodifiy raddiyalari yoki shikastlanishi xabarni qayta ishlash jarayonida ro‘y berishi mumkin. Ikkilamchi tarmoqlarda bu jarayon doimiy nazoratda bo‘lishi sababli, tarmoqni boshqarish tizimi telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti bilan birgalikda boshqa kanalni izlaydi yoki yuqorida ko‘rilgan usul bo‘yicha raddiya bergan aloqa kanalini qayta tiklaydi va xabar uzatilishi yakunlashini ta‘minlaydi.

Birlamchi tarmoq xabarni uzatish jarayonida mazkur ikkilamchi tarmoqqa ajratilgan aloqa kanallarining to‘g‘ri ishlashini ta‘minlaydi, raddiya bergan kanallarni zahiradagilar bilan almashtiradi, o‘zining kanallarini ikkilamchi kanallar orasida qayta taqsimlaydi (telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti buyruqlari bo‘yicha), tarmoq holati va ta‘minlanayotgan aloqaning muhimligiga qarab o‘z strukturasi optimallashtiradi, shikastlangan elementlarni qayta tiklaydi. Bu hamma harakatlarni birlamchi tarmoqni boshqarish punkti tashkil etadi, u odatda telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti bilan birgalikda (hududiy va funksional ) olib boradi.

Ekstremal vaziyatlarda, hamma ikkilamchi tarmoqlarning ishlashi uchun yaroqli kanallar etishmasligi paytida, telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti qarori bo‘yicha tarmoqlarning bir qismi o‘z ishini to‘xtatadi, boshqa kanallar esa faqat yuqori imtiyozli xabarlarni uzatishga beriladi.



SHunday qilib, ikkilamchi tarmoqning uzluksiz ishlashini ta'minlashda uning elementlari va boshqarish tizimidan tashqari birlamchi tarmoq elementlari, shuningdek, telekommunikatsiya tizimining boshqarish tizimi ham ishtirok etadi. Telekommunikatsiya tizimida bu hamma murakkab jarayon mos algoritmlar va dasturlar bo'yicha avtomatlashtirilgan holda amalga oshiriladi. Bunda har bir algoritm va dasturga ma'lum cheklashlar xosdir, ishlab chiqilgan qarorlarni – kommutatsiya turlari, aloqani qayta tiklash - amalga oshirish jarayonlariga esa konkret vaqtli parametrlar xosdir. Bularning hammasini telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligini hisoblashda bilish va e'tiborga olish zarurdir, chunki bu xususiyatlar nafaqat tarmoq strukturasi bo'yicha aniqlanadi, shuningdek, ularni avtomatlashtirilganlik darajasi, ishlash algoritmlari va boshqarish operativligi bo'yicha ham aniqlanadi.

#### **2.4. Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modeli**

Telekommunikatsiya tarmog'i ishlashini, uning ishonchliliga va yashovanligi orqali baholashni o'rganish uchun quyidagi turdagi masalani echish matematik usullarini ko'rib chiqamiz.

Quyidagilar berilgan bo'lsin: telekommunikatsiya tarmog'i strukturasi, uning elementlarining (uzellar, liniyalar va boshqalar) ishonchlilik (yashovchanlik) parametrlari, uning ishonchliligiga (yashovchanligiga) ta'sir qiluvchi tarmoqni boshqarish boshqa parametrlari; foydalanuvchilarning talablari (abonent bilan bog'lanishi yaroqli deb hisoblanadigan, kanallarning minimal soni).

Ko'rsatilgan talablarni hisobga olgan holda tarmoqning ishonchlilik (yashovchanlik) ko'rsatkichlarini aniq yoki taqriban hisoblash talab qilinadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modelini ishlab chiqishda, uning ishonchlilik va yashovchanlik xususiyatlarini aks ettiruvchi, echilayotgan masalaga qo'llanishi mumkin bo'lgan G.P.Zaxarov ishlarida ko'rilgan

telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modelini tuzish umumiy yondashuvlaridan foydalanish mumkin. Bizga zarur model telekommunikatsiya tarmoqlari strukturasi, uning ishlash algoritmlarini, ishonchlilik (yashovchanlik) ko'rsatkichlariga ta'sir qiluvchi destabilizatsiya faktorlarini, tarmoqni qayta tiklanuvchanligi va boshqaruvchanligini, foydalanuvchilar (xizmat ko'rsatilayotgan boshqarish tizimini) talablarini adekvat aks ettirishi lozim. SHuning uchun model quyidagilarni tavsiflaydi: telekommunikatsiya tarmog'ining strukturasi, ishlash algoritmlari va boshqa zaruriy ichki xarakteristikalarini; tashqi – ta'sirlarini; tarmoq hamda elementlarining ishonchlilik, yashovchanlik ko'rsatkichlari va mezonlarini; tarmoq ishonchlilik (yashovchanlik) ko'rsatkichlari, uning parametrlari, tashqi ta'sirlar va foydalanuvchilar talablari orasida sonli o'zaro bog'lanishni (hisoblash usullari tavsifi).

Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modelini shakllantirishda umumiy ko'rinishdagi  $G(A, V)$  grafni aks ettirish keng qo'llanadi. Graf cho'qqilari va yoylari telekommunikatsiya qutblari, tranzit uzellari, liniyalariga mos keladi. A cho'qqilar to'plami ikkita o'zaro kesishmaydigan quyi to'plamlarga  $A_0 = \{a_i\}$  i  $A_t = \{a_j\}$  bo'linadi.  $A_0$  to'plamning cho'qqilari qutblarga,  $A_t$  to'plamning cho'qqilari esa tranzit uzellarga mos keladi. Tarmoqlarda hamma vaqt quyidagi shart bajariladi:

$$N_0 \gg N_t. \quad (2.1)$$

ya'ni qutblar tranzit uzellarga nisbatan ko'proqdir.

$G$  grafning  $V$  yoyi to'plami ham o'zaro kesishmaydigan quyi to'plamlarga  $V_1$  va  $V_2$  ajraladi.  $V_1$  to'plam yoylari  $a_i^0$  va  $a_j^t$  cho'qqilarni,  $V_2$  to'plam yoylari esa  $a_j^t \in A_t$  cho'qqilarni o'zaro tutashtiradi.  $E = \{A, B_1, B_2\} = \{E_i\}$ ,  $I = 1, N$ ;  $N = N_T + N_0$ . to'plam bo'lsin. Keyinchalik  $e_i$  ni grafning elementlari,  $a_i^0$  cho'qqilarni esa grafning qutblari deb ataladi.

Grafning har bir  $e_i$  elementi  $r_n(e_i)$ ,  $r_j(e_i)$ ,  $s(e_i)$ ,  $s(e_i)$  sonlar bilan xarakterlanadi, ular  $R_n$ ,  $R_j$ ,  $S$ ,  $S$  to'plamlarni tashkil etadi va tarmoqning

ekspluatatsion-texnik ishonchliligi, yashovchanligi, o'tkazuvchanlik qobiliyati va qiymatiga mos keladi.

Bundan tashqari, graf cho'qqilari telekommunikatsiya tarmoqlarining mos uzellari yoki punktlarining joylashish o'rni geografik koordinatalari  $(x_i, y_i)$ , shuningdek, ularning rangi  $r(a_i)$  bilan xarakteristikalanadi.

Bunda odatda istalgan  $i, j$  uchun:

$$r(a_i) < r(a_j), \quad a_i \in A_0; \quad a_j \in A_T. \quad (2.2)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlarining ishlashiga tashqi ta'sirlarning harakati graf cho'qqi va yoylarining ishonchlilik, yashovchanlik va o'tkazuvchanlik qobiliyati bo'yicha parametrlarini hisoblashda e'tiborga olinadi.

Graf elementlarining ishonchlilik ko'rsatkichlarida ularning strukturaviy o'zaro bog'lanishini  $M$  hisobga olish ma'lum darajada telekommunikatsiya tarmoqlarini aks ettirishga o'xshash ko'rsatkichlarini avvaldan aniqlaydi. Lekin tarmoq ishonchliligi va yashovchanligi, shuningdek, boshqarish algoritmlari  $Z$  va elementlar raddiyasiga reaksiya  $T_p$  jarayonining avtomatlashtirish (tezligi) darajasiga, ta'mirlash va qayta tiklash tizimining vaqt parametrlariga  $T_v$  bog'liqdir. Bundan tashqari tarmoqning ishonchlilik (yashovchanlik) ko'rsatkichlari qiymatlariga axborot yo'nalishida telekommunikatsiyaning minimal o'tkazuvchanlik qobiliyati  $M_{min}$  (kanallar soni) katta ta'sir ko'rsatadi. O'tkazuvchanlik qobiliyati  $M_{min}$  kichik bo'lganda aloqa raddiya bergan bo'ladi. Ko'rsatkichlar va ularning qiymatlari mazmuni, shuningdek, tarmoq qutblarining o'zaro intilishish matritsasiga  $W = \{w_y\}$  bog'liqdir. SHuning uchun telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik (yashovchanlik) ko'rsatkichlarini  $I(YA)$  simvollari orqali belgilasak, unda yuqorida keltirilgan hamma argumentlar bo'yicha bu funksiyalar quyidagicha ifodalanadi:

$$I = f(P_n, M, T_r, T_v, W, M_{min}, Z), \quad (2.3)$$

$$YA = f(P_j, M, T_r, T_v, W, M_{min}, Z), \quad (2.4)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlarini graf orqali aks ettirish ikkita maqsad uchun qo'llaniladi. Birinchi tomondan, ayrim cheklashlar bo'yicha odatiy aralash graf, keyinchalik ko'riladigan va ma'lum usullar bilan tarmoqning ishonchlilik va yashovchanlik ko'rsatkichlarini baholash imkonini beradigan tarmoq modelidir. Boshqa tomondan, graflar nazariyasi usullari echilayotgan masalaning hamma muhim xususiyatlarini hisobga olish imkonini bermasa, oddiy graf yordamida ko'rilayotgan tarmoqni yaqqol tasvirlash mumkin, bu esa masalani formallashtirishni va uni echilishini osonlashtiradi.

Telekommunikatsiya tizimlari grafining telekommunikatsiya tarmoqlari grafidan farqi shundaki, tizimning strukturasi hamma birlamchi tarmoq strukturasi (ikkilamchi tarmoq grafi uchun bu shart emas) va hamma ikkilamchi tarmoq strukturasi aks ettirishdan iboratdir. Boshqacha qilib aytganda, ikkilamchi tarmoq grafi telekommunikatsiya tizim grafiga nisbatan quyi graf, yoki qisman graf bo'ladi.

Quyidagiga e'tibor berish lozim. Telekommunikatsiya tarmog'i ishonchliligini baholashga mo'ljallangan model, uning yashovchanligini baholashga mo'ljallangan modeldan ba'zi ayrim farqlariga ega bo'ladi. Agar ishonchlilikni baholashda ikkilamchi tarmoq kommutatsion uzellari va stansiyalarini grafning mustaqil qutblari deb interpretatsiya qilish maqsadga muvofiq bo'lsa, yashovchanlikni baholashda esa har bir telekommunikatsiya uzelinin kommutatsion uzellari va stansiyalarini bitta qutbga birlashtirish kerak bo'ladi, chunki ularni bitta hududda (shaharda) joylashishi zarba natijasida buzilish darajasi bir-biriga bog'liq bo'lmaydi.

## **2.5. Telefon aloqa tizimining ishlash ayrim algoritmlari**

Telekommunikatsiya tizimlarining ishlash algoritmlarini nazarga olmaslik, tarmoqlarning ishonchlilik va yashovchanligini baholashda anchagina xatoliklarga olib kelishi mumkin, ayniqsa bu telefon aloqa tizimi uchun muhimdir. Telefon aloqa tarmog'i kanallar kommutatsiyasi (KK) rejimida

ishlaydi va aniq yo‘qotishli ommaviy xizmat ko‘rsatish tizimini (OXkT) tavsiflaydi. CHaqiruvchi va chaqirilayotgan qutblar (A va B qutblar) orasida kanallarni ulanish jarayoni telekommunikatsiya tizimida qabul qilingan chaqiriq tushganligi xaqidagi xizmat signallarini uzatish usullariga bog‘liqdir. A qutbga chiquvchi chaqiriq tushgan deb faraz qilamiz. Kimdan kimga chaqiriq kelganligi, shuningdek, chaqirayotgan abonent telekommunikatsiya tizimining talab qilinayotgan xizmatidan foydalanish huquqiga ega ekanligi tahlilidan so‘ng, chaqiriqni uzatilishi quyidagi uchta usulning biri bo‘yicha amalga oshiriladi.

1. B qutbni izlash to‘lqin usuli. A qutbdan chaqiriq unga qo‘shni bo‘lgan hamma tranzit kommutatsiya uzellariga (KU) uzatiladi, ularning har biridan chaqiriqlar hamma boshqa qo‘shni KUGa uzatiladi va B qutbgacha bunday uzatish davom etaveradi. Bu chaqiriq bitta KUGa qaytadan kelsa, uni boshqa uzatilmaydi. Bitta KU dan uzatilish jarayonida o‘tilgan uzellar (marshrut trassasi) raqami eslab qolinadi. B qutbga chaqiriq etib borgandan so‘ng u marshrut haqidagi qabul qilingan axborotga mos ravishda A qutbgacha kanalni ulanish jarayonini boshqaradi. Hamma boshqa KUGa mazkur chaqiriq haqidagi axborotni o‘chirish haqida buyruq beriladi.

Qutbni to‘lqinli izlash usuli ikkita afzallikka ega. Birinchidan, A va B qutblar orasida, tarmoqning berilgan holatida, ulanish eng yaqin marshrut bo‘yicha o‘rnatiladi. Ikkinchidan, agar A va B qutblar orasida band bo‘lmagan kanalga ega, kamida bitta yaroqli marshrut mavjud bo‘lsa, ulanish o‘rnatiladi. Lekin to‘lqinli izlash usuli ko‘plab kanallar sonini va KU ning yuqori unumdorligini talab qiladi.

2. CHaqiriqni estafeta usulida uzatish. CHaqiriq har bir telekommunikatsiya tizimi uchun mazmuni va uzunligi turlicha tanlanadigan so‘zdir. U hamma vaqt chaqirilayotgan abonent raqami, maxsus xizmat signallari va chaqiriq kategoriyasidan tarkib topadi, unga mos ravishda xizmat

ko'rsatish tartibi o'rnatiladi, shuningdek chaqirayotgan abonent raqami, o'tilgan marshrut trassasi bo'lishi mumkin. Uzatishning estafeta usuli qo'llanganda  $a_i$  kommutatsiya uzeli  $a_{i+1}$  KUga chiqish optimal yo'nalishi tanlanadi,  $a_i$  va  $a_{i+1}$  kommutatsiya uzellari o'zaro xizmat signallarini almashinadi, bu signallar KUni chaqiriqni qabul qilishga tayyor ekanligini tasdiqlaydi, undan so'ng chaqiriq  $a_{i+1}$  KUga yo'naltiriladi. CHaqiriqni qabul qilgandan so'ng  $a_{i+1}$  KU  $a_i$  KU ga chaqiriq qabul qilinganligi haqida tasdiqnoma yuboradi va unda kanal ulanishi amalga oshiriladi. A qutbdan  $a_{i+1}$  KUGacha ulangan kanal uchastkasi shuningdek maxsus signal bo'yicha tekshiriladi.

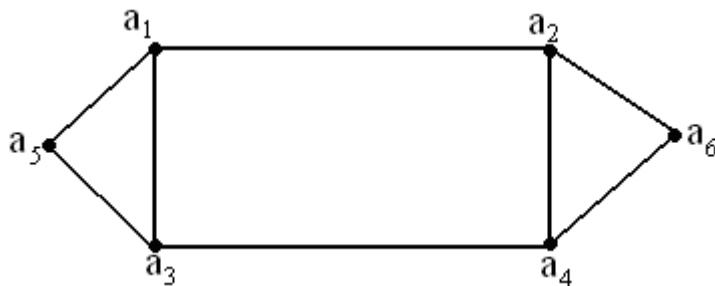
3. CHaqiriqni "oxiridan oxirigacha" uzatish usuli oldingilaridan, chaqiriq  $a_{i+1}$  KUga hamma vaqt  $a_i$  KUda kanal ulangandan so'ng A qutbdan uzatilishi bo'yicha farqlanadi.

SHuningdek, kombinatsiyalashgan usullar ham mavjuddir, lekin ularning qo'llanishi cheklangan.

Birinchi usulga qaraganda ikkinchi va uchinchi usullarning afzalliklari shundaki, ular tarmoq resurlarini qo'shimcha sarf qilishni talab qilmaydi. Bundan tashqari, marshrut trassasini albatta eslab qolinishi talab etilmaydi. Ularning kamchiligi kanalning ulangan uchastkasi axborotni uzatish uchun ishlatilmasligidir, bu esa telekommunikatsiya tarmog'i resurslaridan foydalanish samarasini pasaytiradi. CHaqiriqni qayta ishlash va kanalni ulanish vaqtida tarmoq holati o'zgarishi mumkin, boshqarish tizimi esa hamma vaqt ham bu o'zgarishlarga reaksiya bera olmasligi mumkin. Bu holda A va B qutblar orasida yaroqli yo'llar mavjud bo'lishiga qaramasdan  $a_i$  KUda chaqiriq yo'qolishi mumkin. Misol sifatida 2.3-rasmda keltirilgan tarmoqni ko'rib chiqamiz.

$a_5$  qutbning  $a_t$  qutbga chaqirig'i  $a_2$  KUga tushgan bo'lsin, va uning o'tish jarayonida  $b_{2,t}$ ,  $b_{2,4}$  qirralar raddiya holatiga o'tishsin (band bo'lishgan),  $b_{1,3}$ ,  $b_{3,4}$ ,  $b_{4,t}$  qirralar esa ishga yaroqli va bo'sh kanalga ega bo'lishsin. Misoldan ko'rinib turibdiki, boshqa marshrut bo'yicha ulanish o'rnatilish imkoniyati bo'lsa

ham  $a_2$  KUga chaqiriq yo‘qoladi. Demak, estafeta usulida uzatish yoki “oxiridan oxirigacha” usullaridan istalganini qo‘llash to‘lqinli izlash usuliga qaraganda telekommunikatsiya tarmog‘ining strukturaviy ishonchliligi va yashovchanligini pasaytiradi. Usullarning ko‘rsatilgan kamchiliklaridan holi bo‘lish uchun murakkab keng taqsimlangan tarmoqlarda tranzit KU xotirasiga maxsus algoritmni kiritish lozim, bu algoritm chaqiriqlarni avvalgi KU qaytarishi va chaqiriqlarni qayta ishlashga raddiya bergan KU raqamini eslab qolishi mumkin bo‘lishi kerak.



2.3-rasm. Ikki qutbli tarmoqqa misol

Telefon aloqa tizimida chiqish yo‘nalishini tanlash algoritmining xususiyatini ko‘rib chiqamiz. CHiqish yo‘nalishini tanlash algoritmining asosiga marshrutning avvalgi trassasiga bog‘liq bo‘lmagan holda  $a_1$  KU dan B qutbgacha eng qisqa yo‘lni aniqlash prinsipi qo‘yilgan.

CHiqish yo‘nalishini izlash algoritmi ikkita prinsipdan birini qo‘llash orqali tuziladi: chiqish yo‘nalishi chaqiriqni qayta ishlash jarayonida tarmoqni tahlil qilish natijasi bo‘yicha aniqlanadi yoki chiqish yo‘nalishlari haqidagi axborotlar telekommunikatsiya tarmoqlarining boshqarish tizimi KU xotirasiga yozib qo‘ygan marshrut (adres) jadvalidan tanlanadi. Birinchi prinsipni amalga oshirish markaziy boshqaruv qurilmaning hisoblash resurslaridan ko‘proq foydalanishni talab qiladi, lekin bu prinsip Kuning ulanish o‘rnatilishi bo‘yicha imkoniyatlarini kengaytiradi.

Marshrut jadvallarini qo‘llash Kuning dasturiy ta‘minotini soddalashtiradi va boshqarish uzelinig hisoblash resurslari sarflanishini kamaytiradi, lekin ularni saqlash uchun operativ xotiraga qo‘shimcha sarflarni talab qiladi.

Ulanishlar oʻrnatilishi vaqti, chaqiriqlarga xizmat koʻrsatish sifati, telefon aloqa tizimi ishonchliligi va yashovchanligi boʻyicha talablar, bir tomondan, ularni yaratish boʻyicha xarajatlarga cheklashlar boshqa tomondan, bir-birlariga qarama-qarshidir. Echimni optimizatsiyalash marshrutlar uzunligini cheklash va A va B qutblar orasida aloqani oʻrnatish uchun KUda foydalanadigan chiqish yoʻnalishlari soni kamaytirishdir.

CHeklashni tanlashga ekspluatatsion-texnik ishonchlilik, tarmoq elementlarining ximoyalanish darajasi, uning tarmoqlanganligi, A va B qutblarning oʻzaro joylashishi, telekommunikatsiya tarmoqlarining oʻtkazuvchanlik xususiyatlari va telekommunikatsiya tarmoqlariga qoʻyiladigan talablar taʼsir qiladi. SHunday qilib, telefon aloqa tizimi qutblari orasida axborotni uzatish mumkin boʻlgan marshrutlarining soni nafaqat tarmoq konfiguratsiyasiga bogʻliq boʻlmasdan, shuningdek, qabul qilingan xizmat signallarini uzatish usullariga, KUda chaqiriqlarga xizmat koʻrsatish algoritmlarining tuzilish prinsiplariga, telekommunikatsiya liniyalarining sigʻimiga va telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish tizimining ishlash algoritmlariga ham bogʻliqdir.

## **2.6. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash**

*Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash maqsadi va vazifalari.* Zamonaviy jamiyatning hayoti maʼlumotlarni uzatish turli jinsli tizimlardan keng foydalanishsiz tasavvur qilib boʻlmaydi. Bu vositalar uzluksiz takomillashmoqda va rivojlanmoqda. Yildan-yilga maʼlumotlar hajmlari ortmoqda, aloqa masofasi oshmoqda, uzatish sifatiga talablar ortmoqda. SHunga koʻra, murakkab tizimlarni (MT) boshqarish masalasi oldingi oʻrinlarga chiqmoqda.

Boshqarish deganda murakkab tizimlarni ularning turli ishlash bosqichlarida ratsional oʻzini tutishini shakllantirish jarayoni tushuniladi. Boshqarishning



mazmunini mos mansabdor shaxslarning qarorni tayyorlash va qabul qilish, uni aloqa rejalashtirishning borishida batafsillashtirish, kuchlar va vositalarini qurish va qo'llash, o'zaro ta'sirlashishni tashkil etish va har tomonlama ta'minlash, shuningdek ularning bajarilishini nazorat qilish jarayonlari tashkil etadi. Boshqarishdan maqsad qo'yilgan masalalarni echishda mavjud kuchlar va vositalardan foydalanishning maksimal samaradorligini ta'minlashdan iborat. SHunga ko'ra tarkibiy elementi tizimning ishlashi maqsadga yo'naltirilgan jarayonlarining (TIMYJ) samaradorligini baholash hisoblanadigan qarorlarni qabul qilish prinsiplari va mezonlarini takomillashtirish masalasi muhim ahamiyat kasb etadi.

Masalalarni echilishi asosida tizimli tahlil yotadi, bu bizni qiziqtiradigan ob'ektni nafaqat boshqa ob'ektlar bilan o'zaro aloqasida, balki tizim sifatida ko'rib chiqish kerakligini bildiradi. Aloqa tizimining (tarmog'ining) ishlash samaradorligini o'rganish maqsadi qarorni qabul qiladigan shaxsga tavsiyalarni ishlab chiqish uchun, uning oldida turgan masalalarni aloqa tizimi (tarmog'i) orqali muvaffaqiyatli bajarilishini ta'minlaydigan strategiyalarni oqilona tanlash uchun ma'lumotlarni o'zlashtirish hisoblanadi.

Murakkab tizimlarning ishlash samaradorligini baholash muammolariga ko'plab ishlar bag'ishlangan, ularda esa hamma vaqtda ham bir ma'nli atamalar bo'lavermaydi, bu samaradorlik nazariyasi asoslarini o'rganishni qiyinlashtiradi.

***Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholashni asosiy usullari.*** Zamonaviy jamiyatni turli xil axborot uzatish tizimlaridan foydalanmasdan yashashini tasavvur etish mumkin emas. Bu vositalar doimo uzluksiz takomillashmoqda va rivojlanmoqda. Axborot xajmi yildan yilga ko'payib, aloqa masofasi uzayib, uzatish sifatiga esa talablar ortib bormoqda. SHu munosabat bilan murakkab tizimlarni boshqarish masalasi oldingi marraga chiqmoqda.

Boshqarish deganda, murakkab tizimning ishlash har xil bosqichlarida uning ratsional xulqini shakllantirish jarayoni tushuniladi. Boshqarishning mohiyati

lavozimiy shaxslarning qarorni tayyorlash va qabul qilish, aloqani rejalashtirish davomida uni detallashtirish, kuch va vositalarni taqsimlash va qo'llash, o'zaro xarakatlarni tashkil etish va har tomonlama ta'minlash, shuningdek, ular bajarilishini nazoratlash jarayonlaridir. Boshqarishning maqsadi qo'yilgan vazifalarni (masalalarni) hal qilishda mavjud aloqa kuch va vositalaridan foydalanishda maksimal samaradorlikni ta'minlashdir. SHu munosabat bilan qaror qabul qilish prinsiplari va mezonlarini takomillashtirish masalasi muhim ahamiyat kasb etadi, uning tarkibiy elementi tizimning maqsadli yo'naltirilgan ishlash jarayonlari samaradorligini baholashdir.

Aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini o'rganishdan maqsad, aloqa tarmog'i oldida turgan vazifalarni muvaffaqiyatli echishni ta'minlovchi ratsional strategiyani tanlash uchun qaror qabul qiluvchi shaxsga tavsiya ishlab chiqish uchun ma'lumotlarni to'plashdir.

***Elektr aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligi.*** Maqsadli yo'naltirilgan jarayonlarning, ularga aloqa tizim va tarmoqlari ham mansubdir, samaradorlik nazariyasi, samaradorlik ko'rsatkichlarini va ularni baholash mezonlarini aniqlash asosida, murakkab ob'ektlar bilan modeli eksperimentning metodologik va matematik asosini tashkil etadi.

***Elektr aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baxolash usullari.*** Aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash tarmoqni rejalashtirish, joriy etish va kengaytirish, texnik xizmat ko'rsatish shuningdek, tugatilish jarayonlarida o'tkazilishi mumkin.

Rejalashtirish bosqichi uchun aloqa tarmog'iga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan turli barqarorlikni buzuvchi faktorlar haqida ma'lumotlar etarli bo'lmasligi bilan bog'liq, bir qator cheklashlar kiritilishi bilan xarakterlidir. SHuning uchun rejalashtirish bosqichida aloqa tarmog'ining samaradorligini baholashda asoson ehtimolli yondashuvlar qo'llaniladi.

Aloqa tarmog‘i ishlab turish davrida, boshqaruv organlariga doimo aloqa tarmog‘i va uning elementlari holati bo‘yicha axborotlar kelib turadi. Olingan axborotlar asosida aloqa tarmog‘ining ishlash samaradorligi statistik baholanadi.

Aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholashda, ehtimolli yondashuvlar doirasida bir nechta usullarni qo‘llash mumkin.

Birinchi usulda axborot uzatish murakkab tizimining ishlash samaradorligini baholashda, tizimning ayrim xususiyatlari baholanadi va shu baholash natijalari asosida tizim umumiy baholanadi. Masalan, turli xil signallarni shakllantirish va qayta ishlashda samaralik xatolik ehtimolligi; aloqa tarmoqlari resurslari ko‘rilganda ularning ishonchliligi, radioelektron xavfsizlik ko‘rilganda – xalaqitbardoshlik va boshqalar bo‘yicha baholanadi.

Konkret sharoitlarda aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini  $W_{AT}$  xususiy ko‘rsatkichlar (mobillik, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ishlash barqarorligi, boshqaruvchanlik va x.k) bo‘yicha baholash mumkin:

(2.5)

$$W_{AT}^{M,O`K,IB B} = \frac{W_{olingan}^{M,O`K,IB B}}{W_{talab qilingan}^{M,O`K,IB B}}$$

Bunday baholash ayrim kamchiliklarga ega. Strukturalar variantlarini taqqoslaganda tizim xususiyatlari to‘liq hisobga olinmaydi.

Baholashning boshqa usuli – tarmoq samaradorligining bir nechta ko‘rsatkichlarini jalb qilgan holda taxlil qilish va bir nechta mezonlar asosida optimizatsiya masalasi echishdir. Bunda asosiy muammo hisoblashlar qiyinchiligidir. Bunday qiyinchiliklardan qutilish uchun asosiy va qo‘shimcha ko‘rsatkichlardan foydalanish zarurdir. Asosiy ko‘rsatkich baholashning bosh maqsadiga mos kelishi kerak, unga etishish qo‘yilgan masalaning echimi bo‘ladi. Qo‘shimcha ko‘rsatkichlar aloqa tarmog‘ining boshqa sezilarli xususiyatlarini xarakterlashi lozim.

Aloqa tizimining asosiy funksional vazifasi tushgan xabarlarini o‘z vaqtida, talab etilgan xavfsizlik va aniqlilik bilan etkazishdir. Aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash asosiy ko‘rsatkichi sifatida birlik vaqt ichida (eng katta yuklamali soatda) belgilangan xavfsizlik va aniqlilik darajasi talablari bo‘yicha *o‘z vaqtida etkazilgan* yuklamalar xajmidan foydalanish mumkin.

SHunday qilib, aloqa tarmog‘ining ishlash samaradorligini bitta asosiy va bir nechta qo‘shimcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha, tarmoq resursi qobiliyatlariga cheklashlar kiritish orqali baholash mumkin, masalan:

$$W_{AT} = E(\Lambda, P_{O'VTE}, R_{AT} \leq R_{AT}^{\max}) \quad (2.6)$$

bunda  $\Lambda$  – o‘z vaqtida uzatilgan yuklama hajmi,  $P_{\dot{Y}BT\Theta}$  – o‘z vaqtidagi tayyorlik ehtimolligi,  $R_{AT} \leq R_{AT}^{\max}$  - aloqa tarmog‘ida foydalanilayotgan texnika resursi va xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarga cheklashlar.

Aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholashning yana bitta usuli - asosiy va qo‘shimcha (xususiy) ko‘rsatkichlar jamlanmasining yagona umumlashgan (ko‘rsatkichlar to‘plamini bittaga ko‘rsatkichiga olib kelishdir. Bunga quyidagi usullarni kiritish mumkin: samaradorlik ko‘rsatkichining kasr usulda tavsiflash; turli xil vazn koeffitsientli samaradorlik ko‘rsatkichlarini jamlash usuli; umumlashgan ko‘rsatkichni, samaradorlik qo‘shimcha ko‘rsatkichlarining talablari bajarilgan sharoitlarda, asosiy ko‘rsatkichning shartli ehtimolligi sifatida taqdim etish usuli.

Samaradorlikning kasr tavsiflash usulida umumlashgan ko‘rsatkich  $W_{AT}$  quyidagicha ifodalanadi:

$$W_{AT} = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_{Jl}}{W_{11} + W_{22} + \dots + W_{nk}} \quad (2.7)$$

Suratda qiymatlari oshirilishi kerak bo‘lgan xususiy ko‘rsatkichlar, maxrajda – kamaytirilishni talab qiladigan xususiy ko‘rsatkichlar.

Umumlashgan ko‘rsatkichni samaradorlik qo‘shimcha ko‘rsatkichlarining talablari bajarilgan sharoitlarda, asosiy ko‘rsatkichning shartli ehtimolligi sifatida taqdim etish umumiy holda quyidagicha yozilishi mumkin:

$$P_{KK} = P(\bar{Y}_{acc} / Y_1 \in \{Y_1^{TP}\}, Y_2 \in \{Y_2^{TP}\}, \dots, Y_j \in \{Y_j^{TP}\}), \quad (2.8)$$

bunda  $Y_j, Y_j^{TP}$  – aloqa tarmog‘ining ishlash samaradorligining xususiy ko‘rsatkichlari va aloqa tarmoqlariga talablar.

Turli vaznli samaradorlik ko‘rsatkichlarini jamlash usulida har bir ko‘rsatkichga turli ishorali (musbat va manfiy) muhimlik (ustivorlik) koeffitsienti beriladi:  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_j$ . Eng muhim ko‘rsatkichga eng katta koeffitsient beriladi, ortishi kerak bo‘lmagan ko‘rsatkichlarga manfiy vazn koeffitsienti beriladi.

Umumlashgan ko‘rsatkich  $W_{AT}$  quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlanadi:

$$W_{AT} = \sum_{j=1}^j \bar{\alpha}_j W_j, \quad (2.9)$$

bunda  $\bar{\alpha}_j$  – nchi aloqa tarmog‘ining o‘rtacha vazn koeffitsientlari,  $W_j$  – samaradorlikning xususiy ko‘rsatkichlari.

Keyingi paytlarda aloqa tarmoqlarining samaradorligini baholashda vektorlar usuli keng qo‘llanilmoqda. Samaradorlikni baholash vektor usuli, aloqa tarmoqlarini nostatsionar sharoitlarda va ishlash dinamikasida samaradorligini tahlillash imkonini beradi. Bu esa aloqa tarmog‘ini ishlash jarayonida sifati va samaradorligining o‘zgarishiga operativ aralashishga imkon beradi. Bu usulda xususiy va umumlashgan ko‘rsatkichlarning vaqtli ehtimolli samaradorligidan foydalaniladi.

Har bir konkret holatlarda aloqa tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash usulini tanlash, u yoki bu usulni o‘zlashtirish darajasi, mavjud hisoblash resurslari, tadqiq etilayotgan tizimning murakkabligi va mavjud vaqt bo‘yicha aniqlanadi.

## **2.7. Aloqa tizimlarining ishlash samaradorligini baholashning umumiy qoidalari, maqsadlari va masalalari**

Aloqa tizimlari va tarmoqlarining ishlashi ham kutiladigan maqsadga yo‘naltirilgan jarayonlarning samaradorligi nazariyasi, samaradorlik

ko'rsatkichlarini aniqlash va ularni baholash mezonlarini aniqlash asosida murakkab ob'ektlar (tizimlar va jarayonlar) bilan modelli tajribalar o'tkazishning metodologik va matematik asoslarini tashkil etadi.

Samaradorlik nazariyasining asosiy tushunchalari tizim, tizimning vazifasi, operatsiyaning maqsadi, strategiya, operatsion tizim, operatsion kompleks hisoblanadi.

*Tizim* – bu o'zaro bog'langan ob'ektlar (tizimning elementlari) to'plami (majmui) hisoblanadi.

*Nimtizim (quyi tizim)*– bu dastlabki tizimga qaraganda kichik o'lchamli, tashkiliy tizimga kiradigan va mustaqil operatsiyani bajaradigan murakkab tizim hisoblanadi, uning maqsadi nimtizimga (quyi tizimga) nisbatan bosh tizim hisoblanadigan dastlabki tizim o'tkazadigan operatsiyaning maqsadiga bo'ysunadi.

*Tizimning elementi* – bu tizim tarkibiga kiradigan, lekin aniq bir operatsiya doirasida mustaqil maqsadga ega bo'lmagan va qismlarga bo'linmaydigan ob'ekt hisoblanadi.

Nimtizim va element tushunchalari alohida modelli va bu ma'noda shartli hisoblanadi. O'sha bir ob'ektlar to'plami bitta operatsiya doirasida element bo'lishi, boshqa operatsiya doirasida nimtizim, uchinchi operatsiya doirasida hatto bosh tizim bo'lish mumkin.

Murakkab tizimning elementlari o'zaro ta'sirlashishda ishlaydi, buning natijasida murakkab tizimning xossalari nafaqat uning elementlari va nimtizimlarining xossalari orqali, balki ular orasidagi o'zaro ta'sirlashish xarakteri bilan, ya'ni tizim xossalari deyiladigan yangi xossalari orqali aniqlanadi.

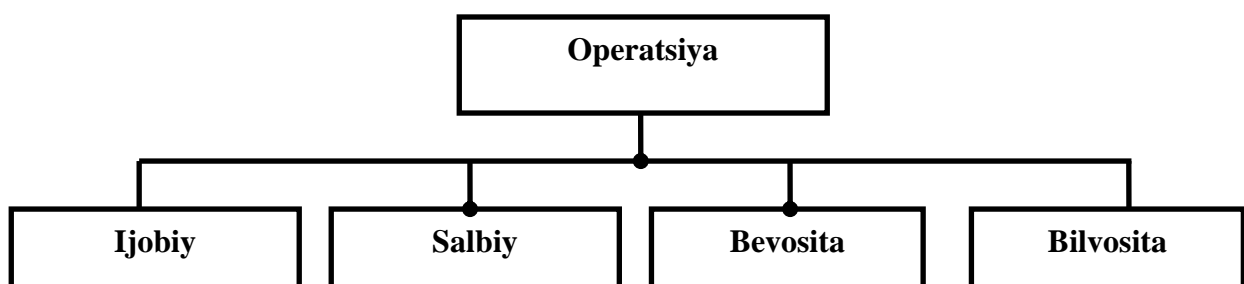
*Kompleks* – bu umumiy maqsadda, lekin tizimdagiga qaraganda kam qat'iyroq tashkiliy aloqalar bilan birlashtirilgan turli fizik tabiatli ob'ektlar (nimtizimlar, elementlar) majmuidan iborat.

*Tizimning vazifasi* – bu vaqt birligida berilgan resurslar sarfida tizimning ishlashi natijasida erishilishi kerak bo'ladigan talab qilinadigan operatsiya natijasi

hisoblanadi. Boshqacha aytganda, vazifa aniqlashtirilgan maqsad hisoblanadi. Mazmunan operatsiya maqsadi, agar talab qilinadigan natijaning miqdoriy xarakteristikalari va uni olishga beriladigan resurslar va vaqt aniqlashtirilgan bo'lsa tizimning vazifasi bo'lib qoladi. Amaliy jihatdan operatsiya maqsadiga tizim orqali vazifalar ketma-ketligini bajarish yo'li bilan erishiladi. Agar operatsiya maqsadi shakllantirilgan (tizimning vazifasi qo'yilgan) bo'lsa, u holda maqsadga erishishning (vazifani bajarilishining) muqobil usullarini (rejalarini, dasturlarini) ishlab chiqishni boshlash mumkin. Muqobil rejalar to'plamidan eng yaxshisi u yoki bu konsepsiyalar va ulardan kelib chiqadigan prinsiplar asosida tanlanadi, bu prinsiplar va konsepsiyalar rasman mezonlar shaklida (muhokama qoidalari) ifodalanadi.

*Murakkab tizim* – har biri uning aniq bir parametrlarining qiymatlari to'plami orqali tavsiflanadigan bo'lishi mumkin holatlar to'plami orqali xarakterlanadigan tizim hisoblanadi. Bu tizim murakkab qurilishi va murakkab o'zini tutishi bilan ajralib turadi. Samaradorlik nazariyasida ko'rib chiqiladigan barcha tizimlar murakkab tizilar hisoblanadi.

Operatsiya deganda ma'lum maqsadga erishishga yo'naltirilgan o'zaro bog'langan amallarning tartiblashtirilgan majmui (tizimi) tushuniladi (2.4-rasm).



2.4-rasm. Operatsiyalarning tasniflanishi

Aloqa tizimiga qo'llansa bo'ladigan operatsiya bu uning ishlashi maqsadga yo'naltirilgan jarayoni hisoblanadi. Aynan umumiy maqsadning bo'lishi ko'plab ob'ektlarni tizimga birlashtiradi.

Operatsiyaning atributi operatsion vaqt deyiladigan uning chekli davomiyligi hisoblanadi. Operatsiyalar, ijobiy va salbiy, bevosita va bilvosita (yon, ikkinchi darajali) turlarga bo‘linadi. Bundan tashqari bu rasm bloklarining har bir doirasida natijalar bir jinsli va bir jinsli emas bo‘lishi mumkin.

*Maqsad* – bu operatsiyaning talab qilinadigan (kerakli) natijasidan iborat. Maqsad bo‘lmasa, operatsiya ham bo‘lmaydi. Samaradorlik nazariyasi doirasida operatsiyaning maqsadi yagona deb ko‘zda tutiladi. Bir necha maqsadlarni ko‘zlaydigan operatsiyaga bir maqsadli operatsiyalar majmui sifatida qaraladi. Bunda alohida operatsiyalarning samaradorligi turlicha bo‘lishi mumkin. Agar bu operatsiyalarning maqsadlari o‘zaro bog‘langan bo‘lsa, u holda ba’zan ularning majmui bitta umumlashtirilgan maqsad sifatida qaralishi mumkin. Maqsad agar ishlayotgan tizim orqali ayrim resurslarni o‘zartirish yo‘li bilan kerakli natija (operatsiya natijasi) olingan bo‘lsa erishilgan hisoblanadi.

*Operatsiyaning maqsadli samarasi* – bu uni olish uchun operatsiya o‘tkaziladigan natija hisoblanadi. Operatsiya natijasi uning barcha samaralari (oqibatlari) majmui hisoblanadi.

*Strategiya* – bu iteratsiyani o‘tkazilishining ma’lum tashkil etilishi va usuli (aloqa tizimining qo‘llanilishi) hisoblanadi.

*Pecypclar* – bu hom-ashyo, energiya, ma’lumotlar, vaqt zahiralari, shuningdek, operatsiyalarning o‘tkazilishi va talab qilinadigan maqsadli samarani olinishi uchun zarur bo‘ladigan texnik va inson resurslari hisoblanadi. Resurslar tuzilmasi va maqsadli samaraga aylantirish dinamikasi bo‘yicha tasniflanishi mumkin. Tuzilmasi bo‘yicha resurslar bir jinsli va bir jinsli bo‘lmagan resurslarga bo‘linadi. Resurslarning bir jinsliligi operatsiyaning va uning samaradorligini tadqiq qilishni sezilarli soddalashtiradi, lekin bunday operatsiyalar juda kam (yoki umuman mavjud emas). Resurslar aktiv va passiv, dinamik va statik turlarga bo‘linadi.

Aktiv resurslar (A) deb to‘g‘ridan-to‘g‘ri maqsadli samarani ta’minlaydigan resurslarga aytiladi. Passiv resurslar (P) deb maqsadli samarani olishda



qatnashadigan, lekin uni to'g'ridan-to'g'ri ta'minlamaydigan resurslarga aytiladi. Dinamik resurslar (D) deb operatsiyaning borishida maqsadli samarani olishga sarflanadigan resurslarga aytiladi. Statik resurslar (S) deb tizimni yaratishda va uning ishlashi maqsadga yo'naltirilgan jarayonini tashkil etishda sarflanadigan resurslarga aytiladi. Namunaviy operatsiyalar uchun quyidagi resurslardan foydalanish xarakterli:

- hom-ashyo (A, D),
- energetik (A, D),
- tuzilmaviy VTS (P, D),
- texnik (P, S),
- texnologik (P, S),
- axborot (P, D),
- vaqt (P, D),
- mehnat,
- inonlar (P, D) va h.k..

*Xossa* – bu ob'ektning uning qurilishiga bog'liq bo'lgan va uning alohida tomonini (jihatini) xarakterlaydigan ob'ektiv o'ziga xos xususiyati hisoblanadi. Ichki (tuzilmaviy) va tashqi (funksional) xossalarga bo'linadi. Ichki xossalar tizimning o'ziga xarakterli (masalan, o'tkazish qobiliyati, mobillik va boshqalar) xarakterli, tashqi xossalar esa super tizimga ta'sir etadi (masalan, o'z vaqtidalik, ishonchlilik va boshqalar). Bu xossalar dialektik o'zaro bog'langan va standartda aniqlangan. Operatsion kompleksning asosiy elementlari 2.1-jadvalda keltirilgan.

*Operatsion tizim* bu ob'ektlar majmui (ham moddiy, ham nomoddiy: ma'lumot, vaqt va h.k.) bo'lib, ularning o'zaro ta'sirlashishi natijasida operatsiya bajariladi.

*Operatsion kompleks* operatsion tizim, super tizim va atrof-muhitning elementlari sifatida bo'ladigan ob'ektlar majmui hisoblanadi.

*Atrof-muhit deganda* operatsion tizimga kirmaydigan, operatsiyada

to'g'ridan-to'g'ri qatnashmaydigan, lekin operatsion vaziyatni shartlaydigan va TIMYJga hamda uning natijasiga ta'sir etadigan ob'ektlar majmui tushuniladi.

Har bir tadqiq qilinadigan ob'ekt uning sifatini shartlaydigan ma'lum xossalarga ega bo'ladi.

*Kvalimetriya* – bu ob'ektlar sifatini miqdoriy baholash va tahlil qilish metodologik asoslari, usullari va uslublari ishlab chiqiladigan ilmiy soha hisoblanadi.

*Sifat* – bu uning vazifasi bo'yicha ishlatish uchun yaroqliligini shartlaydigan ob'ektning xossalari yoki xossalari majmui hisoblanadi.

2.1-jadval

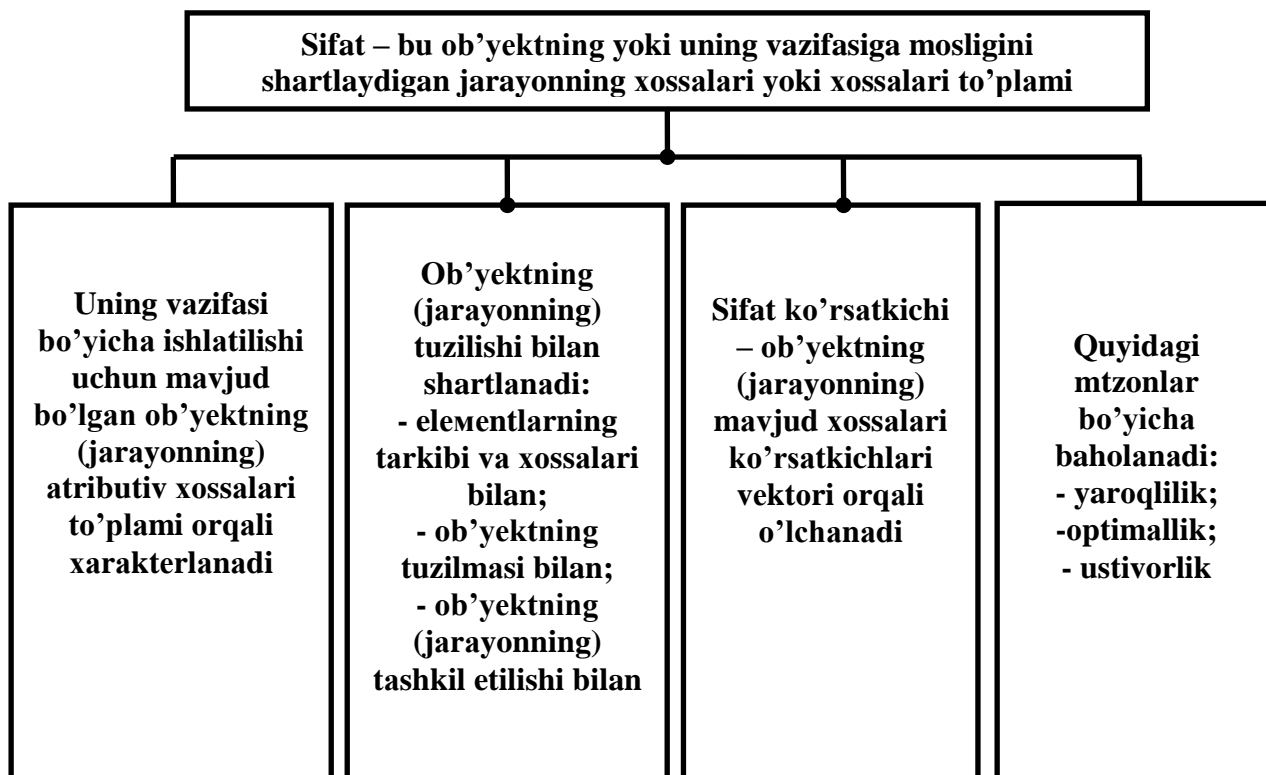
Operatsion kompleks elementlarinig asosiy xossalari

Operatsion kompleks elementlari	Asosiy xossalari
Texnik tizimlar	<p><i>Qurish xarakteristikalar</i></p> <p>Tarkib, tuzilma, o'lchamlari (murakkabligi), ishonchliligi va boshqalar.</p> <p><i>O'zini tutish xarakteristikalar</i></p> <p>Mobillik, quvvat, unumdorlik, tezkorlik, tayyorlik, ish qobiliyati, aniqlik, yashovchanlik, tejamkorlik va boshqalar.</p>
Tizimning ishlashi maqsadga yo'naltirilgan jarayonlari (TIMYJ)	<p><i>Umumiy</i></p> <p>Masshtablanuvchanlik, davomiylik, barqarorlik (halaqitbardoshlik)</p> <p><i>Operatsion</i></p> <p><i>Faoliyat, resurslarning intensivligi, samaradorlik, samaradorlik va boshqalar.</i></p>
TIMYJ natijalari	<i>Bevosita - maqsadli</i>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maqsadli samaraning hajmi (qiymati);</li> <li>- maqsadli samaraning sifati: aniqlik, ishonchlilik, informativlik, mazmundorlik, to‘liqlik, o‘z vaqtidalik</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Bilvosita – yon (ikkinchi darajali)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- operatsion resurslar sarfi;</li> <li>- operatsion vaqt sarfi</li> </ul>
Resurslar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hajm (miqdor);</li> <li>- tarkib (tuzilma);</li> <li>- sifat;</li> <li>-dinamiklik;</li> <li>- aktivlik va h.k..</li> </ul>

Ob’ektning (tizimning) vazifasiga bog‘liq ravishda sifatni tadqiq qilishda hisobga olinadigan uning xossalari majmui turlicha bo‘lishi mumkin.

Ob’ektning xossalaridan har biri qiymati bu xossaga nisbatan uning sifatining o‘lchamini (intensivligini) xarakterlaydigan qandaydir o‘zgaruvchi yordamida tavsiflanishi mumkin. Bu o‘lcham (sonli xarakteristika yoki funksiya hisoblanadigan) deb ob’ektning (aloqa tizimi, tarmog‘ining) xossasi ko‘rsatkichi yoki yagona xususiy sifat ko‘rsatkichiga (XSK) aytiladi. Ob’ektning sifat darajasi uning mavjud atributiv xossalari, ya’ni ob’ektning vazifasi bo‘yicha mosligi uchun zarur bo‘ladigan xossalari ko‘rsatkichlarining to‘plami qiymatlari orqali xarakterlanadi. Bu to‘plam sifat ko‘rsatkichi deyiladi (2.5-rasm).



2.5-rasm. “Sifat” tushunchasini istalgan tabiatdagi ob’ektlar va jarayonlarga qo‘llash sxemasi

Ob’ektning sifat ko’rsatkichi komponentlari – uning ko’rsatkichlari xossalardan alohida bo’lgan, ob’ektning xususiy, yagona sifat ko’rsatkichlari bo’lgan vektor hisoblanadi.

Buni hisobga olganda aloqa tizimining holatini istalgan vaqt momentida xususiy sifat ko’rsatkichlari vektori yordamida tavsiflash mumkin:

$$\vec{Y}(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)] \quad (2.10)$$

bu erda  $y_1(t), \dots, y_n(t)$  - aloqa tizimi elementlarining (aloqa tizimining o‘zi yoki axborot almashinuvi tizimlari va boshqarish tizimlari) va uning ishlash jarayonlarining eng mavjud xossalari xarakterlaydigan sifat ko’rsatkichi vektorining komponentlari.

Istalgan ob'ektni (aloqa tizimi, tarmog'ini) o'rganish boshqa ob'ektlar (masalan, aloqa tizimi, boshqarish tizimining tarkibiy qismi hisoblanishi bilan uning manfaatlarini hisobga olishi kerak) bilan o'zaro ta'sirlashi hisobga olinadigan yoki hisobga olinmaydigan olib boriladi.

Sifat ko'rsatkichlari xossalar kabi xususiy ko'rsatkichlarga va noxususiy ko'rsatkichlarga bo'linadi.

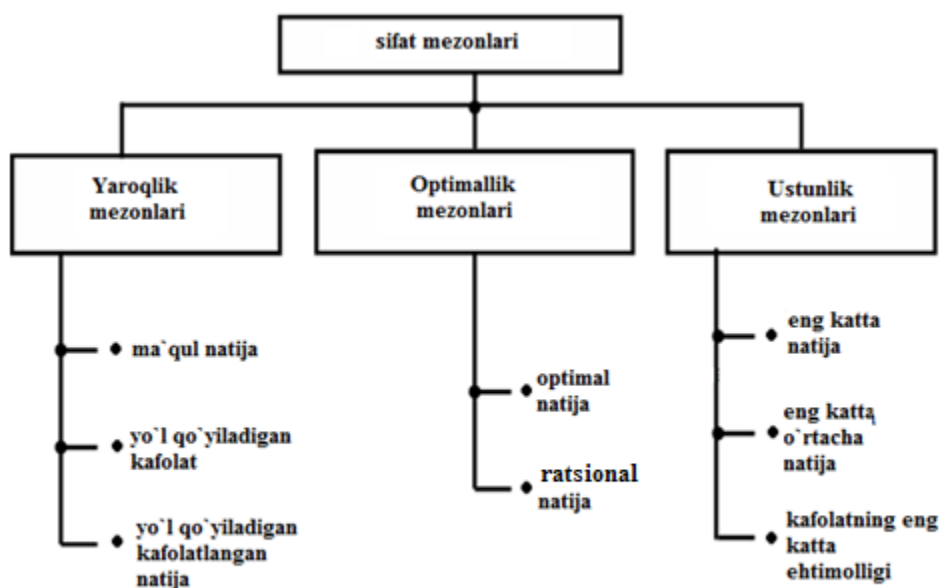
Xususiy (yoki ichki) sifat ko'rsatkichlari tizim yuqoridagi tizim bilan bog'lanmagan, mustaqil sifatda qaraladigan berk sxema bo'yicha tizimni o'rganishga mo'ljallangan.

Noxususiy (yoki tashqi) sifat ko'rsatkichlari o'rganiladigan tizimning ishlash sifatini yuqoridagi tizimning xarakteristikalariga ta'sirini tanlangan mezonlar asosida tadqiq qilish uchun mo'ljallangan.

Sifatni baholash mezonlari – qabul qilingan konsepsiyalar va baholash prinsiplaridan (tadqiqotlar asosiga qo'yilgan) kelib chiqadigan va tadqiq qilinadigan ob'ektning sifati haqidagi u yoki bu qarorni qabul qilishda (loyihaviy, tashkiliy, boshqarish va h.k.) bajariladigan amal qilinadigan qoidalar (shartlar yoki shartlar majmui) hisoblanadi. Boshqacha aytganda, mezon deganda asosida baholash, aniqlash yoki tasniflash o'tkaziladigan qoidani tushunamiz.

$n$ -o'lchamli vektorli ko'rsatkich orqali tavsiflanadigan istalgan ob'ektning sifatini baholashda mezonlar to'plami ko'rib chiqiladi, ulardan har biri umumiy holda quyidagi sinflardan biriga tegishli bo'lishi mumkin (2.6-rasm):

- 1) G yaroqlilik mezonlari sinfiga,
- 2) O optimallik mezonlari sinfiga,
- 3) S ustunlik mezonlari sinfiga.



2.6-rasm. Sifat mezonlarining tasniflanishi

Masalaning rasmanlashtirilgan qo‘yilishini ko‘rib chiqamiz.  $\bar{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$  - xususiy sifat ko‘rsatkichlari vektori bo‘lsin. Masalan, radioreleli uzatish liniyasining texnik holatini nazorat qilish va diagnostika qilish tizimi uchun bunday ko‘rsatkichlar nazorat qilinadigan parametrlarning aniqligi, diagnostik echimlarning ishonchliligi, diagnostik echimlarni ishlab chiqishning operativligi, holatni tahminlash ishonchliligi va boshqalar bo‘lishi mumkin.

Real vaziyatlarda bunday ko‘rsatkichlarni baholash uchun qo‘shma taqsimotli tasodifiy kattaliklar vektori mumkin hisoblanadi:

$$F(\bar{Y}) = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T \quad (2.11)$$

Tizimga talablar  $\{Y^{ruX}\}$  ruxsat etiladigan qiymatlar sohasi ko‘rinishida beriladi. U holda tizimning yaroqlilik mezonlari quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\bar{Y} \in \{Y^{don}\} \quad (2.12)$$

Ustunlik mezonlari tizimning parametrlarini  $Y$  namunaning parametrlari bilan taqqoslash asosida tizimni baholashga imkon beradi:

$$\bar{Y} > Y' \text{ yoki } \bar{Y} < Y' \quad (2.13)$$

Ravshanki, yaroqlilik va ustunlik mezonlari tadqiq qilinadigan tizim eng yaxshi sifatga egaligini kafolatlamaydi. SHuning uchun eng qat'iy echim optimallik mezonlarini bajarilishida kuzatiladi:

$$\bar{Y} \rightarrow extr \quad (2.14)$$

Umumiy holda optimallik va ustunlik mezonlari yaroqlilik mezonlari bajarilishi shartida bajarilishi kerak.

*Sifatni baholash* – tajriba yo‘li bilan yoki sifat ko‘rsatkichi modelidan foydalanish bilan hisoblashlar yordamida (bilvosita o‘lchashlarda) olinadigan sifat ko‘rsatkichi sonli xarakteristikasi hisoblanadi.

*Tavsifi bo‘yicha, sifat* – bu ob‘ektning vazifasi bo‘yicha ishlatish uchun yaroqliligini shartlaydigan uning mavjud xossalari va xossalari majmui hisoblanadi. Maqsadga yo‘naltirilgan jarayonga qo‘llanganda uning bunday xossalari (atributlari) operatsion xossalar deyiladi. Ularga natijaviylik, resurslarga sig‘imlilik va operativlik kiradi.

*TIMYJning natijaviyligi* natijada olinadigan maqsadli samara orqali xarakterlanadi. U operatsiyaning maqsadli samarani (uning uchun operatsiya o‘tkaziladigan natijani) berishi qobiliyati orqali shartlanadi. Aloqaga qo‘llanganda bu operatsiya xossasi (ma‘lumotlarni almashlash jarayoni) ishonchlilik deyiladi.

*TIMYJning resurslarga sig‘imliliigi* operatsiyaning o‘tkazilishi va maqsadli samarani olinishi uchun zarur bo‘ladigan barcha turlardagi operatsion resurslarning (moddiy-texnik, energetik, axborot, vaqt, moyiyaviy, insonlar va h.k.) sarflanishi bilan xarakterlanadi.

*TIMYJning operativligi* operatsion vaqtning, ya‘ni operatsiya maqsadiga erishish uchun zarur vaqt sarfi bilan xarakterlanadi. Aloqaga qo‘llanganda bu xossa o‘z vaqtidalik xossasi deyiladi.

*Samaradorlik* – bu tizimning TS amalga oshiradigan operatsiyaning maqsadiga erishishga (TSning oldida turadigan vazifaning bajarilishiga) moslashtirilganligini xarakterlaydigan tizimning ishlashi maqsadga yo‘naltirilgan jarayonining kompleks operatsion xossasi hisoblanadi.

SHunday qilib, bu tavsifdan kelib chiqadiki, samaradorlik tizimning emas, baki ishlash jarayonining, binobarin, tizim bajaradigan istalgani emas, balki faqat maqsadga yo‘naltirilgan operatsiyaning xossasi hisoblanadi. Operatsiyaning samaradorlik ko‘rsatkichi quyidagi talablar to‘plamini qoniqtirishi kerak:

- mahsuldorlik (moslik);
- chegaraviylik (sezgirlik);
- komplekslik (to‘liqlik);
- stoxastiklik;
- oddiylik.

Mahsuldorlik (moslik) ko‘rsatkichi operatsiyaning asosiy (ikkinchi darajali emas) maqsadiga erishish bo‘yicha operatsiyaning samaradorligini baholashga imkon beradi. Operatsiyaning maqsadi uning samaradorlik ko‘rsatkichida o‘zining to‘g‘ridan-to‘g‘ri aks etishini topishi kerak. Chegaraviylik ko‘rsatkichi tadqiq qilinadigan xarakteristikalarining o‘zgarishlariga sezgir. Komplekslik ko‘rsatkichi operatsiyaning boshqa xarakteristikalarini jalb qilmasdan uning samaradorligini tadqiq qilish masalasini echishga imkon beradi. Stoxastik ko‘rsatkich tasodifiy omillarning ta’siri bilan shartlanadigan va doimo operatsiyaning tadqiq qilish (uning samaradorligi) bilan birga bo‘ladigan operatsiyaning o‘tkazilishi shartlarining noaniqligini hisobga olishga imkon beradi.

Samaradorlik ko‘rsatkichi uni hisoblash va operatsiyaning samaradorligini keyingi tahlil qilish ma’qul muddatlarda bajarilishi va yaqqol talqin etilishi uchun etarlicha oddiy (zarur komplekslikda) bo‘lishi kerak. Barcha sanab o‘tilgan talablarni  $R_{ee}$  operatsiyaning maqsadiga erishish ehtimolligi yoki aloqa tizimining o‘z funksional vazifasiga mosligi ehtimolligi hisoblanadigan samaradorlik



ko'rsatkichi qoniqtiradi:

$$P_{\partial u} = P\left(Y_1 \in \{Y^{\partial on}\}\right) \quad (2.15)$$

bu erda  $\{Y^{\partial on}\}$  - samaradorlik ko'rsatkichlarining yo'l qo'yiladigan qiymatlari to'plami.

*Samaradorlikni baholash mezonlari* – operatsiyaning maqsadlarini va ularga muvofiq tadqiq qilinadigan operatsiyaning yaroqliligi, optimalligi yoki ustunligini aniqlaydigan shartlar majmui hisoblanadi.

Mezon bo'lib tanlangan dastlabi ma'lumotlar sinfida samaradorlik ko'rsatkichini maksimal qiymatga erishish xizmat qilishi mumkin:

$$P\left(\bar{Y} \in \{Y^{\partial on}\}\right) \rightarrow extr, \quad (2.16)$$

yoki berilgan cheklashlarda samaradorlik ko'rsatkichini berilgan talabning qandaydir sinalmagan qiymatidan ortishi:

$$P\left(\bar{Y} \in \{Y^{\partial on}\}\right) \geq P_{\partial u}^{TP} \quad (2.17)$$

yoki namuna tizimning mos ko'rsatkichidan katta bo'lishi:

$$P\left(\bar{Y} \in \{Y^{\partial on}\}\right) \geq P_{\partial u}^{TP} \quad (2.18)$$

Ta'kidlash kerakki, (2.16) - (2.18) mezonlar aloqa tizimi va tarmog'ining ishlash samaradorligii eng to'liq va ob'ektiv baholashga imkon beradi. Lekin ularning amalda bajarilishi F parametrlarning taqsimoti qonuni haqidagi etarli ma'lumotlarning yo'qligi bilan shartlanadigan sezilarli qiyinchiliklarga bog'liq. Hozirgi vaqtda aloqa tizimlari va tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash ko'rsatkichlari va mezonlarini tanlashga turli yondashishlar mavjud. Aniq bir holda aloqa sohasidagi mutaxassisga butun usullar xilma-xilliklaridan eng optimalini tanlashni bilish talab qilinadi.

Nazorat savollari

1. Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarining asosiy strukturaviy xususiyatlarini tushuntiring.
2. Telekommunikatsiya transport tarmoqlariga izoh bering.
3. Telekommunikatsiya kommutatsiyalanadigan tarmoqlariga izoh bering.
4. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash umumlashgan algoritmi.
5. Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modeli nimaga kerak?
6. Telekommunikatsiya tarmoqlari grafi nimani aniqlaydi?
7. Telekommunikatsiya tizimlari grafining telekommunikatsiya tarmoqlari grafidan farqi nimada?
8. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligi nima?
9. Telekommunikatsiya tarmoqlari samaradorligini qanday xususiy ko'rsatkichlar bo'yicha baholash mumkin?
10. Telekommunikatsiya tarmoqlari samaradorligini baholash mezonlari.

### **3. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING**

## ISHONCHLILIGI

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash sifati ikkita tushuncha- ishonchlilik va yashovchanlik orqali tavsiflanishi mumkin. Ikkala tushuncha telekommunikatsiya tarmoqlarining vaqt bo'yicha ishlash qobiliyati bilan bog'liqdir, ya'ni berilgan funksiyalarni o'rnatilgan hajmda, talab qilingan sifat darajasi bilan tarmoqni ekspluatatsiya qilish belgilangan davrida yoki istalgan vaqtda bajarilishidir. Bu tushunchalarning farqi tarmoqning normal ishlashini buzadigan va buzish xarakteri sabablari yoki faktorlarining turlicha ekanligidan kelib chiqadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining *ishonchliligi* uning ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida avvaldan o'rnatilgan sifat ko'rsatkichlari qiymatlarini vaqt bo'yicha saqlagan holda aloqani ta'minlash xususiyatidir. Ishonchlilik tarmoq ishlash qobiliyatiga asosan tarmoq ichidagi faktorlar ta'sirini aks ettiradi, ya'ni fizik-ximik jarayonlar keltirib chiqaradigan apparaturalarning eskirishi natijasida texnikaning tasodifiy raddiyalari, ularni tayyorlashdagi texnologik defektlar yoki xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning xatoliklari.

*YAshovchanlik* telekommunikatsiya tarmoqlarining tarmoqdan tashqarida yotuvchi sabablar hamda tarmoqning elementlari – uzellar, punktlar, stansiyalar va liniyalarini buzishga yoki uning ayrim qismlarini shikastlantirish xarakterlariga qarshi bardoshligini xarakterlaydi. Hamma sabablarni ikkita sinfga ajratish mumkin: stixiyali va qasddan qilingan sabablar. Stixiyali faktorlarga chaqmoq, er silkinishi, sel kelishi, bo'ronlar va xakozo. Qasddan qilinadigan faktorlarga esa urush sharoitlarida dushmanning xujumlari, diversion harakatlar va boshqalar kiradi.

Aloqaning buzilishiga sabablarning farqlari ularning kelib chiqishini, xarakterini, aloqaning buzilish masshtabini, ularning davomlilikini, ularni bartaraf etish yo'llari va usullarini va tarmoqning bardoshligini oshirishni belgilaydi. Texnikaning tasodifiy raddiyalari oqimlari faqat ayrim aloqalarning buzilishiga olib keladi va buzilishlar ordinarlik xususiyatiga egadir (bir nechta aloqani bir paytda

buzilish ehtimolligi kamdir). Tarmoq ishining yuqorida ko‘rilgan yashovchanlik faktorlari orqali buzilishi esa boshqa jiddiy xususiyatlarga egadir. Ayniqsa bu tarmoqni qasddan shikastlantirish uchun xarakterlidir, bunda bir paytning o‘zida telekommunikatsiya tarmoqlarining etarlicha katta qismi hattoki hamma tizimini ishdan chiqarilishi mumkin. Ayrim aloqalar tasodifiy raddiyalar yoki xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning xatoliklari bo‘yicha ishlashining buzilishi odatda qisqa muddatli bo‘ladi va ular ko‘p xolatlarda tezda bartaraf qilinadi. Aloqalarning ayrim elementlari – uzellar, liniyalar, shikastlanishi natijasida buzilishlari ancha davomli bo‘lishi mumkin. Agar birinchi hollarda buzilishlar minutlar va o‘nlab minutlarda hisoblansa, ikkinchi hollarda buzilishlar soatlab va sutkalab bo‘lishi mumkin, chunki bunda qayta tiklashda katta hajmda ta‘mirlash ishlari bajarilishi zarur bo‘ladi.

Tasodifiy raddiyalar oqibatida aloqada uzilishlar qisqa bo‘lishi sababli ko‘pchilik, xatto muhim aloqalar xam rezervsiz ishlashi mumkin. YAshovchanlik nuqtai nazaridan esa rezervsiz ishlashi mumkin emas, chunki xizmat ko‘rsatilayotgan boshqarish jarayonlari aloqani uzoq muddat davomida yo‘q bo‘lishiga yo‘l qo‘ya olmaydi.

Tasodifiy raddiyalar telekommunikatsiyaning ayrim qurilmalari, liniyalari yoki kanallari uchun xarakterlidir. Bunda telekommunikatsiya uzeliidagi bitta apparatning raddiyasi odatda apparaturaning boshqa komplektlari raddiyasiga, shuningdek bir butun elementning yoki telekommunikatsiya uzelinig to‘liq raddiyasiga olib kelmaydi. Umumiy kommutatorlar va elektr ta‘minot agregatlari bundan mustasnodir. SHuning uchun telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini hisoblashda umumiy qurilmalarga ega bo‘lmagan tarmoqning strukturaviy elementlari raddiyasini o‘zaro bog‘liq emas deb hisoblash mumkin.

Zarba beruvchi faktorlar bir paytning o‘zida uzelnig bir nechta elementlarini va xattoki tizimni ham ishdan chiqarishi mumkin. Masalan, zarbaga telekommunikatsiya uzeli duchor bo‘lsa, faqat uning chiqarilma punktlari va stansiyalari omon qolishlari mumkin. Uzatish tizimi apparaturalari odatda

telekommunikatsiya uzelinig yadrosi tarkibida joylashtirilishi sababli, uzal zarbaga duchor bo'lganida katta ehtimollik bilan unga kiruvchi kabelli telekommunikatsiya liniyalari ham ishdan chiqishi mumkin. Mos holda ushbu uzal amalga oshirayotgan aloqalar ham buzilishi mumkin.

Tarmoq ishonchliligi va yashovchanligini baholash uchun dastlabki ma'lumotlar xatoligi darajasi bir hil emasligini nazarda tutish kerak. Texnika va telekommunikatsiya liniyalarining ekspluatatsion-texnik raddiyalari bo'yicha batafsil statistik materiallar mavjud. Telekommunikatsiyaning yangi vositalari ishonchlilikka sinovdan o'tkaziladi, loyihalashtirilayotganlari esa – hisoblash yo'li bilan baholanadi. Telekommunikatsiya texnikasining ishonchliligi bo'yicha dastlabki ma'lumotlar aniqliligi hozirda ma'lum darajada muammo bo'lib qolmoqda, lekin ishonchlilik bo'yicha erishilgan aniqlik telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanligini tahlil qilish uchun kerak bo'ladigan dastlabki ma'lumotlar aniqligidan so'zsiz yuqoridir.

Odatda ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash usullariga aniqlik bo'yicha yuqori talablar qo'yiladi, shuning uchun ayrim hollarda ular telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanligini baholashda ham qo'llanishi mumkin, lekin bunda hisoblash qiyinligini kamaytirish maqsadida ularni sezilarli darajada soddalashtirish mumkin.

SHuningdek tarmoq qutblari orasida aloqaning raddiyasi mezonlari ham bir xil emas. Agar qutblar juftligi orasida aloqaning ishonchliligini baholashda  $k < n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) berilgan aloqalar mavjud bo'lsa, raddiya hisoblanadi, yashovchanlikni baholashda esa qutblar juftligi orasida aloqaning har qanday turi to'liq mavjud emasligi raddiya mezoni hisoblanadi. SHunday qilib, ishonchlilik va yashovchanlik – jiddiy ravishda turli tushunchalar va mustaqil muammolardir, telekommunikatsiya tarmoqlarini ishlab chiqishda va takomillashtirishda ular o'z echimlarini talab qiladi.

### **3.1. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlari**

Texnikaning ishonchliligi tushunchasining asosi-bu raddiya tushunchasidir, texnikaning o'z funksiyalarini bajarilishini davom ettira olmaslik holatidir. Bu tushuncha nafaqat telekommunikatsiya apparaturasiga tegishli bo'lib qolmasdan, komplekslarga ham, jumladan, telekommunikatsiya liniyalariga (kabelli, radioreleli va boshqalar) ham tegishlidir. Raddiya tushunchasi orqali shuningdek, ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarini ishonchliligini baholash maqsadga muvofiqdir. Bu holda ikki qutbli telekommunikatsiya tarmog'ining raddiyasi deyilganda, uning shunday xolati tushuniladiki, unda tarmoq qutblari orasida o'tkazuvchanlik qobiliyati va aloqa sifati berilgan chegaraviy qiymatdan (talablardan) past bo'ladi. Masalan, ikki qutbli tarmoq  $n$  kanallar bo'yicha faqat telefon aloqasini ta'minlanayotgan bo'lsin. Tarmoqqa talab – nutqning qoniqarli aniqligida  $k < n$  kanallar bo'yicha aloqani ta'minlash. Agar bu tarmoqda aloqalar soni  $k$  –dan kichik yoki unga teng bo'lsa, lekin nutqning aniqligi qoniqarsiz bo'lsa, tarmoq raddiya bergan bo'ladi.

Ikki qutbli tarmoq bir nechta aloqa turlarini (unda bir nechta ikkilamchi tarmoqlar mavjud) ta'minlayotgan xolatlarda, tarmoqning raddiya xolati quyidagi vaziyatda bo'lishi mumkin. Agar qutblar orasida talab qilingan minimal o'tkazuvchanlik qobiliyatiga va sifat bo'yicha o'rnatilgan cheklashga ega bironta aloqa turi saqlanib qolmasa, tarmoq raddiya bergan bo'ladi. Lekin ayrim boshqaruv tizimlari ishlashi uchun u yoki bu turdagi aloqani majburiy mavjudligini talab qiladi, masalan, ma'lumotlar uzatish. Bu vaziyatlarda, bunday majburiy aloqani to'xtashi tarmoq raddiyasiga olib keladi.

Ikki qutbli telekommunikatsiya tizimning birlamchi tarmog'iga kelsak, agar hamma telekommunikatsiya kanallari ishdan chiqsa yoki ishlashga yaroqli kanallar soni boshqarish tizimi ishlash faoliyatini ta'minlash talabidan kam bo'lib qolsa, tarmoq raddiyasi ro'y beradi.

Bu xolatlarni, shuningdek ikki qutbli tarmoq va telekommunikatsiya apparaturasining raddiyasi tushunchalarida umumiylik mavjudligini hisobga olib,

ikki qutbli tarmoq ishonchlilik ko'rsatkichlari sifatida texnik ob'ektlar qayta tiklanishi uchun mavjud ko'rsatkichlarni qo'llash mumkin. Bu ko'rsatkichlardan eng maqsadga muvofiqlari: tayyorlik koeffitsienti  $K_T$ , tarmoqni raddiyaga ishlashi  $T_0$  va uning qayta tiklanish o'rtacha vaqti  $T_{QT}$ , bu ko'rsatkichlar tizim elementlari ishonchliligi ko'rsatkichlarining o'xshash funksiyalaridir va quyidagi munosabat bilan bog'langandir:

$$K_T = \frac{T_0}{T_0 + T_{KT}} \quad (3.1)$$

Amaliyotda ko'p xollarda istalgan vaqt momentida ( $K_T$ ) tizim xolati xarakteritikasi bilan birga, uni ma'lum bir vaqt mobaynida  $t_p$  ishga yaroqliligining baxosini bilish lozim bo'ladi. Bu ayniqsa ikki qutbli signalli tarmoq uchun muhimdir.

Oqimli tarmoqda bu vaqt eng muxim xabarlar oqimini uzatish davri bo'lishi mumkin. Tarmoqni bunday baxolash uchun operativ tayyorlik koeffitsienti tavsiya etiladi:

$$K_{OT} = K_T p(t_p), \quad (3.2)$$

bunda  $p(t_p)$  – tarmoqning istalgan vaqt  $t$  momentida yaroqli bo'lib,  $t = t + t_r$  intervalda ishdan chiqmaslik ehtimolligidir.

Quyidagini ta'kidlash mumkin, (3.2) munosabat  $p(t_p)$  ehtimollik tarmoqning ish boshlash momentiga bog'liq bo'lmagan hollaridagina to'g'ridir. Ikki qutbli tarmoqlarda "tayyorlik koeffitsienti" atamasi o'rniga unga ekvivalent "bog'langanlik ehtimolligi" atamasi keng qo'llaniladi. Bu holda signalli ikki qutbli tarmoqning bog'lanish mezoni uning qutblari orasida kamida bitta bog'lanish yo'lining mavjudligi bo'ladi.

Raddiya tushunchasini xususiy hollarda ko'p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlariga ham qo'llash mumkin. Agar ko'p qutbli tarmoq xamma qutblar bilan aloqani saqlash majburiy shartlarida ishlaydigan tizimga xizmat ko'rsatsa, qutblarning birontasida raddiya qayd etilsa, telekommunikatsiya tarmog'ining

hammasi raddiya bergan bo‘ladi. Bunday ko‘p qutbli tarmoqning ishonchlilik ko‘rsatkichlari sifatida ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlariga tavsiya etilgan ko‘rsatkichlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Raddiya tushunchasi qo‘llanishi mumkin bo‘lgan ko‘p qutbli tarmoqning boshqa misoliga, markazlashtirilgan boshqarish tizimli telekommunikatsiya tarmog‘ini ko‘rsatish mumkin. Uning raddiya holatlari: bosh boshqarish punktining telekommunikatsiya uzeli ishdan chiqishi (hamma boshqa qutblar bilan aloqalar to‘xtadi); hamma bo‘ysinuvchi boshqaruv punktlarining telekommunikatsiya uzellari ishdan chiqishi; tizim hamma boshqaruv punktlarining telekommunikatsiya uzellari ishdan chiqishi; avvalgi vaziyatlarda telekommunikatsiya uzellari ishga yaroqli, lekin liniyalar yoki kanallar raddiyalari sababli aloqalar mavjud emasligi. Bunday ko‘p qutbli tarmoqda uning ikkita holati aniq qaydlanadi: ishlaydi, ishlamaydi, - shuning uchun uning ishonchliligi ikki qutbli tarmoq ko‘rsatkichlari bo‘yicha baholanadi.

Umumiy xolda ko‘p qutbli tarmoqqa nisbatan raddiya tushunchasi amaliy ma’noga ega emas, chunki bir paytning o‘zida uning hamma qutblari orasida aloqalarning ishdan chiqish ehtimolligi odatda juda kam, bir nechta qutblar orasida aloqaning buzilishida tizim o‘z funksiyalarini, to‘liq bo‘lmasada, bajaradi. Lekin, bu xolatlar ko‘p qutbli tarmoqlar ishonchlilik xususiyatlarga ega emasligini bildirmaydi. Bunday xususiyatlar elementlarga mansub ekan. Demak, bu xususiyat tarmoqda ham bir butun sifatida mavjuddir. Ko‘p qutbli tarmoqlar ishonchlilik tushunchasini konkretlashtirish va uning sonli ko‘rsatkichlarini aniqlash bir necha marta murakkablashadi.

Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining *ishonchliligi* deyilganda liniyalar (kanallar), uzal apparaturalari va boshqarish sifatining chekli ishonchliligi bo‘yicha bog‘langan, ekspluatatsiyaning berilgan shartlarida o‘rnatilgan hajmda ko‘zda tutilgan funksiyalarni bajarish qobiliyatini aniqlovchi tarmoqning xususiyatini tushunamiz.



“O‘rnatilgan hajmda” tushunchasi tarmoqni loyihalashtirishda yoki uni ekspluatatsiyalash jarayonida konkretlashtiriladi. Agar signalli ko‘p qutbli tarmoqda hamma qutblar orasidagi aloqalar ishonchlilik bo‘yicha bir xil baholi bo‘lsa, mazkur tizim bajaradigan funksiyalarning o‘rnatilgan hajmi qiziqtirayotgan davr istalgan momentida bog‘lanishni saqlagan qutblar juftligi o‘rta ulushi yoki ulushinig matematik kutilmasi sifatida ifodalanishi mumkin. Bu signalli tizimning ishonchlilik ko‘rsatkichi bo‘ladi. SHu bilan birga saqlanayotgan aloqalarning talab qilingan ulushi o‘rtadan yuqoriroq o‘rnatilishi mumkin. Bu holda ko‘p qutbli tarmoqning ishonchlilik ko‘rsatkichi bog‘langan qutblar juftliklarining ulushi ( $d_{B,Q}$ ) talab etilgandan  $d_T$  kam bo‘lmaslik ehtimolligi  $r$  bo‘ladi, ya’ni:

$$H_{kqt} = r(d_{B,Q} \geq d_t) \quad (3.3)$$

Oqimli ko‘p qutbli tarmoqning ishonchliligi unda saqlanib qolgan o‘tkazuvchanlik qobiliyatining o‘rtacha (ko‘rilayotgan davrda) ulushi yoki bu ulush talab qilingandan kam emaslik ehtimolligi bo‘yicha baholanishi mumkin.

SHu bilan birga tarmoqni ishonchliligini yuqorida keltirilgan ko‘rsatkichlar yordamida qutblar orasida bog‘lanishlarni differentsiatsiya qilmasdan baholash noaniqlik keltirib chiqaradi. Masalan, agar ikkita ko‘p qutbli tarmoqlarda saqlanib qolgan aloqalar soni bir xil bo‘lsa, lekin bittasida o‘ta muhim aloqalar, ikkinchisida esa uncha muxim bo‘lmagan aloqalar barqaror ishlab tursa, u xolda ularni ishonchlilik bo‘yicha aniq taqqoslash mumkin bo‘lmaydi.

Bunday noaniqlikni bartaraf etish uchun qutblar bilan aloqani muhimlik darajasi bo‘yicha (xizmat ko‘rsatilayotgan boshqarish punktlarining muhimligiga mos holda) ikkita-uchta guruhlariga ajratish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Har bir guruhning solishtirma og‘irligi (muhimligi)  $g_i$  ekspertlash usulida o‘rnatiladi va tarmoq buyurtmachisi bilan kelishiladi. Normalovchi shart quyidagicha ifodalanadi:

$$\sum_{i=1}^m g_i = 1 \quad (3.4)$$

bunda  $m$  – aloqalar guruxining soni.

Bu xolda saqlanib qolgan aloqalar (qutblar) ulushi har bir guruh bo‘yicha  $d_i$  hisoblanadi, ularni ko‘p qutbli tarmoq bo‘yicha o‘rta o‘lchangan ulushi:

$$D_{B,K}^0 = \sum_{i=1}^m d_i g_i \quad (3.5)$$

Masalan, ko‘p qutbli tarmoq bitta variantida hamma aloqalar ikkita guruxga ajratilgan, ularning muhimlik darajasi:  $g_1 = 0,7$ ;  $g_2 = 0,3$ . Birinchi guruxda buzilishsiz ishlab turgan aloqalar ulushi  $d_1^1 = 0,4$ , ikkinchi guruxda esa –  $d_2^1 = 0,8$  bo‘lsin. Ko‘p qutbli tarmoq ikkinchi variantida saqlanib qolgan aloqalar ulushi mos xolda:  $d_1^2 = 0,8$ ,  $d_2^2 = 0,4$ . Guruxlarning muhimlik darajalari birinchi variantdagiday bo‘lsin. Bu holda birinchi ko‘p qutbli tarmoqda mavjud aloqalarning o‘rta o‘lchangan ulushi  $D_1 = (0,4 \cdot 0,7 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,52$ , ikkinchisida esa –  $D_2 = 0,8 \cdot 0,7 + 0,4 \cdot 0,3 = 0,68$ , bundan ko‘p qutbli tarmoqning ikkinchi variantiga ustunlik berish kerak degan xulosa chiqadi.

Bundan tashqari, ko‘p qutbli tarmoqning ishonchliligi, ishonchlilik matritsasi orqali tavsiflanishi mumkin, matritsa elementlari tarmoq hamma axborot yo‘nalishlarida bog‘lanish ishonchliligining ko‘rsatkichlaridir. Agar quyidagi matritsa berilsa,

$$\|H_{KKT}\| = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0,99 & 0,9 & 0,95 & 0,999 \\ & 1 & 0,95 & 0,92 & 0,99 \\ & & 1 & 0,96 & 0,95 \\ & & & 1 & 0,98 \\ & & & & 1 \end{pmatrix} \end{matrix},$$

bu, ko‘p qutbli tarmoq birinchi va ikkinchi qutblari orasida aloqaning ishonchliligi tayyorlik koeffitsienti bo‘yicha 0,99ga, birinchi va uchinchi qutblari orasida – 0,9 ga teng ekanligini ko‘rsatadi va xakozo. Ko‘p qutbli tarmoq

ishonchliligini matritsa shaklida baholashning asosiy kamchiligi, matritsa bo'yicha ikkita ko'p qutbli tarmoqlarning ishonchliligini taqqoslash qiyinligidir.

Ko'p qutbli tarmoqni, odatda, o'zaro bog'lanmagan qismlarga ajratish mumkin emasligi hisobga olinadi, har bir ishonchlik matritsasi elementlar qiymatlari o'zaro ko'p va kamroq darajada korrelyasiyalik bo'ladi. SHu bilan birga, korrelyasiya darajasi – ko'p qutbli tarmoq ishonchliligining muhim ko'rsatkichidir. Misol sifatida, bitta ko'p qutbli tarmoqning hamma beshta ikki qutbli tarmoqlari o'zaro bog'liq emas va ularning tayyorlik koeffitsienti bir xil va 0,9 ga teng. Ikkinchi besh qutbli tarmoqning hamma ikki qutbli tarmoqlari umumiy elementga ega  $(K_g)=0,95$ . Ikkala tizimning ishonchlik matritsasi elementlari bir xil (0,9). Lekin, ikkinchi tarmoqda umumiy elementning mavjudligi uning ishonchliligini pasaytiradi. Bu element tarmoqning bo'sh bo'g'ini bo'lib, uning raddiyasi hamma aloqalarning buzilishiga olib keladi.

Matritsa shaklining belgilangan xususiyatlarini ko'p qutbli tarmoq ishonchliligini baholash uchun undan foydalanishda eslab turish lozim. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchligining yuqorida ko'rilgan sonli ko'rsatkichlari bilan birga bir qator sifat ko'rsatkichlari bilan ham tavsiflanishi mumkin, masalan uning asosiy elementlarini rezervlash darajasi, qutblar orasida o'zaro bog'lanmagan aloqa yo'llari soni va boshqalar.

SHunday qilib, ko'p qutbli tarmoq ishonchliligi tushunchasi va uning ko'rsatkichlari, shuningdek, ularni hisoblash usullari, ikki qutbli tarmoqnikiga va apparaturanikiga qaraganda ancha murakkabdir. Lekin, bundan, telekommunikatsiya tarmoqlarini loyihalash va ekspluatatsiyalashda ularni inkor etish va hisobga olmaslik kerak, degan xulosa chiqmaydi. Bu asoslanmagan va nooptimal qarorlarni qabul qilishga olib keladi.

### **3.2. Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik**

#### **ko'rsatkichlari**

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik, yashovchanlik va xalaqitbardoshlik ko'rsatkichlari tarmoq barqarorligining argumentlaridir, ularning hammasi bir xil turli yoki juda bo'lmaganda o'xshash bo'lishiga intilish tabiiy xoldir. Ayrim xollarda bu talab bajariladi. Agar zarba faktorlari ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishlashini nisbatan qisqa muddatga buzsa, uning yashovchanligini baholash uchun tarmoq ishonchliligining ko'rsatkichlariga o'xshash shakllardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi, ya'ni tayyorlik koeffitsienti, tarmoqni raddiyaga ishlashi va uning qayta tiklanish o'rtacha vaqti.

YAshovchanlik ko'rsatkichlarini ishonchlilik ko'rsatkichlaridan farqlash uchun mos simvollarga "YA" va "I" xarflar qo'yiladi. Masalan,  $K_{TYA}$  – yashovchanlik faktori bo'yicha ikki qutbli tarmoqning tayyorlik koeffitsienti;  $K_{TIN}$  – ishonchlilik faktori bo'yicha o'xshash ko'rsatkich.

Telekommunikatsiya tarmoqlariga ta'sirlarni ishonchlilikka o'xshash xolda baxolanishi mumkin bo'lgan faktorlarga quyidagilar misol bo'ladi: chaqmoqlar, dushmanning turli ob'ektlarga epizodik zarbalaridan ularga yaqin joylashgan telekommunikatsiya liniyalari va uzellarining shikastlanishi va boshqalar.

Bunday vaziyatlarda ko'p qutbli telekommunikatsiya tarmog'ining yashovchanligi ishonchlilikka o'xshash xolda baholanishi mumkin, masalan, istalgan vaqt momentida saqlanib qolgan o'rta o'lchangan ulush yoki elementlari tarmoq qutblari orasida telekommunikatsiya yashovchanlik ko'rsatkichlari bo'lgan, yashovchanlik matritsasi bo'yicha baxolanishi mumkin.

***Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlar.*** Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari lokal faktorlar, ko'chkilar, er silkinishi, sel, toshqin va boshqalar ta'siri natijasida ishdan chiqishi mumkin. YAshovchanlikni ta'minlash bo'yicha zaruriy choralar ko'rilgandan so'ng bunday xodisalar etarlicha kam bo'lishi mumkin, lekin bunda aloqani ta'minlash odatda ko'p vaqt talab qiladi.

Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash jarayoni yaroqli ishlash davri va aloqada uzilishlar (qayta tiklanish) ketma-ketligidan iborat bo'ladi, bunda uzoq vaqt mobaynida faqat bitta mos ta'sir faktori ro'y berishi mumkin. Bunday jarayonni tayyorlik koeffitsienti (bog'langanlik ehtimolligi) orqali tavsiflash mumkin emas. Xizmat ko'rsatilayotgan boshqarish tizimi (foydalanuvchi) uchun u yoki bu ta'sir faktori yoki ular to'plamining zarbasi oqibatida mazkur aloqaga nima bo'lishi tasavvuriga ega bo'lish muhimdir. Bunday tasavvurni ikki qutbli tarmoqqa ta'sirlar (zarbalar) faktori oqibatidagi yashab qolish ehtimolligi  $R_v$ , shuningdek, aloqani tiklanish oldindan aytiladigan davomlilik  $T_v$  yordamida ega bo'lish mumkin.

***Ko'p qutbli tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlari.*** Ko'p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari, umumiy holda faraz qilingan shikastlovchi faktorlar ta'siri natijasida butunlay ishdan chiqmaydi. Ko'p qutbli tarmoqlar yashovchanligini baholash uchun ikkilik tizim ko'rsatkichlaridan foydalanish mumkin emas. SHu bilan birga, ishonchlilikka o'xshashligi bo'yicha tarmoq yashovchanligining qoniqarli ko'rsatkichlari mos faktorlar ta'siri sharoitlarida berilgan davr mobaynida bog'lanishlarni saqlab qolgan, qutblar juftligining o'rtacha ulushi yoki matematik kutilmasi bo'ladi.

Agar telekommunikatsiya tarmoqlaridagi o'zaro intiluvchi hamma qutblar juftligi orasida yashovchanlik tahminan bir xil bo'lsa, u holda uni bitta qutblar juftligi orasidagi yashab (saqlanib) qolish ehtimolligining o'rtacha qiymati orqali tavsiflash mumkin. Son jihatdan bu o'rtacha qiymat berilgan ko'p qutbli tarmoqlarda saqlanib qolgan qutblar juftligining o'rtacha ulushiga teng bo'ladi.

Tarmoq qutblari orasida aloqaning o'ta farqli yashovchanligida har bir ikki uch guruh bo'yicha saqlanib qolgan aloqalarning o'rtacha ulushi hisoblanadi. Aloqalar bir xil yashovchanlik belgisi  $di$  bo'yicha guruxlanishi mumkin.

YAshovchanlik bo'yicha tarmoq variantlarini taqqoslash zarurati vaziyatida saqlanib qolgan aloqalarning o'rtacha o'lchagan ulushi  $D_{v.c.}$  aniqlanadi.

Buyurtmachining loyihalashtirilayotgan tarmoq yashovchanligi bo'yicha talablari saqlanib qolgan aloqalar o'rtacha ulushi orqali quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$D_{\text{ЯШ.К}} \geq D_{\text{ЯШ.К.Т}} \quad D_{\text{ЯШ.К}} \geq D_{\text{ЯШ.К.Т}} \quad (3.6)$$

Talabning boshqacha shakli tarmoqda saqlanib qolgan aloqalar ulushi berilgandan kam bo'lmaslik ehtimolligidir, ya'ni:

$$P\left(D_{B.C}^0 \geq D_{B.C.3}^0\right) \geq p_3. \quad (3.7)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanligi, uning ishonchliligiga o'xshash xolda sifat ko'rsatkichlari orqali ham tavsiflanishi mumkin. Bunday ko'rsatkichlarga quyidagilar misol bo'ladi: har bir qutblar juftligi orasida fazoviy-tarqalgan telekommunikatsiya traktlarining o'rtacha soni, har bir qutblar juftligi orasida qo'llaniladigan turli jinsli telekommunikatsiya liniyalari soni, kabel magistrallarini chaqmoq razryadlaridan himoya qilish darajasi va boshqalar.

#### Nazorat savollari

1. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi nima?
2. Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanligi nima?
3. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
4. Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
5. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligi farqlari nimada?

6. Telekommunikatsiya tarmoqlarining raddiyasi tushunchasiga izoh bering.
7. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining raddiyasi nima?
8. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tayyorlik koeffitsienti nima?
9. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini baholashda operativ tayyorlik koeffitsienti rolini tushuntiring.
10. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini baholashda “bog‘langanlik ehtimolligi” atamasi qachon ishlatiladi?
11. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining raddiyasini tushuntiring.
12. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining ishonchlilik ko‘rsatkichi qanday aniqlanadi?
13. Telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanlik ko‘rsatkichlarini aniqlash xususiyatlarini tushuntiring.
14. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko‘rsatkichlari qanday aniqlanadi?
15. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko‘rsatkichlari qanday aniqlanadi?

## **4. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING ISHONCHLILIK KO'RSATKICHLARINI HISOBLASH USULLARI**

### **4.1. Ishonchlilikni hisoblash usullarining klassifikatsiyasi**

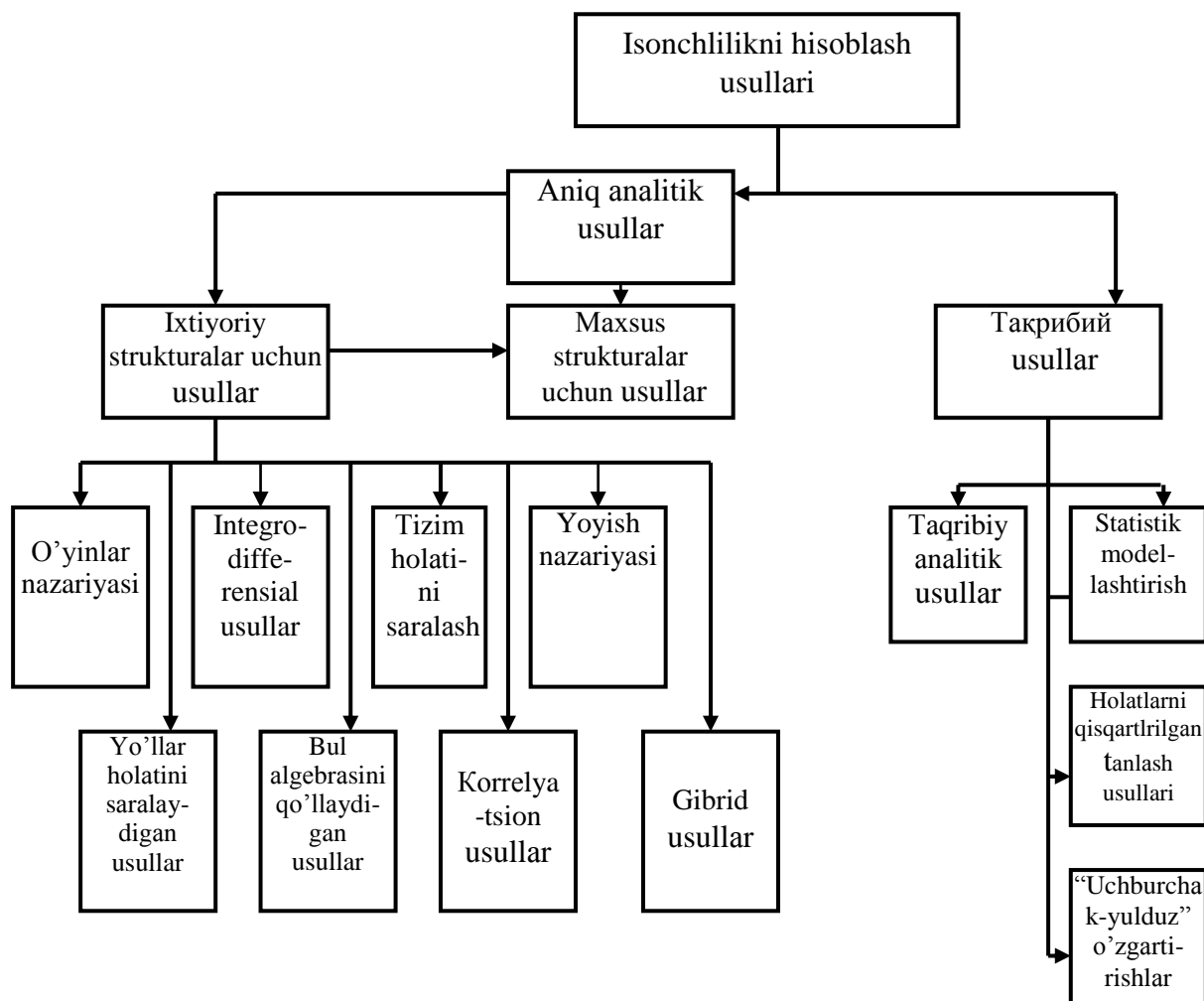
Har qanday murakkab tizim singari telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik va yashovchanlik ko'rsatkichlarining hisoblash usullarining to'plami ikkita mustaqil quyi tizimlarga bo'linadi: aniq va taqribiy usullar. U yoki bu usulning amaliyotda qo'llanilishi masalaning qo'yilishi, mavjud hisoblash texnikasi parki imkoniyati, dastlabki ehtimolliklarning  $P(\varepsilon_i)$  aniqlik darajasi, elementlar yaroqliligi hamda baholanayotgan telekommunikatsiya tarmog'ining o'lchamlari bilan belgilanadi. Istalgan usulning afzalliklari va kamchiliklari har bir konkret vaziyatda ko'riladi. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik va yashovchanlik ko'rsatkichlarini hisoblash usullarining umumiy sxemasi 4.1-rasmda keltirilgan. Ba'zi bir aniq (analitik) usullar faqat telekommunikatsiya tarmoqlarining berilgan konkret konfiguratsiyasi uchun ishlab chiqilgan. 4.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, analitik usullarning to'plami sakkizta quyi to'plamdan iborat bo'lib, bir-biridan ishlatiladigan matematik apparat bilan farq qiladi.

Analitik hisoblash usullarining katta soni telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligi va yashovchanligini hisoblash resurslarini amalda maqbul sarflash orqali biron – bir xatosiz hisoblashga urinishlarni xarakterlaydi.

Yangi analitik usulni ishlab chiqishda natijalarni olish uchun hisoblash hajmini kamaytirish asosiy maqsad qilib qo'yiladi. Baholanayotgan telekommunikatsiya tarmoqlarining juda katta o'lchamlari aniq usullar imkoniyatlarini chegaralaydi, chunki biron chegaradan boshlab, hisoblash resurslar sarflari istalgan usulda taxminan eksponensial tarzda o'sadi. SHunga qaramay, hisoblash resurslari xarajatlarining eksponensial o'sib borishi boshlanadigan chegara har usulda o'ziga xos ravishda bo'ladi. Aniq usullar imkoniyatlarining ortishi bilan hisoblash metodikasi ham murakkablashadi, demak, algoritmlar ham murakkablashadi. Bu



dasturlarni uzayishiga, sozlash vaqtining ortishiga va ularning ishlash ishonchliligining pasayishiga olib keladi.



4.1-rasm. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash usullari

Istalgan aniq usullar baholanayotgan tarmoqning etarli darajadagi katta o'lchamlarida maqbul bo'lmaydi (o'lchamlar mumkin bo'lgan yo'llar soni, ikki qutbli tarmoq elementlari soni yoki ularning yig'indisi bilan baholanadi), shuning uchun ko'p hollarda ishonchlilik va yashovchanlikni baholash taqribiy usullarda amalga oshiriladi.

Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligi va yashovchanligini baholashda integro-differensial tenglamalar va o'yinlar nazariyasini qo'llaydigan usullar ularning murakkabligi tufayli umuman amalda ishlatilmaydi.

Taqribiy usullar ham ikkita quyi to'plamga bo'linadi: taqribiy analitik usullar va statistik modellashtirish usullari. Taqribiy usullardan istalganini qo'llash albatta baholashda ayrim xatoliklarga olib keladi.

Ko'pchilik taqribiy analitik usullardan foydalanilganda xatolik oldindan beriladi. "Uchburchak – yulduz" turidagi o'zgartirishlarga asoslangan usullar bundan istisno. Ayrim analitik usullardan birida ko'rsatkichlar qiymatlarining yuqori va quyi taxminiy chegaralari baholanadi, ular bo'yicha baholashni o'rtalashtirish mumkin. Bunday usullar ko'p sonli bo'lmagan ikki qutbli tarmoqlar uchun qo'lda hisoblashda qo'llanilishi mumkin. Ular ayrimlarining kamchiligi nafaqat xatolik qiymatini, xatto uning ishorasini ham aniqlashning qiyinchiligidadir.

Xatolik statistik modellashtirish usullari ishlatilganda ham beriladi, bu usullar asosida tizim holatlarini tanlash yotadi. U holda ham, bu holda ham xatolik xodisalarining yuz berishining yig'indi ehtimolligi bilan aniqlanadi, ular berilgan dastlabki ma'lumotlarda amalda ro'y bermaydi deb hisoblanadi. Masalan,  $N$  elementdan iborat telekommunikatsiya tarmoqlari uchun, unda raddiya bergan elementlarning tasodifiy soni normal taqsimlangan o'rta qiymati  $\bar{m}=0,01N$  va o'rta kvadratik chetlanishi  $\sigma=0,01N$ , amalda bajarilmaydigan hodisa deb olinsa, unda tizimda bir vaqtning o'zida raddiya holatida  $K \geq 0,003N$  elementlar bo'ladi.

Statistik modellashtirish usullari ishlatilganda, hisoblashlar xatoligi tizim elementlari raddiyalarining tasodifiy jarayonining realizatsiyalari soni bilan aniqlanadi.

Taqribiy usullardan foydalanilganda, muhim qoida bajarilishi kerak: dastlabki ma'lumotlar xatoligi, hisoblash usulining xatoligidan ko'p bo'lishi kerak emas.

Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash, amaliyotda ko'proq uchraydigan ayrim usullarini batafsil ko'rib chiqamiz.

## 4.2. Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash usuli

Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari  $G\{A,B\}$  holatini to‘g‘ridan – to‘g‘ri saralash usullari bo‘yicha ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblash, uning elementlari raddiyasining yuzaga kelishi bir-biriga bog‘liq bo‘lmasligi, hamda har bir elementda ikkita bir-birini o‘zaro istisno etuvchi holatlar bo‘lishini nazarda tutadi (soz yoki to‘la nosoz).

Telekommunikatsiya tarmoqlarining  $i$  elementlari raddiya holatida bo‘lish ehtimolligi Bernulli formulasi bo‘yicha aniqlanadi.

$$P'(N,i) = C_N^i p(\vartheta)^{N-i} [1 - p(\vartheta)]^i \quad (4.1)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ( $i = 0,1,\dots,N$ )  $i$  elementlar to‘plamidan biron-bir quyi to‘plam raddiyasi turli oqibatlarga olib kelishi mumkin: ba’zi hollarda ikki qutbli (IQ) tarmoq bog‘langan bo‘lib qoladi, boshqa hollarda esa – bog‘langanlik buziladi. Telekommunikatsiya tarmoqlari  $i$  elementlari raddiyasining IQ tarmoq holatiga ta’sirini aniqlash uchun, ishdan chiqqan  $i$  elementlarning mumkin bo‘lgan quyi to‘plamlarini,  $K = 1,\dots,J_i$  sonlar bilan raqamlab chiqamiz va  $a_k$  koeffitsientini kiritamiz. Bu erda  $J_1 = C_N^i$ ,  $a_k = 0$  bo‘ladi, agar  $i$  elementlar  $k$  –nchi quyi to‘plamda ishdan chiqqanda bo‘lsa, IQ tarmoqda bog‘langanlik buziladi, aks xolda  $a_k = 1$  bo‘ladi. (4.1) formula quyidagi ko‘rinishga o‘zgartiriladi:

$$P(N,i) = \sum_{k=1}^{J_i} a_k p(\vartheta)^{N-i} [1 - p(\vartheta)]^i \quad (4.2)$$

Ravshanki,  $P\{N,i\} \geq P'(N,i)$  bo‘ladi.  $i$  ga  $0,1,\dots,N$  qiymatlar berib  $P(N,i)$  ni (4.2) bo‘yicha hisoblab va ularni bir-biri bilan qo‘shsak, quyidagini hosil qilamiz:

$$p(E) = \sum_{i=0}^N P(N,i) \quad (4.3)$$

Real tizimlarda mavjud turli  $P(\vartheta_i)$  larda (4.2) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$P(N, i) = \sum_{k=1}^{J_i} a_k \prod_{\substack{N-i \\ \exists_v \notin \exists_{ok}}} p(\exists_v) \prod_{\substack{i \\ \exists_j \in \exists_{ok}}} [1 - p(\exists_j)] \quad (4.4)$$

bu erda  $\exists_{ok}$  - telekommunikatsiya tarmoqlarining raddiyali elementlar to'plami.

Ixtiyoriy tanlangan IQ tarmoq M yo'llar to'plami bilan aks ettirilgan deb faraz qilaylik.  $P(E)$  ni (4.2) va (4.3) yoki (4.4) formulalar bilan hisoblash algoritmi  $2^N$  qadamdan iborat bo'ladi. Holatlarni to'g'ridan-to'g'ri tanlash usulida  $P(E)$  hisoblash algoritmlarining bir necha varianti mavjud, eng oddiy algoritmnning  $k$  qadami quyidagicha aniqlanadi:

- uzunligi  $N$  razryadli  $k$ -nchi ikkilik son shakllantiriladi;
- ikkilik soni har bir razryadining "1" qiymati soz, "0"- esa elementning nosoz holatiga mos keladi (ikkilik son  $0 \leq i \leq N$  nollar va  $N - i$  birlarni o'z ichiga oladi);
- $j$ - nchi IQ tarmoq uchun  $a_{ki}$  qiymati aniqlanadi. ( $j = 1 \dots N_n$ ).  $a_{kj} = 1$  bo'lganda masala shartiga bog'liq holda (4.2) yoki (4.4) bo'yicha  $P(N, i)$  aniqlanadi va (4.3)ga binoan quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$p(E_j)_k = p(E_j)_{k-1} + P(N, i)_k \quad (4.5)$$

bu erda  $j$  indeksi IQ tarmoq raqamini,  $k$  esa qadam raqamini bildiradi.

SHundan so'ng keyingi IQ tarmoq tahliliga o'tish amalga oshiriladi.  $a_{kj} = 0$  bo'lganda navbatdagi IQ tarmoq tahliliga darhol o'tiladi.

$a_{kj}$  aniqlash IQ tarmoqda hech bo'lmasa bitta soz yo'l mavjud bo'lganda amalga oshiriladi. Bu holda  $a_{kj} = 1$ . Agar  $j = N_n$  bo'lsa, algoritmnning boshlanishiga qaytiladi. Algoritm  $k=2^N$  va  $j=N_w$  bo'lganda tugaydi.

Ba'zida to'g'ridan-to'g'ri saralash usulini qo'llash sohasini kengaytiruvchi modifikatsiyalangan algoritm ishlatiladi. Uning avvalgidan farqi, KQ (ko'p qutbli) tarmoq hamma elementlari holatini saralash tashkil etilmasdan, faqat har bir IQ tarmoq uchun alohida amalga oshiriladi. Bunda  $P(E_j)$  ning har bir qiymati navbatma-navbat  $2^N j$  qadamda hisoblanadi  $j = \overline{1; N}$ .  $P(E_j)$  ni hisoblash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

- yo‘llarning  $M_j$  to‘plami shakllantiriladi;
- IQ tarmoqning  $D_j$  elementlari uning holatlarini tanlashni tashkil etishni soddalashtirish uchun qayta raqamlanadi (IQ tarmoq elementlariga boshlang‘ich raqamlar o‘rniga 1, 2, 3, ...,  $N_j$  raqamlar beriladi);
- $k$ - nchi ikkilik son shakllantiriladi  $k=1, \dots, 2^N i$ ;
- $a_{kj}$  aniqlanadi va (4.5) formula bo‘yicha hisoblash amalga oshiriladi;

Modifikatsiyalangan algoritmnining afzalliklari birinchisiga nisbatan tarmoq elementlarining soni keskin ortganda namoyon bo‘ladi. Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash usuli bilan  $P(E)$  hisoblash modulining asosiy qismini ikkilik sonlarni shakllantirish quyi dasturi tashkil etadi.

### **4.3. Telekommunikatsiya tarmoqlari yo‘llari holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash usuli**

To‘g‘ridan – to‘g‘ri saralash prinsipini qo‘llaydigan ikkinchi guruh usullarini IQ tarmoq yo‘llari holatini tanlaydigan usullar tashkil etadi. Ikki qutbli tarmoq  $M$  yo‘llar to‘plami bilan aks ettiriladi va ulardan hech bo‘lmasa bittasining sozlik ehtimolligini hisoblash masalasi qo‘yiladi. Agar IQ tarmoqning barcha yo‘llari o‘zaro strukturaviy bir-biriga bog‘liq bo‘lmasa, unda:

$$p(E) = 1 - \prod_{i=1}^h [1 - p(\ell_i)] \quad (4.6)$$

IQ tarmoq yo‘llari ko‘p holatlarda bir-biri bilan korrelyasiyalangan, shuning uchun (4.6) -  $P(E)$  ning yuqoridan baholashdir. Yo‘llarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tanlash usullarining mohiyati (4.6)ni, quyidagi ko‘rinishga keltirishdan iboratdir:

$$p(E) = \sum_{i=1}^{j_1} p(\ell_i) - \sum_{i < v}^{j_2} p(\ell_i, \ell_v) + \dots + (-1)^{h-1} p\left(\bigwedge_{i=1}^N \ell_i\right) \quad (4.7)$$

Ohirgi formula bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan birgalikda keladigan hodisalar ehtimolliklarining yig‘indisidir. Bu erda  $J_n = C^n h$ ,  $n=1, \dots, h$ .

Hisoblashlar algoritmini ixcham ko‘rinishda yozish uchun (4.7)ni o‘zgartiramiz.  $I_n = \{I_{nk}\}$ , deb belgilaymiz, bu erda  $I_{pk}$   $h$  dan  $p$  bo‘yicha,  $p=1, \dots, J_n$ , birikmalarning umumiy sonidagi  $k$  –nchi kombinatsiyani o‘z ichiga oladi,  $P(E_n)$  - esa yo‘llarning hech bo‘lmasa  $I_{nk}$  bitta quyi to‘plamining sozlik ehtimolligidir, u quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$p(E_n) = \sum_{k=1}^{J_n} p(I_{nk}), n=1, \dots, h \quad (4.8)$$

Unda (4.7) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$p(E) = \sum_{n=1}^h (-1)^{n-1} p(E^n) \quad (4.9)$$

$r(I_{pk})$  ni hisoblashda yo‘llar holatining korrelyasiyasini istisno qilishning ikki yondashuvi ma’lum. Ikkala yondashuv (4.10)dagi qo‘shiluvchilarning istalgan ko‘paytmasi darajasi birdan katta bo‘lmaslik sharti bajarilishini ta’minlaydi. Birinchi yondashuv (4.10) bo‘sh yo‘llar sozligining shartli ehtimolliklarini hisoblashga asoslangan. Quyidagini yozamiz  $p(I_{nk}) = p(\ell_i) p(\ell_v | \ell_i) \dots p(\ell_i | \ell_v \dots)$ . Bu ifoda  $p$  ta ko‘paytuvchilarga ega. SHartli ehtimolliklar:

$$p(\ell_j | \ell_i \ell_v \dots) = \frac{p(\ell_j)}{\prod_{\exists k \in \varepsilon} p(\exists_k)}, \quad (4.10)$$

bu erda  $\varepsilon$  -  $\mu_j$  yo‘l va  $\mu_v, \dots$ , yo‘llar uchun umumiy bo‘lgan IQ tarmoq elementlarining to‘plami:

$$p(\ell_j) = \prod_{\exists k \in \mu_j}^{r(\mu_j)} p(\exists_k) \quad (4.11)$$

Ikkinchi yondashuvda Bul o‘zgaruvchilarining mantiqiy qo‘shish xossasidan foydalaniladi:  $a + a + a + \dots = a$ . U holda:

$$p(I_{nk}) = \prod_{\exists i \in \delta} p(\exists_i) \quad (4.12)$$

bu erda  $\delta$  - yo‘llarning elementlarining  $\mu_v \in I_{nk}$  birlashmasidir. Ko‘rsatilgan xossa  $\delta$  to‘plamni shakllantirishda ishlatiladi.

Bul algebrasining o'zgartirishlarini qo'llash, shartli ehtimolliklarni hisoblashga nisbatan ancha tejamlidir. Bul algebrasining o'zgartirishlarini qo'llab, yo'llar holatini to'g'ridan-to'g'ri saralash usuli bilan  $r\{E\}$ ni hisoblash algoritmi  $2^h$  qadamdan iborat bo'ladi.

Yo'llar elementlari  $\mu_v \in I_{nk}$   $\delta$  to'plamiga kiritiladi, va (4.11) bo'yicha (3.128) ga binoan  $p(I_{nk})$  hisoblanadi.  $2^h$  qadam bajarilgandan so'ng (4.12) bo'yicha  $r(E)$  hisoblanadi.

#### 4.4 Ajratish teoremasidan foydalanib ishonchlilik ko'rsatkichlarini aniqlash

Ajratish teoremasi asosida murakkab tizimlarning, jumladan telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini hisoblash bir qator usullari ishlab chiqilgan. Bu usul quyidagicha o'qiladi:  $N$  ta ishonchsiz elementlardan tashkil topgan tizimning ishonchlilik funksiyasi  $r(E)$ ,  $i$ -nchi elementning yaroqlilik holati ehtimolligini,  $i$ -nchi element qisqa tutashtirilgan sharoitda  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko'paytmasiga, plus  $i$ -nchi element raddiyasi ehtimolligini,  $i$ -nchi element uzilgan sharoitda,  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko'paytmasiga teng.

SHubhasiz, o'zgartirilgan  $N-1$  elementli tizimga yana ajratish teoremasini qo'llash mumkin, shuningdek  $N-2$  elementli tizimga ham qo'llash mumkin va hokozo. Bunda to'liq ehtimollik formulasi xosil bo'ladi:

$$p(E) = \sum_{i=0}^{N''} P(N'', i) p(E') \quad (4.13)$$

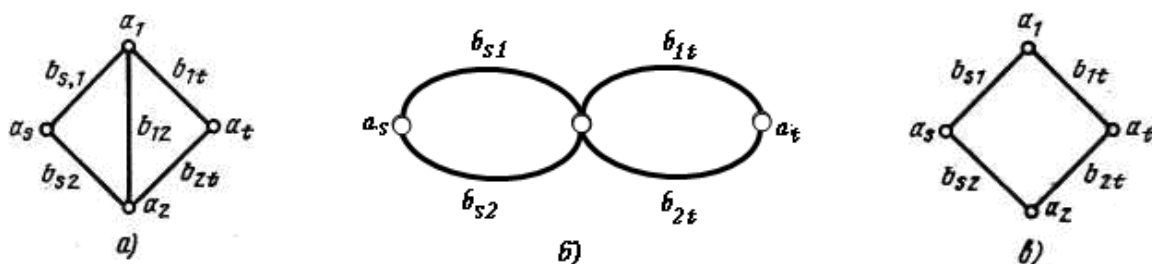
Bu formulada  $N''$  – ketma-ket – parallel ulanishli formula bo'yicha ( $N'' < N$ ) hisoblashga imkon bermaydigan, IQ tarmoq elementlarining soni;

$P(N'', i)$  – bir paytda  $i = 0, \dots, N''$  elementlar raddiyasi va  $N''-i$  elementlarning yaroqliligida  $N''$  elementlar to'plamining ehtimollik holati;  $r(E')$  –  $N''-i$  elementlarni uzish va qisqa tutashtirishda ketma-ket – parallel ulanishli formula

bo'yicha aniqlanadigan, IQ tarmoqda bog'langanlikning saqlanish shartli ehtimolligidir.

Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash uchun ajratish teoremasidan foydalanishga namunaviy misol 4.2-rasmda keltirilgan. Berilgan graf uning cho'qqilarini qirralar bilan va qirralarini cho'qqilar bilan almashtirish yo'li bilan ekvivalent grafga o'zgartirilishi mumkin bo'lganligi sababli, absolyut ishonchli qirralar va ishonchsiz cho'qqilardan iborat telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini baholash uchun yoyish teoremasidan foydalanish mumkin.

(4.1) dagi ehtimollik  $P(N'', i)$  bir xil va turlicha  $r(e)$  ehtimollik holatlari uchun o'xshash formulalar bo'yicha aniqlanadi. Elementlar turli to'plamlarining raddiyasi (uzilish)  $i$  va yaroqliligi (qisqa tutashtirilgan)  $N''-i$ , odatda, turli oqibatlarga olib keladi, shuning uchun ehtimollik  $0 \leq p(E') \leq 1$  bo'ladi.



4.2 –rasm. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini xisoblash uchun ajratish teoremasidan foydalanishga misol

a) berilgan struktura; b)  $b_{1,2}$  qirra qisqa tutashtirilgan;

v)  $b_{1,2}$  qirra uzilgan.

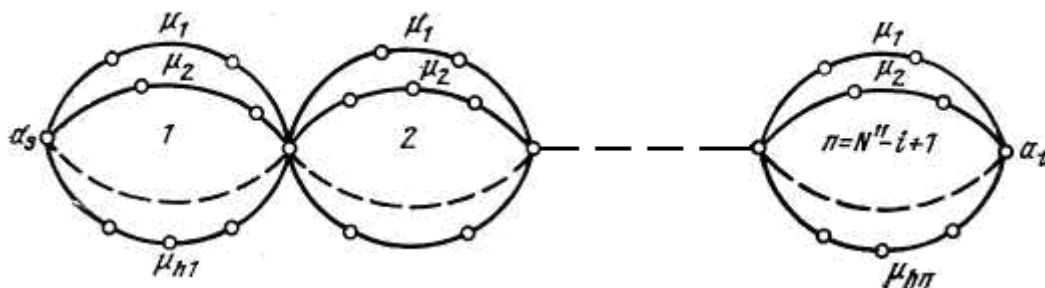
Bu ehtimollik,  $N''-i$  elementlar tutashtirilgandan va  $i$  elementlar uzilgandan keyingi IQ tarmoq holatining tahlilidan so'ng hisoblanadi. Tarmoqning o'zgartirilgandan so'ng umumiy ko'rinishi 4.3-rasmda ko'rsatilgan,  $k$ -nchi qadamda uning yaroqlilik ehtimolligi  $r(E'_k)$  ifodasi:

$$p(E'_k) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{v=1}^{h_i} \left[ 1 - \prod_{\exists_j \in \mu_i} p(\exists_j) \right] \right\} \quad (4.14)$$

Bunda  $n = N'' - i + 1$ .



Ajratish teoremasini qo‘llab hisoblash algoritmi uch qismdan iborat: quyi to‘plamlarga M1 va M2 ajratilgan yo‘llar M to‘plamini shakllantirish;



4.3-rasm. Ajratish teoremasini qo‘llab ishonchlilikni hisoblash navbatdagi qadamda IQ tarmoq strukturasi

IQ tarmoq strukturasi  $r(E)$  hisoblashga imkon bermaydigan elementlarni ajratish va (3.2) formulani qo‘llash;  $r(E)$  ehtimollikni  $2N''$  qadamlar uchun hisoblashdan iborat.

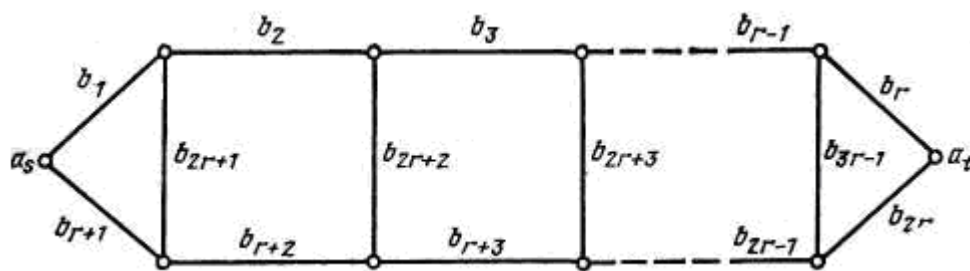
Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini hisoblash uchun ajratish teoremasini qo‘llash umumiy holda bir nechta faktorlar bilan cheklanadi. Birinchidan, cheklash teoremani shakllanish shartidan kelib chiqadi, ikkinchidan, strukturani  $D'k$  o‘zgartirish algoritmini dasturiy amalga oshirish murakkabligi cheklaydi.

Ajratish teoremasi grafning absolyut ishonchli cho‘qqilari va orientirlanmagan qirralari uchun shakllantirilgan. Telekommunikatsiya tarmoqlarida bu shartlar hamma vaqt ham bajarilmaydi. Agar ham qirralar, ham cho‘qqilar noabsalyut ishonchli bo‘lsa ekvivalent graf (3.2.b-rasmdagi cho‘qqi) qanday ishonchlilikka ega ekanligi noma’lum bo‘ladi. Agar 3.2.a-rasmdagi  $b_{1,2}$  qirra orientirlanmagan bo‘lsa, 3.2.b va v – rasmlarda olingan umumiy natija noto‘g‘ri bo‘ladi, chunki orientirlangan  $b_{1,2}$  qirrada ko‘priksimon sxema ishonchliligi kam bo‘ladi. Bunday umumiy holatlar uchun ajratish teoremasini qo‘llash imkoniyatlari isbotlangan, lekin bu holda tarmoq dastlabki grafini murakkab o‘zgartirish bajarilishi talab qilinadi. YUqori o‘lchamli murakkab tarmoqlarda, amaliyotda bunday tarmoqlar ko‘p

uchraydi, elementlar soni  $N$ ” etarlicha katta bo‘ladi. SHuning uchun ko‘p sonli (bir necha o‘nlab) elementlarni saralashni tashkil etish tarmoq elementlari holatini bevosita (to‘g‘ridan-to‘g‘ri) saralash usuliga teng kuchlidir.

Bundan tashqari, mazkur holatda (4.2) bo‘yicha hisoblash uchun “sxemalar holatini” avtomatik shakllantirish etarlicha murakkab masaladir, uning algoritmik va dasturiy echimlari saralashlar sonini qisqarishidagi afzalliklarni minimum bo‘lishiga olib keladi. SHuning uchun ajratish teoremasini qo‘llash sohasi maxsus turkumdagi strukturalar bilan cheklanadi, masalan, zinapoyali yoki panjarasimon sxemalar, ularning elementlari ko‘priksimon sxemalar va avvaldan berilgan strukturali bo‘lishlari mumkin.

Ikki turkumdagi strukturalarning  $r(E)$  hisoblash algoritmining murakkabligi ko‘rib chiqish mumkin. Ulardan birinchisi – zvenolar soni ixtiyoriy bo‘lgan zinapoyali sxemalar (4.4-rasm). Uning algoritmi shunday tuzilganki, bunda ko‘ndalang qirralar har bir cho‘qqilar juftligi orasida berilishi shart bo‘lmaydi, bo‘ylama qirralardagi cho‘qqilar soni bir birlaridan farqli bo‘lishi mumkin. Muhimi, ko‘ndalang qirralar o‘zaro kesishmasliklari lozim. Ehtimollikni hisoblash algoritmi  $E$ ” (ko‘ndalang qirralar) to‘plamlarni shakllantirish bloki, ikkilik sonlarni shakllantirish bloki, ko‘ndalang qirralar holatiga mos holda hisoblash sxemasini tuzish bloki va  $r(E'k)$  ehtimollikni hisoblash blokidan iborat bo‘ladi.



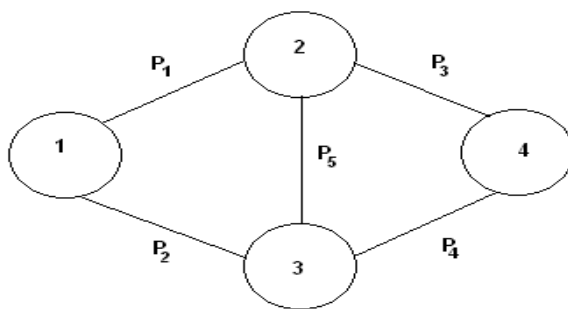
4.4-rasm. Zvenolar soni ixtiyoriy bo‘lgan zinapoyasimon strukturali  
IQ telekommunikatsiya tarmog‘i

#### 4.5. Bog‘langanlik ehtimolligini ajratish teoremasi asosida hisoblash

Tarmoqning tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket bo‘lishi faraz qilinadi. Bu holda murakkab tarmoqlangan strukturani bo‘lish jarayoni, struktura oddiy parallel ketma-ket ulanish ko‘rinishida tasvir etilishiga qadar davom etadi. Ajratish teoremasi qabul qilingan belgilashlar bo‘yicha quyidagicha shakllantiriladi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining  $N$  elementdan tashkil topgan, tadqiqlanayotgan strukturasi bog‘langanlik ehtimolligi ( $R_{BG}$ ),  $j$ -nchi elementning yashay bilish ehtimolligini,  $i$ -nchi element qisqa ulangan shartida,  $(N-1)$  elementli telekommunikatsiya tarmog‘ining bog‘langanlik ehtimolligiga ko‘paytmasiga, plus  $i$ -nchi element buzilish ehtimolligini,  $i$ -y element uzilgan shartida,  $(N-1)$  elementli tarmoqning bog‘langanlik ehtimolligiga ko‘paytmasiga teng.

Bu yondashish mohiyatini misolda ko‘rib chiqamiz. Telekommunikatsiya tarmog‘ining ko‘priksimon strukturasi (4.5-rasm) berilgan bo‘lsin, unda telekommunikatsiya liniyalarining yashay bilish ehtimolligi  $R_{YASH} = 0,36$  (2-nchi va 3-nchi uzellar orasidagi liniyalar uchun  $R_{YASH} = 0,85$ ), 1-nchi uzeldan 4-nchi uzal yo‘nalishida  $R_{BF}^{TK} = 0.5$  teng bog‘langanlik ehtimolligi bo‘lishi talab qilinadi.



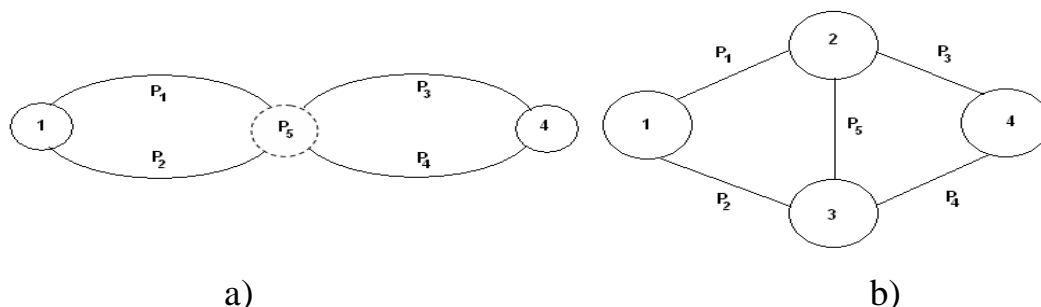
4.5-rasm. Telekommunikatsiya tarmog‘ining ko‘priksimon strukturasi

1-nchi uzeldan 4-nchi uzellar orasida aloqa yo‘nalishini strukturaviy yashovchanligi bo‘yicha baholash kerak. Aloqa yo‘nalishining strukturaviy yashovchanlini tavsiflovchi ko‘rsatkich sifatida, bog‘langanlik ehtimolligini

tanlaymiz. Berilgan strukturani o‘ziga o‘xshash ikkitaga bo‘lamiz: 2-nchi va 3-nchi uzellari qisqa tutashtirilgan ko‘priksimon sxemaga (4.6-a rasm) va ular orasida liniyalari uzilgan sxemaga (4.6-b rasm) ajratamiz. Modellarining har biri uchun bog‘langanlik ehtimolligini aniqlaymiz.

Tarmoq elementlarining parallel bog‘lanishligini (4.6-a rasm) hisobga olganda strukturaning bog‘langanlik ehtimolligi:

$$R_{BF1} = R_{BF} R_5 \quad (4.15)$$



4.6-rasm. Telekommunikatsiya tarmog‘ining ko‘priksimon strukturasi modeli

Bunda bog‘langanlik ehtimolligining prototipi  $P'_{CA}$  quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlanadi:

$$P'_{BF} = [1 - (1 - P_1)(1 - P_2)][1 - (1 - P_3)(1 - P_4)] = 0,35$$

Prototip ehtimolligining qiymatini (3.3) formulaga qo‘yamiz va 2-nchi va 3-nchi uzellar orasida yashay bilish ehtimolligi  $R_{YASH} = R_5 = 0,85$  ekanini hisobga olib, quyidagini olamiz:

$$P_{BF} = P'_{BF} P_5 = 0,35 \cdot 0,85 \approx 0,3$$

Tarmoq elementlarining ketma-ket bog‘lanishligini (3.5-b rasm) hisobga olganda strukturaning bog‘langanlik ehtimolligini aniqlaymiz:

$$R_{BF2} = R''_{BF} (1 - P_5)$$

Bu holda prototip bog‘langanlik ehtimolligi quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlanadi:

$$R'_{BF} = 1 - (1 - P_1 P_3)(1 - P_2 P_4) \approx 0,24$$

Topilgan qiymatni (2.28) formulaga qo'yib, 1-nchi va 4-nchi uzellar orasida aloqa yo'nalishining bog'langanlik ehtimolligini hosil qilamiz:

$$R_{BF2} = R'_{BF} (1 - P_5) = 0,24 (1 - 0,85) = 0,036$$

1-nchi va 4-nchi uzellar orasida yo'nalishining bog'langanlik ehtimolligini aniqlash uchun telekommunikatsiya tarmog'idagi elementlarning parallel va ketma-ket ulanishlari uchun bog'langanlik ehtimolliklari qiymatlarini qo'shib chiqish zarur:

$$P_{BG'} = P_{BG'1} + P_{BG'2} = 0,3 + 0,036 = 0.336$$

Tadqiq qilinayotgan tarmoq aloqa yo'nalishining yashovchanligini quyidagi mezonga asosan amalga oshiramiz:

$$P_{BG'} \geq P_{BF}^{TK}$$

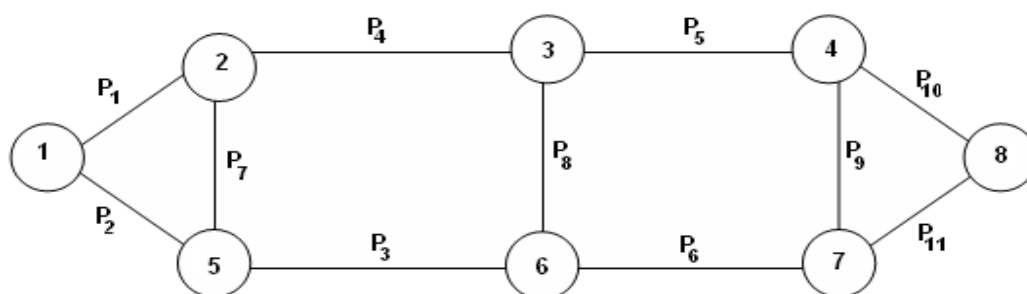
SHubhasiz, tarmoq 1-nchi va 4-nchi uzellari orasidagi aloqa yo'nalishida xabarlarni uzatish uchun zaruriy yashovchanlik ta'minlanmaydi. Telekommunikatsiya tarmog'i yashovchanligini oshirish uchun nisbatan tarmoqlangan strukturani qo'llash, har bir elementning yashay bilish ehtimolligini ko'paytirish va uni 0,75 – 0,8 gacha etkazish zarur.

Tarmoq strukturani bo'lish yondashuvi zinapoyali strukturani yashovchanligini baholash uchun qo'llanishi mumkin. Zinapoyali struktura (4.7-rasm) 4.7-rasmda (cho'ziltirilgan qirrali) va 4.8-rasmda (qirralar uzilgan) tasvirlangan ko'rinishlarga o'zgartiriladi. Zinapoyali struktura uchun bog'langanlik ehtimolligi qirrali cho'ziltirilgan va qirralari uzilgan telekommunikatsiya tarmoqlari (4.9-rasm) strukturalarining bog'langanlik ehtimolliklari ko'paytmasi sifatida aniqlanadi:

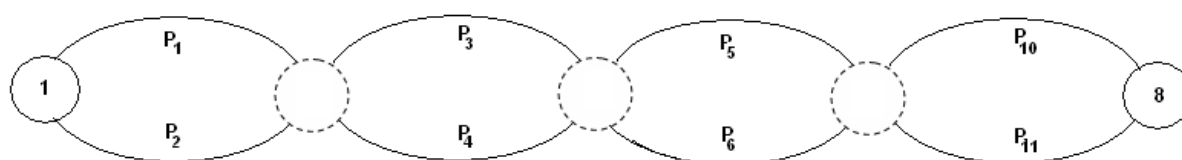
$$P_{BF} = \prod_{k=1}^k P_{BFk1} \quad (4.16)$$

bunda  $R_{BFK}$  – murakkab telekommunikatsiya tarmoqlari qismlaridagi elementar ko'priksimon strukturaning bog'langanlik ehtimolligi, u yuqorida ko'rilgan usul

bo'yicha hisoblanadi.



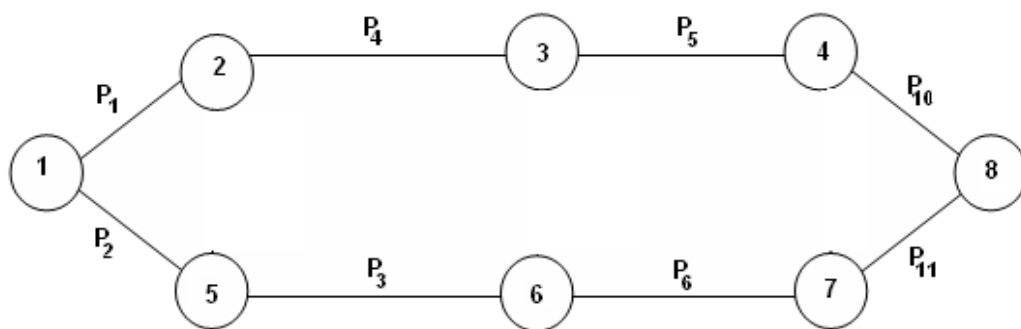
4.7-rasm. Telekommunikatsiya tarmog'ining zinapoyasimon strukturasi



4.8-rasm. Qirrali cho'ziltirilgan telekommunikatsiya tarmog'i zinapoyasimon strukturasi model varianti

Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy yashovchanligini baholash masalalari echimi, telekommunikatsiya liniyalari va uzellari absolyut ishonchli, degan farazlarda amalga oshirilgan. Telekommunikatsiya tarmoqlarining real ekspluatatsiyasida elementlar raddiyasini inkor etib bo'lmaydi, ularni qayta tiklashga ma'lum muddat vaqt talab qilinadi, ya'ni telekommunikatsiya tarmoqlarini baholashda uning elementlari ishonchliligini hisobga olish zarur.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi deyilganda, hamma ekspluatatsion ko'rsatkichlar qiymatlarini o'rnatilgan chegaralarda vaqt bo'yicha saqlab, barqaror ishlash qobiliyati tushuniladi. "Ishonchlilik" tushunchasi texnik va ekspluatatsion ishonchlilini nazarda tutadi. Texnik ishonchlilik, deyilganda telekommunikatsiya tarmoqlari vositalari va majmualarining ekspluatatsiya davrida texnik xarakteristikalarini (ko'rsatkichlarni) talab qilingan chegaralarda saqlab, barqaror ishlash qobiliyati tushuniladi.



4.9-rasm. Qirrali uzilgan telekommunikatsiya tarmog‘i zinapoyasimon strukturasi model varianti

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ekspluatatsion ishonchliligi uning elementlari berilgan davrda, tarmoqqa xizmat ko‘rsatuvchi xodimlar ekspluatatsiya qoidalariga rioya qilgan holda, talab qilingan sifat ko‘rsatkichlarini ta‘minlash qobiliyati orqali aniqlanadi. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini tahlil qilish zarurati uning hayotiy sikl turli stadiyalarida paydo bo‘ladi, shuning uchun hisoblashlarni axborot ta‘minotining turlicha sharoitlarida bajarish kerak bo‘ladi.

SHunday qilib, u yoki bu dastlabki ma‘lumotlardan foydalanib, asosan ikki turdagi hisoblashlar bajariladi:

- telekommunikatsiya tarmoqlarini bajaradigan vazifasiga qarab, loyihalashtirish davrida kutilayotgan istiqbollanadigan ishonchlilikni hisoblash, ya‘ni apriori;

- tarmoqni vazifasi bo‘yicha foydalanish tugagandan so‘ng ekspluatatsiya ma‘lumotlari bo‘yicha telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini hisoblash, ya‘ni aposteriori.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining elementlarining texnik ishonchliligini hisobga olish uchun uning barqarorligini baholashda, shikastlangan texnikani ta‘mirlashni joyiga etkazish va uni ta‘mirlash vaqtini hisobga olganda,

telekommunikatsiya texnikasining qayta tiklanish samaradorligini baholash imkonini beradigan yondashuv qoʻllaniladi, bunda texnik tayyorlik koeffitsienti ( $K_T$ ):

$$K_T = \frac{T_0}{T_0 + T_{KT}} \quad (4.17)$$

Bunda  $T_0$ ,  $T_{kt}$  – mos holda raddiyagacha buzilishsiz ishlash va qayta tiklanish oʻrtacha vaqti.

#### **4.6. Bul algebrasi oʻzgartirgichlaridan foydalanib ishonchlilik koʻrsatkichlarini aniqlash**

$r(E)$  ehtimollikni xisoblash usullari va algoritmlari tarmoq elementlari yoki yoʻllari holatlarini toʻliq yoki qisqartma saralashni tashkil etishga asoslangan. Algoritmning har bir qadamida sonlar ustida operatsiyalar (qoʻshish, koʻpaytirish va kamroq holda boʻlish) amalga oshiriladi. SHuningdek  $r(E)$  ni mantiqiy usullarda hisoblash qadamlar boʻyicha bajariladi, lekin ularning soni yoʻllar soniga tengdir. Mantiqiy usullarning koʻrib chiqilganlardan farqi, birinchidan, saralash prinsipi inkor etiladi, ikkinchidan, har bir qadamda operatsiyalar sonlar ustida emas, balki Bul oʻzgaruvchilari ustida bajariladi. Oxirgi qadamda tarmoq elementlari yaroqliligining berilgan ehtimolliklari orqali  $r(E)$  ning ifodasi tuzilishi bilan tamomlanadi.

Mantiqiy usullarning mohiyati elementlar holatlarining ehtimolliklarining  $p(\varepsilon_i), q(\varepsilon_i) = 1 - p(\varepsilon_i)$  sonli qiymatlari va “nol” yoki “bir” qiymatlarga ega boʻluvchi Bul oʻzgaruvchilari  $BP_i$  orasidagi mosliklarni belgilashdir.  $R(E)$  funksiya ifodasini Bul oʻzgaruvchisi  $BV(E)$  orqali belgilaymiz. U ikki qutbli tarmoq yoʻllarining parallel ulanish oddiy formulasi orqali aniqlanadi:

$$BB(E) = 1 - \prod_{k=1}^h [1 - BB(\ell_k)] \quad (4.18)$$



Bunda  $BV(\ell_k) - BP_i$  o'zgaruvchilar orqali  $r(e_k)$  funksiyaning ifodalanishi. (4.18) formula uni yoyishda  $2^h$  qo'shiluvchilardan tarkib topadi, ular keyinchalik  $BS_i, i=1, \dots, N(BB)$  deb belgilanadi.

(4.18) dagi  $BS_i$  qo'shiluvchilar mantiqiy ko'paytirish xossalaridan foydalanib hisoblanadi:

$$BP_1 BP_2 \dots BP_v = BP_v \quad (4.19)$$

(4.18) dagi o'zgartirishlarni soddalashtirish va EXM operativ xotirasiga murojaatlarni tashkil etish uchun yo'llar to'plami  $M$  shakllantirilgandan so'ng hisoblashlarda ko'rilayotgan IQ tarmoq elementlarini  $1, 2, \dots, N$  ketma-ketlik sonlar bilan qayta raqamlashtirish amalga oshiriladi. IQ tarmoq  $M$  to'plam bilan tavsiflanganda  $r(E)$  hisoblash algoritmi  $h$  qadamga ega bo'ladi. Mos holda birinchi qadamda:

$$BB(E)_1 = BB(\ell_1) = BC_1 \quad (4.20)$$

$k, k \geq 2$  qadam, ikki bosqichda bajariladi. Birinchi bosqichda (4.14) ni hisobga olgan holda  $BV(E)_{k-1}$  ifodaning har bir xadini  $BV(e_k)$  ga mantiqiy ko'paytirish amalga oshiriladi. (4.14), (4.15) dan kelib chiqib, ko'paytma,  $BV(E)_{k-1}$  ifodaga plus belgili  $BV(e_k)$  ni, shuningdek  $B \in \mathcal{B}_{k-1}$  ni  $BV(e_k)$  ga mantiqiy 1 ko'paytmasini tavsiflovchi  $BC_v$  xadlarni qo'shib yozib chiqish kerak.  $BC_v$  qo'shiluvchi xadlarining  $a(BC_v)$  ishora ko'rsatkichi  $a(BC_v) = a(BC_i) \oplus 1, i=1, \dots, N(BB)_{k-1}; v = N(BB)_{k-1} + 1, \dots, 2N(BB)_{k-1}$  qoida bo'yicha aniqlanadi.

Agar  $aBC_v = 0$  bo'lsa,  $BC_v$  qo'shiluvchi "minus" ishoraga ega bo'ladi;

$N(BB)_{k-1}$  -  $BV$  ifodaning  $a(k-1)$ -nchi qadamidagi qo'shiluvchilari soni.

$k$ -nchi qadamning ikkinchi bosqichida  $BV(E)_k$  ning olingan ifodasida qarama-qarshi ishorali bir xil qo'shiluvchilar  $BS_i, BC_v, i=1, \dots, N(BB)_k$  mavjudligi tekshiriladi. Bir xil qo'shiluvchilar teng sonlarga mos bo'lganligi sababli, ular  $BV(E)_k$  ifodadan chiqariladi.

$H$  qadamlar bajarilgandan so'ng ehtimollik:

$$p(E) = \sum_{i=1}^{N(BB)} a(BC_i) p(BC_i), \quad (4.21)$$

bunda  $r(BS_i) - p(BC_i)$  qo'shiluvchiga kiruvchi, elementlar yaroqliligining dastlabki ehtimolliklari ko'paytmasini tavsiflovchi sonidir.

Mantiqiy usullar va ularni amalga oshiruvchi algoritmlarning afzalligi ularning soddaligidir. Lekin murakkab tizimlarda  $BV(E)$  ifodadagi qo'shiluvchilar soni katta qiymatlarga ega bo'lishi mumkin, bu esa etarlicha resurslar va operativ xotiralarni talab qiladi.

***Bul algebrasi o'zgartirgichlari orqali tarmoq ishonchliligini hisoblash.*** Ikkilamchi (kommutatsiyalanadigan) telekommunikatsiya tarmoqlarida xabarlarni adaptiv marshrutizatsiyasi (XAM), raddiyalar va elementlar yaroqliligini tiklash, shuningdek kommutatsiya uzellari va tarmoq shaxobchalarida yuklanishning o'zgarishi natijasida kelib chiqadigan tarmoq topologik strukturasi o'zgarganda, kommutatsiya uzellarida xabarlarni marshrutlash rejalarini yangilashni nazarda tutadi. XAM telekommunikatsiya tarmog'i potensial ishonchliligini, yashovchanligini va o'tkazuvchanlik qobiliyatini to'liq realizatsiyalash, joriy vaqtda har bir xabar uchun eng yaxshi uzatish yo'lini tanlash xisobiga tarmoq yuqori darajada operativ ishlashiga erishish imkonini beradi. XAMdan foydalanish tarmoq topologik strukturasi o'zgarishini va uning elementlari yuklanishini doimiy nazorat qilish zarurati bilan bog'liqdir.

Yacheykasimon topologik strukturali ikkilamchi telekommunikatsiya tarmoqlarining istalgan uzellar juftligi orasida ham bog'lanmagan, ham bog'langan yo'llar mavjud bo'ladi. Bog'langan yo'llarda xabar uzatish uchun bitta yoki undan ortiq umumiy elementlar mavjud bo'ladi. Bunday elementning raddiyasi undan o'tuvchi hamma bog'langan yo'llar raddiyasiga olib keladi.

XAM qo'llaniladigan, yacheykasimon topologik strukturali (ko'p sonli uzellar va shaxobchalarga ega) tarmoq uzellari juftligining bog'langanlik ehtimolligini (TUJBE) hisoblashda, bu uzellar orasida ko'p sonli ham

bogʻlanmagan, ham bogʻlangan yoʻllar mavjudligini hisobga olish zarur. Demak, XAM qoʻllaniladigan telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligi va yashovchanligini tahlil qilish uchun ehtimollar nazariyasining analitik formulalaridan foydalanish mumkin emas.

*TUJBEni mantiqiy-extimolli hisoblash usuli.* TUJBEni aniqlash uchun statistik modellashtirish usulidan tashqari Bul algebrasi va ehtimollar nazariyasini kompleks qoʻllanishi asosida tuzilgan analitik usullar xam ishlatiladi. SHunday usullardan biri mantiqiy-ehitimolli usuldir (MEU). Bu usul tarmoq har bir elementining yaroqlilik holati ehtimolligi berilganida, istalgan topologik strukturaning TUJBEni aniqlash uchun qoʻllanilishi mumkin. Lekin MEU faqat raddiyalar va tarmoq hamma elementlarining qayta tiklanishi bogʻlanmagan hodisalar, deb faraz qilish mumkin boʻlgandagina qoʻllaniladi. Koʻpchilik amaliy hollarda telekommunikatsiya tarmoqlari uzellari va shaxobchalarining raddiyalari va qayta tiklanishlarini bogʻlanmagan hodisalar deb faraz qilish mumkin.

Odatda taqribiy natijalarni olish MEUning muhim kamchiligi hisoblanmaydi, chunki tarmoq elementlarining yaroqliligi ehtimolligi haqidagi dastlabki maʼlumotlar hamma vaqt maʼlum xatoliklar bilan beriladi. Bu maʼlumotlarning nisbiy xatoligi odatda bir foizdan oʻnlab foizgacha xatolikni tashkil etadi.

TUJBEni MEU algoritmi boʻyicha hisoblash uch bosqichda amalga oshiriladi:

Birinchi bosqichda, telekommunikatsiya tarmogʻida uning uzellari juftligi orasidagi yoʻllar toʻplamida, tarmoq elementlarining toʻliq yaroqliligida, kamida bitta yaroqli yoʻlning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasi  $F$  tuziladi.

Ikkinchi bosqichda, birinchi bosqichda tuzilgan Bul funksiyalarini  $F$ , TUJBEni hisoblash uchun Bul funksiyasidan algebraik formula koʻrinishga oʻtish imkonini beradigan, ekvivalent oʻzgartirish amalga oshiriladi.

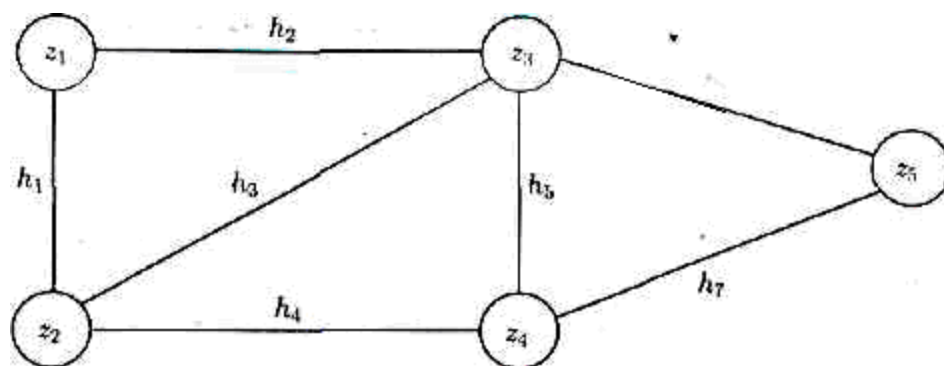
Uchinchi bosqichda, ekvivalent oʻzgartirilgan funksiyalardagi Bul oʻzgaruvchilarini telekommunikatsiya tarmogʻi mos elementlari holatining yaroqli yoki yaroqsiz ehtimolliklariga almashtirish amalga oshiriladi. Bul operatorlaridan

kon'yunksiya, diz'yunksiya va inversiyalar algebraik operatorlar ko'paytirish, qo'shish va ayirishga almashtiriladi. Xosil qilingan algebraik ifoda telekommunikatsiya tarmog'ida qiziqtirayotgan uzellar juftligining bog'langanlik ehtimolligini hisoblashda foydalaniladi.

MEU da TUJBEni EXM qo'llamasdan hisoblashda topologik strukturani tarmoq grafi  $G(H,Z)$  bilan tavsiflash qulaydir, bunda  $N$  –shahobchalar to'plami,  $Z$  –uzellar to'plami. Telekommunikatsiya tarmog'ining bunday modelida graf uzellari  $z_i, i = 1, \dots, p$  tarmoqning uzellariga, graf shahobchalari  $h_j, j = 1, \dots, m$  tarmoq shahobchalariga mos keladi. TUJBEni EXMdan foydalanib hisoblashda tarmoq topologik strukturasi qo'shnilik matritsasi orqali tavsiflash qulaydir.

Konkret misolda MEU hisoblash algoritmini uning hamma uchta bosqichida ko'rib chiqamiz. 4.10-rasmda keltirilgan, topologik strukturasi graf bilan tavsiflangan, telekommunikatsiya tarmog'ining birinchi va beshinchi uzellarining bog'langanlik ehtimolligini aniqlash uchun analitik ifodani tuzamiz.

Bul funksiyalarini  $F$  tuzishda Bul o'zgaruvchilaridan  $z_i, i = 1, 2, \dots, 5$  va  $h_j, j = 1, 2, \dots, 7$  foydalanamiz, ularning birlik va nollik qiymatlari telekommunikatsiya tarmog'i uzellari va shahobchalarining yaroqlilik va yaroqsizlik holatlariga mos keladi.



4.10-rasm. Tarmoqning topologik strukturasi

Tahlil qilinayotgan tarmoq birinchi va beshinchi uzellari orasida mavjud ettita yo‘ldan har birining yaroqli holda bo‘lish mantiqiy sharti quyidagi Bul ifodalari orqali tavsiflanishi mumkin:

$$\begin{aligned} f_1 &= z_1 h_2 z_3 h_6 z_5; & f_2 &= z_1 h_2 z_3 h_5 z_4 h_7 z_5 \\ f_3 &= z_1 h_1 z_2 h_3 z_3 h_6 z_5; & f_4 &= z_1 h_1 z_2 h_4 z_4 h_7 z_5 \\ f_5 &= z_1 h_2 z_3 h_3 z_2 h_4 z_4 h_7 z_5; & f_6 &= z_1 h_1 z_2 h_3 z_3 h_5 z_4 h_7 z_5 \\ f_7 &= z_1 h_1 z_2 h_4 z_4 h_5 z_3 h_6 z_5 \end{aligned}$$

U holda yuqorida ko‘rib o‘tilgan ettita yo‘l to‘plamidan kamida bittasi yaroqli holatda bo‘lish sharti, yuqorida keltirilgan ettita kon’yunksiyaning mantiqiy yig‘indisini tavsiflovchi, mantiqiy funksiya  $F$  ko‘rinishida yozilishi mumkin:

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7 \quad (4.22)$$

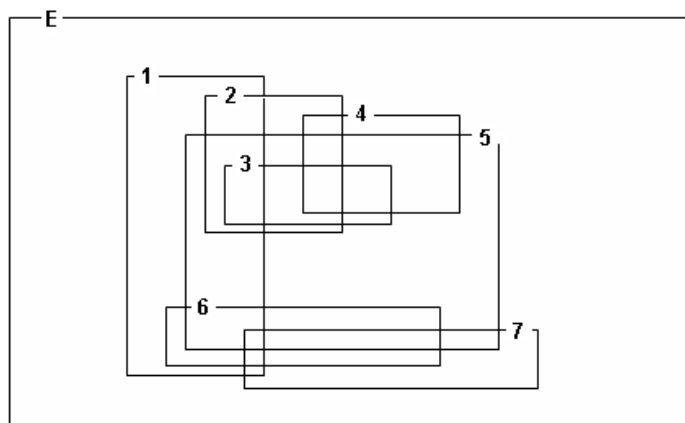
$F$  funksiyaning istalgan ettita qo‘shiluvchi xadidagi Bul o‘zgaruvchilarini  $z_i$  va  $h_j$ , telekommunikatsiya tarmog‘ining mos uzellari va shahobchalarining yaroqlilik holati ehtimolliklariga  $p_{z_i}$  va  $p_{h_j}$ , Bul operatorlari kon’yunksiyalarni esa algebraik ko‘paytirish operatorlariga almashtirish mumkin. Telekommunikatsiya tarmog‘ining birinchi va beshinchi uzellari orasidagi ayrim yo‘llarning yaroqlilik holati ehtimolliklarini hisoblash uchun ehtimollar nazariyasidan ma’lum analitik ifodalarni hosil qilamiz. Masalan, birinchi va beshinchi uzellari orasida birinchi yo‘lning yaroqlilik holati ehtimollikini hisoblash uchun mantiqiy ifodadan,  $f_1$  uchun quyidagicha topish mumkin:

$$p_1 = p(f_1 = 1) = p_{z_1} p_{h_2} p_{z_3} p_{h_6} p_{z_5} \quad (4.23)$$

Agar, xuddi shu usul bo‘yicha  $F$  funksiyaning hamma mantiqiy qo‘shiluvchilaridagi Bul o‘zgaruvchilari va operatorlarini o‘xshash almashtirishdan so‘ng TUJBeni aniqlashga harakat qilinsa, qiymati birdan katta bo‘lishi mumkin bo‘lgan noto‘g‘ri natijani olamiz. Ehtimollar nazariyasidan ma’lumki, murakkab hodisaning ro‘y berish ehtimollikini ayrim xodisalar, ular murakkab hodisaning mantiqiy yig‘indisi bo‘lsa, faqat va faqat birgalikda ro‘y

bermaydigan hodisalar ehtimolliklarining yig'indisi holatidagina, ehtimolliklarining yig'indisini bajarish orqali aniqlash mumkin.

Dastlabki ma'lumotlar ayrim gipotetik to'plami uchun yuqorida ko'rsatilgan ettita birgalikda ro'y beradigan hodisalar har birining ro'y berish ehtimolligini birlik tekislikda  $E$  ularga mos maydonchalar bilan grafik holda tasvirlash mumkin. Bu holda ulardan kamida bittasining ro'y berish ehtimolliqi, chegaralari bir birining ustiga tushadigan ettita maydonchalarning tashqi chegaralari orqali o'tadigan, maydoncha orqali grafik holda tasvirlanadi (4.11-rasm).



4.11-rasm. Tarmoq ehtimollik xarakteristikasini aniqlashga doir

Graf uzellari juftligi orasida mumkin bo'lgan yo'llar to'plamidan, graf elementlarining to'liq yaroqliligida unda mavjud, kamida bitta yaroqli yo'l mavjudligining izlanayotgan aniq qiymatini topish uchun Bul funksiyasida uning operatorlarini algebraik va o'zgaruvchilarini graf elementlarining yaroqlilik holati ehtimolligiga almashtirishdan avval  $F$  funksiyani, uning hamma mantiqiy qo'shiluvchilarining juftliklari mos holda juftma-juft birgalikda bo'lmaydigan hodisalar ko'rinishiga ekvivalent o'zgartirishni bajarish zarur.

Bul funksiyasini  $F$  ekvivalent o'zgartirish usuli bajariladigan operatsiyalar soni bo'yicha yuqorida ko'rilganlarga nisbatan ancha sodda va dastlabki ma'lumotlar va hamma oraliq natijalarni saqlash uchun ko'p hajmli xotira talab qilmaydi.

Usulning mohiyati funksiyaning ham Bul qo'shiluvchilarini bosqichma-bosqich ortogonallashtirishdan iboratdir. Har bir navbatdagi ortogonallashtirish keyin  $F$  funksiya strukturasi soddalashtiriladi va funksiyaning hadlarini ortogonallashtirishning keyingi bosqichini bajarilish lozimligi aniqlanadi.

$F$  funksiyani ortogonallashtirishning birinchi bosqichida uning har bir xadi  $f_m$ , ikkinchisidan boshlab,  $\overline{S_{km}}$  kon'yunksiyaning  $m-1$  ga mantiqan ko'paytiriladi.  $F$  funksiyaning  $f_m$  xadiga inversiyali ishora bilan qo'shib yoziladigan har bir  $\overline{S_{km}}$  kon'yunksiya,  $f_m$  uchun ifodada mavjud bo'lmagan Bul kon'yunksiyasi o'zgaruvchilaridan  $f_k, k = 1, \dots, m-1$  tuziladi.  $\overline{S_{km}}$  kon'yunksiya tarkibiga kiritiladigan o'zgaruvchilarni aniqlash rasmiy qoidasi quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$z_i h_j \in \overline{S_{km}} \text{ agar } z_i h_j \in f_m \text{ i } z_i, h_j \notin f_m, k = 1, 2, \dots, m-1. \quad (4.24)$$

Ortogonallashtirishning har bir bosqichidan keyin  $F$  funksiyaning murakkabligini kamaytirish uchun imkon qadar uning strukturasi xadlar yutilish qoidasi bo'yicha soddalashtiriladi:

$$\overline{A} \cdot \overline{AB} \cdot \overline{ABC} \cdot \overline{ADCD} \cdot \dots = \overline{A} \quad (4.25)$$

Soddalashtirishni har bir funksiyaga  $f_m, m = 2, \dots, p$  inversiya ishorasi bilan qo'shib yozilgan,  $\overline{S_{km}}$  kon'yunksiyalar orasida o'tkazish maqsadga muvofiqdir.

Yuqorida tavsiflangan xadlarni yutilish qoidasi bo'yicha soddalashtirilgandan so'ng  $F$  funksiyani ortogonallashtirish navbatdagi bosqichini o'tkazish kerak yoki kerak emasligi aniqlanadi

$F$  funksiyani ortogonallashtirish keyingi bosqichi faqat uning  $f_m$  qo‘shiluvchilari uchun, agar ularda qo‘shib yozilgan inversiya ishorali  $\overline{S_{km}}$  kon’yunksiyalar, o‘zaro kesishadigan to‘plamlar mavjud bo‘lsa, bajariladi. Va  $F$  funksiyaning bunday  $f_m$  qo‘shiluvchilarida ortogonallashtirishni faqat o‘zaro kesishadigan to‘plamlari mavjud, qo‘shib yozilgan inversiya ishorali  $\overline{S_{km}}$  kon’yunksiyalarda o‘tkazish kifoya qiladi.

Masalan,  $F$  funksiyani navbatdagi ortogonallashtirish bosqichi va uning strukturasi yuqorida tavsiflangan hadlarni yutilish qoidasi bo‘yicha soddalashtirilgandan so‘ng uning tarkibida quyidagi mantiqiy qo‘shiluvchi xosil bo‘lsin:

$$f_7 = f_7 \overline{S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 S_6}, \quad (4.26)$$

unda  $\overline{S_2}$  va  $\overline{S_4}$  kon’yunksiyalar o‘zgaruvchilar to‘plamiga ega, ular hamma boshqa qo‘shib yozilgan inversiya ishorali kon’yunksiyalar o‘zgaruvchilari to‘plami bilan o‘zaro kesishmaydi. Bunda, ortogonallashtirishning navbatdagi bosqichidan avval  $f_7$  uchun ifoda quyidagi ko‘rinishga keltiriladi:

$$f_7 = f_7 \overline{S_2 S_4} (\overline{S_1 + S_3 + S_5 + S_6}). \quad (4.27)$$

Hosil bo‘lgan  $f_7$  funksiya ifodasi uchun ortogonallashtirishning navbatdagi bosqichi yuqorida tavsiflangan qoida bo‘yicha faqat, umumiy inversiya ishorasi ostidagi qavs ichidagi konyunksiyaning mantiqiy yig‘indisiga nisbatan bajariladi:

$$f_7 = f_7 S_2 S_4 (\overline{S_1 + S_3 S_{13} + S_5 S_{15} S_{35} + S_6 S_{16} S_{36} S_{56}}). \quad (4.28)$$

Ortogonallashtirishdan keyin uning tarkibidagi mantiqiy qo‘shiluvchilarning birontasida ham o‘zaro qoplanadigan o‘zgaruvchilar to‘plamli inversiya ishorali konyunksiya qo‘shib yozilmagan bo‘lsa, bu ortogonallashtirish  $F$  funksiyaning so‘nggi ortogonallashtirish bosqichi bo‘ladi.

$F$  funksiyaning ekvivalent o‘zgartirishlari tamom bo‘lgandan so‘ng uning  $F$  funksiyani o‘zgaruvchilari va operatorlarini algebraik o‘zgaruvchilar va operatorlarga quyidagi qoida bo‘yicha almashtirish amalga oshiriladi.



Konyunksiya operatori ko‘paytirish operatoriga, dizyunksiya operatori – qo‘shish (jamlash) operatoriga almashtiriladi. Alohida turuvchi Bul o‘zgaruvchilari telekommunikatsiya tarmog‘ining unga mos elementlarining yaroqlilik holati ehtimoligiga, alohida turuvchi inversiya ishorali Bul o‘zgaruvchilari telekommunikatsiya tarmog‘ining unga mos elementlarining yaroqsizlik holati ehtimoligiga, umumiy inversiya ishorasi ostidagi bir nechta Bul o‘zgaruvchilarining alohida turuvchi konyunksiyasi – telekommunikatsiya tarmog‘ining unga mos elementlar guruhining kamida bitta elementining yaroqsizlik holati ehtimoligiga almashtiriladi. Umumiy inversiya ishorasi ostidagi, o‘zaro kesishmaydigan o‘zgaruvchilar to‘plamiga ega, ortogonallashtirishdan keyin ularga  $\overline{s_{km}}$  konyunksiyalar qo‘shib yozilgan, bir nechta konyunksiyalar yig‘indisi ko‘rinishidagi mantiqiy ifoda, bu mantiqiy qo‘shiluvchilar tavsiflovchi bironta xodisaning ro‘y bermasligi ehtimoligiga almashtiriladi.

YUqorida 3.9-rasmda tasvirlangan graf uzellari juftligining bog‘langanlik ehtimoligini hisoblash yuqorida keltirilgan algoritmi quyida grafning birinchi va beshinchi uzellarining bog‘langanlik ehtimoligini hisoblash misolida namoyish etiladi.

Avval birinchi va beshinchi uzellar orasida, graf hamma uzellari va shahobchalarining to‘liq yaroqliligida bu uzellarni bog‘lovchi, kamida bitta yaroqli yo‘lning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasini  $F$  tuzamiz:

$$F = z_1 h_2 z_3 h_6 z_5 + z_1 h_2 z_3 h_5 z_4 h_7 z_5 + z_1 h_1 z_2 h_3 z_3 h_6 z_5 + z_1 h_1 z_2 h_4 z_4 h_7 z_5 + \\ + z_1 h_2 z_3 h_3 z_2 h_4 z_4 h_7 z_5 + z_1 h_1 z_2 h_3 z_3 h_5 z_4 h_7 z_5 + z_1 h_1 z_2 h_4 z_4 h_5 z_3 h_6 z_5 \quad (4.29)$$

YUqorida tavsiflangan ortogonallashtirish usuli bo‘yicha  $F$  funksiyani ekvivalent o‘zgartirishga duchor qilamiz. Bu holda  $F$  funksiyaning o‘ng tomonidagi birinchi mantiqiy qo‘shiluvchi  $f_1$  o‘zgarmay qoladi. Ikkinchi va hamma keyingi qo‘shiluvchilar ularga umumiy inversiya ishorali o‘zgaruvchilar to‘plami qo‘shib yozilgandan keyin quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$f_2 = f_2 \overline{h_6};$$

$$\begin{aligned}
f_3 &= f_3 \overline{h_2} \overline{h_2 h_5 h_7 z_4}; \\
f_4 &= f_4 \overline{h_2 h_6 z_3} \overline{h_2 h_5 z_3} \overline{h_3 h_6 z_3}; \\
f_5 &= f_5 \overline{h_6} \overline{h_5} \overline{h_1 h_6} \overline{h_1}; \\
f_6 &= f_6 \overline{h_2 h_6} \overline{h_2} \overline{h_6} \overline{h_4} \overline{h_2 h_4}; \\
f_7 &= f_7 \overline{h_2} \overline{h_2 h_7} \overline{h_3} \overline{h_7} \overline{h_2 h_3 h_7} \overline{h_3 h_7};
\end{aligned} \tag{4.30}$$

Xosil qilingan ifoda xadlarni yutilish qoidasi bo'yicha soddalashtirilgandan so'ng quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{aligned}
f_2 &= f_2 \overline{h_6}; \\
f_3 &= f_3 \overline{h_2}; \\
f_3 &= f_3 \overline{h_2}; \\
f_5 &= f_5 \overline{h_6} \overline{h_5} \overline{h_1}; \\
f_6 &= f_6 \overline{h_2} \overline{h_6} \overline{h_4}; \\
f_7 &= f_7 \overline{h_2} \overline{h_3} \overline{h_7}.
\end{aligned} \tag{4.31}$$

YUqorida keltirilgan ifodalardan,  $F$  funksiya ortogonallashning birinchi bosqichi va uning strukturasi mantiqiy qo'shiluvchilar  $f_1, f_2, f_3, f_5, f_6, f_7$  bilan soddalashtirish o'tkazilgandan so'ng, undagi Bul operatorlari va o'zgaruvchilarini algebraik operator va o'zgaruvchilarga almashtirishga ruhsat beruvchi ko'rinishga ega bo'lganligi ko'rinib turibdi.

$F_4$  uchun mantiqiy ifoda, yanada ekvivalent o'zgartirishlarni talab qiladigan ko'rinishga ega bo'lgan. Bu o'zgartirishlardan oldin  $f_4$  ifodani avval quyidagi ifodaga ekvivalent o'zgartiramiz:

$$f_4 = f_4 \overline{h_2 h_6 z_3 + h_2 h_5 z_3 + h_3 h_6 z_3} \tag{4.36}$$

Umumiy inversiya ishorasi ostidagi qo'shiluvchilarni ortogonallash operatsiyasini bajaramiz:

$$f_4 = f_4 \overline{h_2 h_6 z_3 + h_2 h_5 z_3 h_6 + h_3 h_6 z_3 h_2 h_5}. \tag{4.33}$$

Xadlarning yutilish qoidasi bo‘yicha umumiy inversiya ishorasi ostidagi ifodani soddalashtiramiz:

$$f_4 = f_4 \overline{h_2 h_6 z_3 + h_2 h_5 z_3 h_6 + h_3 h_6 z_3 h_2}. \quad (4.34)$$

$f_4$  ifodasidagi umumiy inversiya ishorasi ostida, Bul o‘zgaruvchilari konyunksiyasi qo‘shilib yozilishi kerak bo‘ladigan bironta ham mantiqiy qo‘shiluvchi yo‘q, shuning uchun u boshqa ekvivalent o‘zgarishlarga duchor qilinmasligi mumkin. Bu holda  $F$  uchun MEUning ikkinchi bosqichi tamomlangan, deb hisoblash mumkin.

Endi uchinchi bosqichga kirishish mumkin, uning maqsadi TUIBE hisoblash uchun algebraik ifodani tuzishdir.

Graf birinchi va beshinchi uzellarining bog‘langanlik ehtimolligini hisoblash uchun algebraik ifoda quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$p_{15} = p(F=1) = \sum_{i=1}^7 p(f_i=1). \quad (4.35)$$

Quyida ushbu ifodadagi har bir qo‘shiluvchini aniqlash uchun mos ifodalar keltirilgan:

$$\begin{aligned} P(f_1=1) &= p_{z1} p_{h2} p_{z3} p_{h6} p_{z5}; \\ P(f_2=1) &= p_{z1} p_{h2} p_{z3} p_{h5} p_{z4} p_{h7} p_{z6} (1-p_{h6}); \\ P(f_3=1) &= p_{z1} p_{h1} p_{z2} p_{h3} p_{z3} p_{h6} p_{z5} (1-p_{h2}); \\ P(f_4=1) &= p_{z1} p_{h1} p_{z2} p_{h4} p_{z4} p_{h7} p_{z5} [1 - p_{h2} p_{h6} p_{z3} - p_{h2} p_{h5} p_{z3} (1 - p_{h6}) - \\ & p_{h3} p_{h6} p_{z3} (1 - p_{h2})]; \\ P(f_5=1) &= p_{z1} p_{h2} p_{z3} p_{h3} p_{z2} p_{h4} p_{z4} p_{h7} p_{z5} (1 - p_{h6}) (1 - p_{h5}) (1 - p_{h1}); \\ P(f_6=1) &= p_{z1} p_{h1} p_{z2} p_{h3} p_{z3} p_{h5} p_{z4} p_{h7} p_{z5} (1 - p_{h2}) (1 - p_{h6}) (1 - p_{h4}); \\ P(f_7=1) &= p_{z1} p_{h1} p_{z2} p_{h4} p_{z4} p_{h5} p_{z3} p_{h6} p_{z5} (1 - p_{h2}) (1 - p_{h3}) (1 - p_{h7}); \end{aligned} \quad (4.36)$$

Graf uzellar juftligining bog‘langanlik ehtimolligini yuqorida tavsiflangan algoritm bo‘yicha hisoblash dasturini tuzishda uning murakkabligini soddalashtirish uchun rekursiv chaqirish imkonini beradigan quyi dasturlarni qo‘llash foydalidir.

YUqorida hosil qilingan ifodalarga, 3.17-rasmda topologik strukturasi keltirilgan telekommunikatsiya tarmog‘ining uzellari va shahobchalari holatining yaroqlilik ehtimolligini mumkin bo‘lgan qiymatlarini qo‘yib chiqamiz. TUJBE ni xisoblashda MEU telekommunikatsiya tarmog‘ining har bir uzeli va shahobchasi uchun yaroqlilik holati ehtimolligining o‘z qiymatlarini berish imkoniyati mavjud. Hisoblash murakkabligini kamaytirish uchun graf hamma uzellarining ehtimolliklari bir xil va 0,9 ga teng, deb hisoblaymiz. SHuningdek graf hamma shahobchalarining yaroqlilik holati ehtimolliklarini bir xil va 0,8 ga teng, deb hisoblaymiz.

$$p(f_1 = 1) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,46656;$$

$$p(f_2 = 1) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,8) = 0,06718464;$$

$$p(f_3 = 1) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,8) = 0,06718464;$$

$$p(f_4 = 1) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot [1 - 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 - 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,8) - 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,8)] = 0,06503473152;$$

$$p(f_6 = 1) = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) = 0,0003869835264.$$

Graf birinchi va beshinchi uzellarining bog‘langanlik ehtimolligining sonli qiymatini yuqoridagi hamma ettita qo‘shiluvchilarni qo‘shib chiqqandan so‘ng aniqlash mumkin:

$$P_{1;5} = 0,6671249620992.$$

Graf uzellari juftliklarining bog‘langanlik ehtimolligini hisoblash tavsiflangan algoritmini istalgan topologik strukturali telekommunikatsiya tarmog‘ining ishonchliligi va yashovchanligini tahlil qilishda qo‘llash mumkin.

Usulning afzalligi telekommunikatsiya tarmog‘ining topologik strukturasi ratsional tanlash masalasini echishda, uning ko‘p sonli variantlarini saralash usulida hisoblash vaqtining kam sarflanishidir. Agar tarmoq topologik strukturasi ko‘p sonli variantlarini tahlil qilish talab qilinmasa, u holda telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi va yashovchanligini tahlil qilish uchun statistik modellashtirish usulidan foydalanish mumkin.

#### **4.7. Bardoshlikning xususiy ko‘rsatkichi bo‘yicha telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlashini baholash**

Bardoshlik – telekommunikatsiya tarmoqlarining turli destabilizatsiyalovchi faktorlar ta’sirida belgilangan davr mobaynida yoki istalgan vaqt momentida yuklatilgan funksiyalarni o‘rnatilgan hajmda talab qilingan sifat darajasida bajara olish qobiliyatidir.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi yashovchanlik (*YA*), xalaqitbardoshlik (*XB*) va ishonchlilik (*I*) orqali tavsiflanadi:

$$Y = f(YA, XB, I)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanligi, tarmoq tashqarisida mavjud bo‘lgan va uning elementlarini (telekommunikatsiya liniyalari, stansiyalari va uzellari) buzulishiga yoki juda katta zararlanishiga olib keladigan, destabilizatsiyalovchi faktorlar ta’sirida, tarmoq barqaror ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatini tavsiflaydi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarini baholash uchun ob’ektli, strukturaviy va funksional yashovchanlik ko‘rsatkichlari keng qo‘llaniladi.

Ob’ektli (elementli) yashovchanlik – telekommunikatsiya tarmog‘i elementlariga ob’ektiv mos bo‘lgan, qandaydir vaqt intervalida, talabdan kam bo‘lmagan sifatda ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy yashovchanligi deyilganda ayrim elementlar – uzellar, liniyalar yoki tarmoq bir butun uchastkalarining ommaviy emirilishida (buzulishida) strukturaviy bog‘lanishlarni saqlab qolish xususiyati tushuniladi.

Funksional yashovchanlik – ishlash sharoitlari bo‘yicha cheklashlar qo‘yilgan strukturaviy yashovchanlikdir.

Telekommunikatsiya tarmoqlari elementining ob’ektli yashovchanligining sonli o‘lchami uning saqlanib (yashab) qolish ehtimolligidir, ya’ni elementga

shikastlantiruvchi faktor ta'sir etgan vaziyatda tarmoq o'z ishlash holatini saqlab qolish ehtimolligidir.

Strukturaviy yashovchanlik tarmoq bog'lanishligi, shuningdek, telekommunikatsiya uzellari va liniyalarining ishdan chiqishi sababli keltirilgan strukturaviy zarar qiymati orqali baholanadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlari uchun bog'lanishlik xususiyati quyidagi ko'rinishda shakllantirilishi mumkin: tarmoqning istalgan uzellari juftligi orasida aloqa o'rnatilishi uchun juda bo'lmaganda bitta bevosita yoki tranzit yo'l topilishi mumkin bo'lsa, bunday telekommunikatsiya tarmoqlari bog'langan deyiladi.

Funksional yashovchanlik tarmoq elementlaridan birining ishdan chiqishi natijasida uning unumdorligi (quyidagi xususiyatlarning ko'rsatkichlari pasayishi – o'z vaqtidagilik, aniqlilik va boshqalar) pasayishi orqali aniqlanadi.

Umumiy hollarda yashovchanlik telekommunikatsiya tarmoqlariga zarbalar ta'sir darajasiga va tarmoqning himoyalanganligiga bog'liqdir.

Telekommunikatsiya tarmoqlarini yashovchanlik bo'yicha baholash umumiy ketma-ketligi to'rtta bosqichdan iboratdir:

1. Telekommunikatsiya tarmoqlarini vazifasiga mos holda faraz qilinadigan ta'sirni modellashtirish, mumkin bo'ladigan destabilizatsiya faktorlarini tahlil qilish.

2. Telekommunikatsiya tarmoqlari ayrim elementlarining yashab qolish ehtimolligini, ya'ni ob'ektli yashovchanlikni aniqlash.

3. Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlarining ob'ektli yashovchanligini hisobga olib tarmoq strukturaviy yashovchanligini aniqlash.

4. Telekommunikatsiya tarmoqlari funksional yashovchanligini, strukturaviy yashovchanlik tarmoqning potensial, mumkin bo'ladigan yashovchanligi sifatida qabul qilinganida, yashovchanlikka tarmoq ishlash shartlari va uni boshqarish algoritmi bilan bog'liq bir qator cheklashlar

yuklatilishi hisobga olingan holda aniqlash.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik mezoni sifatida quyidagi ifodani ko‘rsatish mumkin:

$$P_{\text{YASH AT}} \geq P_{\text{YSH AT}}^{\text{TK}} \quad (4.37)$$

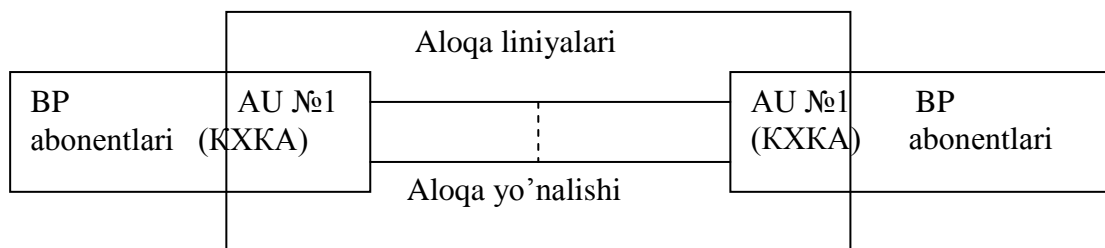
bunda  $R_{\text{YASH AT}}$  –telekommunikatsiya tarmoqlarining yashay bilish ehtimolligi.

SHu bilan birga quyidagini belgilash lozim, aloqani rejalashtirishda tarmoqni (4.41) mezon bo‘yicha butunlay baholash vaqt defitsiti sababli ko‘p hollarda qiyinchilik tug‘diradi. Real sharoitlarda telekommunikatsiya tarmoqlari aloqa yo‘nalishlari (4.12-rasm) bo‘yicha baholanishi mumkin.

**Aloqa yo‘nalishi** – ikkita boshqarish punktlarining telekommunikatsiya uzellari orasidagi telekommunikatsiya liniyalari to‘plamini tasavvur ettiruvchi, telekommunikatsiya tarmoqlarining bir qismi.

Aloqa yo‘nalishi son jihatidan yashab qolish ehtimolligi yoki buzilganlik ehtimolligi orqali baholanadi:

$$P_{\text{YSH AY}} + P_{\text{B\text{V}3 AY}} = 1$$



4.12-rasm. Aloqa yo‘nalishi

Aloqa yo‘nalishining yashay bilish ehtimolligi deyilganda, shu yo‘nalishda kamida bitta telekommunikatsiya liniyasi ishdan chiqmay qolish ehtimolligi tushuniladi. Aloqa yo‘nalishining buzilganlik ehtimolligi deyilganda, bu yo‘nalishda hamma liniyalarning (elementlar) ishdan chiqarilish ehtimolligi tushuniladi. Aloqa yo‘nalishining yashay bilish ehtimolligi quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$P_{\text{YASHAY}} = \prod_{j=1}^l (1 - p_{\text{B}V3}) \quad (4.38)$$

bunda  $R_{\text{buzi}}$  – aloqa yo‘nalishida j-nchi elementning (liniyalar, stansiyalar, uzellar) buzilganlik ehtimolligi; i-alloqa yo‘nalishida telekommunikatsiya elementlarining soni.

Elementlar egallagan maydon sathiga, shuningdek, elementlarning boshqa shartlariga qarab telekommunikatsiya tarmoqlari nuqtaviy, taqsimlangan yoki liniyaviy bo‘lishlari mumkin. Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlarining liniyaviy o‘lchamlari tashqi ta’sir faktori radiusidan ko‘p bo‘lmasa, ta’sirdan so‘ng element faqat ikkita holatdan biriga ega bo‘lsa: ishlash qobiliyatini saqlab qoldi, to‘liq ishdan chiqdi, bunday element nuqtaviyga mansub bo‘ladi. Taqsimlangan va liniyaviy elementlarga yuqorida tilga olingan ehtimolli baholashdan tashqari ularning har biriga etkazilgan zarar hajmi ham hisoblanadi.

Aloqa yo‘nalishi elementlarining yashay bilish ehtimolligi xam shartli, xam shartsiz bo‘lishi mumkin.

Agar tashqi faktor ta’siri bo‘lgan deb faraz qilingan holda hisoblansa, bunday ehtimollik shartli bo‘ladi. Ta’sir maqsadi bo‘lgan nuqtaviy elementning buzilish shartli ehtimolligi quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$P_{\text{B}V3} = 1 - 1 - p \frac{2R_{\text{B}V3}^2}{E^2} \quad (4.39)$$

bunda  $R_{\text{B}V3}$ , - telekommunikatsiya tarmog‘i elementining buzilish ehtimolligi;  $r = 0,477$  – normal qonunning doimiysi; ,  $R_{\text{voz}}$  – tashqi faktor ta’sirining radiusi;  $E$  – buzilish markazining ob’ekt markazidan chetlanish ehtimolligi.

(4.44) ifodada buzish va ob’ekt markazlarining ustma-ust bo‘lishi inkor etiladi.

(4.44) ifodani (4.42) ifodaga qo‘yib, aloqa yo‘nalishining saqlanib qolish (yashay olish) ehtimolligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$R_{\text{YASHAY}} = \prod_{j=1}^l \left[ 1 - l \frac{p_{\text{B}V3}^2}{E^2} \right] \quad (4.40)$$



Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlarining yashay olish shartsiz ehtimolligi ma'lum bir vaqt davri  $\Delta t$  mobaynidagi tarmoq yashovchanligini tavsiflaydi. Bunday ehtimollik taqsimlangan elementli tarmoqning yashovchanligini baholashda qo'llaniladi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining taqsimlangan elementlari, katta maydonda hududiy taqsimlangan bir nechta nuqtaviy elementlarning to'plamidir. Bu holda element yashovchanligini baholashda uning tarkibiy qismlarining buzilish ehtimolligi hisoblanadi, so'ngra elementning holati to'laligicha baholanadi. Agar taqsimlangan  $i$  - nchi element o'zaro bog'lanmagan (yashovchanlik bo'yicha) qismlarga ajratilishi mumkin bo'lmasa, uning yashay bilish ehtimolligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$P_{\text{yashay}} = (\Delta t) = 1 - P_{\text{BV3,1}} \left( \frac{S_{\text{TT}}}{S_j} \right) \quad (4.41)$$

bunda  $S_{\text{TT}}$  – quyidagi ko'rinishda aniqlanadigan, ta'sir maydoni:

$$S_{\text{TT}} = \pi R S_{\text{TT}}^2 \quad (4.42)$$

$S_1$ - telekommunikatsiya tarmoqlari elementining maydoni:

$$S_1 = \pi R_1^2 \quad (4.43)$$

Bundan (4.41) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$P_{\text{YASH}} = (\Delta t) = 1 - P_{\text{TT,1}} \left( \frac{R_{\text{TT}}^2}{R_j^2} \right) \quad (4.44)$$

Ushbu ifoda quyidagi holatlar uchun o'rinli bo'ladi:

$$S_{\text{tt}} \leq S_1 \quad \text{yoki} \quad S_{\text{TT}} \leq S \leq R_j \quad (4.45)$$

Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy yashovchanligi tarmoqqa kiruvchi, ham elementlari tarkibi bo'yicha, ham telekommunikatsiya ohirgi uzellarining (boshqarish punktlari) muhimligi bo'yicha bir jinsli bo'lmagan aloqa yo'nalishlarini hisobga olgan holda aniqlanadi. SHu bilan bog'liq holda aloqa yo'nalishlari muhimligi bo'yicha ikkita-uchta (ko'proq xam bo'lishi mumkin) guruhlariga ajratiladi.

Har bir guruhning solishtirma vazni  $g_1$  telekommunikatsiya tarmoqlari buyurtmachisi bilan kelishilgan holda ekspertlash usulida oʻrnatiladi. Vazn koeffitsientini aniqlashning meʼyorlash sharti aloqa yoʻnalishlari guruhlarining muhimligi boʻyicha jami vaznlar yigʻindisi birga teng boʻlishidir:

$$\sum_{m=1}^M g_m = 1 \quad (4.46)$$

bunda  $M$  – aloqa yoʻnalishlari guruhlarining soni.

YUqorida koʻrilgan usul yordamida har bir gurux muximligi boʻyicha aloqa yoʻnalishlarining yashay bilish ehtimolligini hisoblab, telekommunikatsiyaning hamma tarmoqlari boʻyicha yashay bilishning oʻrtacha oʻlchangan ehtimolligini aniqlaymiz:

$$P_{\text{YASH AT}} = \sum_{j=1}^j ( g_m P_{\text{YASH.Aj}} ) \quad (4.47)$$

bunda  $J$  – aloqa yoʻnalishlarining soni.

Misol, tarmoqning bitta variantida hamma aloqa yoʻnalishlari ikkita guruhga ajratilgan boʻlsin, mos guruhlar boʻyicha muhimlik darajasi:

$$g_{\text{Aj1}} = 0,7 \quad g_{\text{Aj2}} = 0,3$$

Birinchi tarmoq uchun aloqa yoʻnalishlarining yashay bilish ehtimolligi, mos guruhlar boʻyicha:

$$R_{\text{YASH1}} = 0.4 \quad R_{\text{YASH2}} = 0.8$$

Telekommunikatsiya tarmoqlarining boshqa variantida aloqa yoʻnalishlarining yashay bilish ehtimolligi, mos guruhlar boʻyicha:

$$R_{\text{YASH1}} = 0.8 \quad R_{\text{YASH2}} = 0.4$$

Guruhlar muhimlik darajasi birinchi telekommunikatsiya tarmogʻi bilan bir xil. Telekommunikatsiya birinchi tarmogʻining oʻrtacha oʻlchangan ehtimolligi:

$$R_{\text{YASH AT}} = 0.4 \cdot 0.7 + 0.8 \cdot 0.3 = 0.52$$

ikkinchisida esa

$$R_{\text{YASH AT}} = 0.8 \cdot 0.7 + 0.4 \cdot 0.3 = 0.68$$

Bundan, telekommunikatsiya tarmogʻining ikkinchi variantiga afzallik berish mumkin, degan xulosa chiqadi.

Quyidagini belgilash mumkin, telekommunikatsiya tarmoqlari elementlarining yashay bilish ehtimolligining bahosi boshqarish punktlarining mos telekommunikatsiya uzellari orasida axborot bogʻlanishini taʼminlash boʻyicha telekommunikatsiya tarmoqlarining variantlari chegaraviy imkoniyatlarini tavsiflamaydi. Strukturaviy yashovchanlikni hisobga olish uchun berilgan uzellar juftligining, ular orasida xabar uzatish uchun kamida bitta mumkin boʻlgan mashrutning mavjudligi ehtimolligi sifatida aniqlanadigan, bogʻlanganlik ehtimolligidan ( $R_{sv}$ ) foydalaniladi.

Murakkab tarmoqlangan strukturalar uchun bogʻlanganlik ehtimolligi turli usullar bilan bajarilishi mumkin. Hisoblashlar uchun dastlabki maʼlumotlar telekommunikatsiya uzellari va liniyalarining yashay bilish ehtimolligining istiqbollanadigan qiymatlarining oʻrtachasidir.

Bogʻlanganlik ehtimolligini hisoblash birinchi usuli murakkab (koʻp qutbli) strukturalarni oddiy ikki qutbli ga ekvivalent oʻzgartirishga asoslangan.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining bogʻlanganlik ehtimolligini hisoblash ikkinchi usuli yoyish teoremasiga asoslangan, unda tarmoqni tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket boʻlish faraz qilinadi. Bu holda murakkab tarmoqlangan strukturani boʻlish jarayoni, struktura oddiy parallel ketma-ket ulanish koʻrinishida tasvir etilishiga qadar davom etadi. Boʻlish teoremasi qabul qilingan belgilashlar boʻyicha shakllantiriladi, masalani echilishi avval koʻrilgan edi (4.5-paragrafqa qarang).

Telekommunikatsiya vositalarining raddiyasiz ishlash vaqti (yoki raddiyaga ishlash vaqti) va qayta tiklanish vaqti boʻyicha talablar telekommunikatsiya vositalarini ishlab chiqish taktik-texnik topshiriqlarida aniqlanadi.

Koʻrinib turibdiki, nisbatan kam ishonchlilikka ega apparaturalar uchun texnik tayyorlik ishonchliligi aloqa yoʻnalishlarining talab qilingan barqarorligiga

nisbatan ancha kattadir. Quyidagini nazarda tutish kerak, barqarorlik telekommunikatsiya tarmog'ining hususiyati sifatida kengroq tushuncha bo'lib, uning quyidagi hususiyatlarini: yashovchanlik, xalaqitbardoshlik va ishonchlilikni belgilaydi.

Real sharoitlarda tarmoq bardoshligining ko'rsatkichi qiymati uni tashkil etuvchi parametrlardan past bo'lishi shubhasizdir.

#### **4.10. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash korrelyasion usuli**

**Hisoblashning iterativ algoritmi.** Yo'llar to'plami  $M = \{\mu_j\}, j = \overline{1, h}$  ma'lum bo'lsin. Elementlar yaroqliligining berilgan ehtimolliklarida  $p(\vartheta_i)$  kamida bitta yo'lning yaroqlilik ehtimolligini  $r(E)$  aniqlash talab qilinadi. Bayon etishni soddalashtirish maqsadida  $M_j = \mu_1, \dots, \mu_j$  yo'llari mavjud bo'lgan  $M$  to'plamning quyi to'plamini bildiradi,  $E_j$  va  $G_j$  xodisalar esa mos holda bu quyi to'plamning yaroqlilik va nosozligini bildiradi.

IQ tarmoqda axborot  $\mu_j$  yo'li bo'yicha faqat  $M_{j-1}$  to'plamning hamma yo'llari raddiya berganda va boshqa hamma  $h-j$  yo'llarning xolatlariga bog'liq bo'lmagan holda  $\mu_j$  yo'lning yaroqliligida uzatiladi. Bu holda  $j=1, p(G_0|\ell_1)=1$  bo'lganda:

$$p(E) = \sum_{j=1}^h p(\ell_j) p(G_{j-1}|\ell_j) \quad (4.48)$$

(4.48) yig'indi o'rin almashtirish hususiyatiga ega.  $p(G_{j-1}|\ell_j) = 1 - p(E_{j-1}|\ell_j)$  ekanligini hisobga olib va (3.19) ga mos holda  $j$ -nchi qadamda quyidagini yozish mumkin:

$$p(E_j) = p(E_{j-1}) + p(\ell_j) [1 - p(E_{j-1}|\ell_j)] \quad (4.49)$$

$\mu_i$  yo'llar uchun shartli ehtimollik formulasini qo'llash oqibatida  $\mu_i \in M_{j-1}$  yo'llar holatlaridagi korelyasiyani bartaraf etish mumkin:

$$p(\ell_i | \ell_j) = p(\ell_i) / \prod_{\exists \in \pi(\mu_i, \mu_j)} p(\exists_v) \quad (4.50)$$

bu erda,  $\pi(\mu_i, \mu_j) = \mu_i \cap \mu_j, i = 1, \dots, j-1$ .

(4.50) munosabatdan foydalanish  $\mu_i \in M_{j-1}$  yo'llar tarkibidan  $\mu_j$  yo'l elementini chiqarib tashlash bilan teng kuchlidir. Bunday usulda o'zgartirilgan yo'llar birinchi iteratsiya yo'llari deyiladi, ularning to'plami esa  $M_{j-1}^1 = \{\mu_i^1\}, i = 1, \dots, j-1$  belgilanadi. Odatda berilgan to'plamdagi yo'llar nolinch iteratsiya yo'llari deyiladi. Yo'l rangi  $r(\mu_i^1) \leq r(\mu_i^0)$  bo'ladi.

Telekommunikatsiya tarmog'ining 3.20 b a-rasmda keltirilgan ko'priksimon sxemasi uchun  $G_3^0$  va  $\ell_4^0$  hodisalar korrelyatsiyasini yo'q qilish misoli 3.1-jadvalda keltirilgan.

Kamida bitta yo'lning  $\mu_i^1 \in M_{j-1}^1$  yaroqlilik ehtimolligi:

$$p(E_{j-1}^1) = \sum_{i=1}^{j-1} p(\ell_i^1) [1 - p(E_{i-1}^1 | \ell_i^1)] \quad (4.51)$$

(4.48) ifodaga mos holda  $p(E_{j-1}^1) = p(E_{j-1}^0 | \ell_j^0)$  shartli ehtimollik birinchi iteratsiyaning  $j-1$  qadamida aniqlanadi.

$p(E_{j-1}^1 | \ell_i^1)$  hisoblashda  $E_{i-1}^1$  va  $\ell_i^1$  xodisalaridagi korrelyatsiyani yo'q qilish ikkinchi iteratsiya, so'ngra uchinchi va xakozo iteratsiyalarni tashkil etish zaruratiga olib keladi. Iteratsiya tartibini (raqami)  $k$  deb belgilaymiz. Iteratsiya raqami bir birlikka ortganda  $M_{j-k}^k$  to'plamdagi yo'llar soni bir birlikka kamayadi, shuning uchun  $k \in [0, j-1], j = 1, \dots, h$  bo'ladi.  $k$ -nchi iteratsiyada ehtimollik hisoblanadi:

$$p(E_{j-k}^k) = \sum_{i=1}^{j-k} p(\ell_k^k) [1 - p(E_{i-1}^{k+1})], \quad k = 0, \dots, j-1 \quad (4.52)$$

$k = j-1, p(E_1^{j-1}) = p(\ell_1^{j-1})$  bo'ladi, chunki shart bo'yicha  $p(E_0^j) = 0$ .

(4.52) ifodaga har bir iteratsiyada  $p(E_{j-k}^k)$  qo'yib, quyidagini xosil qilamiz:

$$p(E_j^0) = p(E_{j-1}^0) + p(\ell_j^0) \left\{ 1 - \sum_{i=1}^{j-1} p(\ell_i^1) \left[ 1 - \sum_{v=1}^{i-1} p(\ell_v^2) \left( 1 - \dots - \sum_{k=1}^2 p(\ell_k^{j-2}) (1 - p(\ell_1^{j-1})) \dots \right) \right] \right\} \quad (4.53)$$

(4.53) ifoda  $p(E^0_j)$  ehtimollikni hisoblash iterativ algoritmini tavsiflaydi. Hisoblashni tashkil etishni soddalashtirish uchun  $i$  indeksning eng katta va joriy qiymatlarini iteratsiya va qadam raqamlari bilan o‘zaro bog‘lash amalga oshiriladi.

4.1-jadval

Nolinchi iteratsiya						Birinchi iteratsiya		
Yo‘llar belgisi	Yo‘llar trassasi					Yo‘llar belgisi	Yo‘llar trassasi	
$\mu_1^0$	$b_{s,1}$	$a_1$	$b_{1,t}$			$\mu_1^1$	$b_{s,1}$	
$\mu_2^0$	$b_{s,1}$	$a_1$	$b_{1,2}$	$a_2$	$b_{2,t}$	$\mu_2^1$	$b_{s,1}$	$b_{2,4}$
$\mu_3^0$	$b_{s,2}$	$a_2$	$b_{2,t}$			$\mu_3^1$	$b_{s,1}$	
$\mu_4^0$	$b_{s,2}$	$a_2$	$b_{1,2}$	$a_1$	$b_{1,t}$		$b_{2,t}$	

Buning uchun  $k$ -nchi iteratsiyadagi  $i$  indeksning eng katta va joriy qiymatlarini quyidagicha  $I(k)$ ,  $i(k)$  belgilaymiz.  $I(k)$  –  $k$ -nchi iteratsiyadagi yo‘llar soni,  $i(k)$  –  $M_{I(k)}^k$  to‘plamdagi yo‘l raqami.  $K = 0$  bo‘lganda:

$$I(0) = h, \quad (4.54)$$

$1 \leq k \leq j-1$  bo‘lganda esa, avval bayon qilinganlar asosida:

$$I(k+l) - i(k) - l. \quad (4.55)$$

O‘zaro bog‘langan indekslarning  $I(k)$ ,  $i(k)$  kiritilishi istalgan iteratsiyaning istalgan qadamida hisoblashlar o‘tkazish uchun umumiy ifodani yozish imkonini beradi:

$$p(E_{i(k)}^k) = p(E_{i(k)-1}^k) + p(\ell_{i(k)}^k) \left[ 1 - p(E_{i(k)-1}^{k+1}) \right], \quad (4.56)$$

$$\text{bu erda } p(E_{i(k)-1}^{k+1}) = p(E_{i(k)-1}^k | \ell_{i(k)}^k), i(k) = 1, \dots, I(k); k = 0, \dots, j-1 \quad (4.57)$$

Quyida (4.57) ifodadan foydalanib  $r(E)$  ni hisoblash iterativ algoritmini bayon etiladi. Algoritmning asosini tengsizliklar bajarilishini tekshirish:

$$i(k) < I(k); \quad (4.58)$$

$$k > 0, \quad (4.59)$$

$i(k)$  indeks qiymatlarining o'zgarishi,  $I(k)$  zaruriy qadamlar sonini aniqlash,  $(k + 1)$ -nchi iteratsiyaga o'tganda va (4.59) ifoda bo'yicha  $p(E_{i(k)}^k)$  hisoblaganda  $M_{i(k)-1}^{k+1}$  to'plamni shakllantirish bo'yicha operatsiyalar tashkil etadi.  $I(k) = 1, k = 0, \dots, j-1$  bo'lganda, yuqorida kiritilgan shartga asosan:

$$p(E_1^k) = p(\ell_1^k) \quad (4.60)$$

(4.59) tengsizlikning bajarilishi  $k$ -nchi iteratsiyaning har bir qadami tamom bo'lishi bo'yicha tekshiriladi. Agar (4.59) tengsizlik bajarilsa,  $i(k)$  indeks bir birlikka oshiriladi, yo'llar to'plami  $M_{i(k)-1}^{k+1}$  shakllantiriladi, so'ngra (4.58) bo'yicha  $I(k)$  aniqlanadi,  $k$  ning qiymati esa bir birlikka oshiriladi. Agar  $i(k) = I(k)$  bo'lsa, u holda (4.59) tengsizlikning bajarilishi tekshiriladi. Agar u bajarilsa,  $k$  ning qiymati bir birlikka kamaytiriladi va (4.59) bo'yicha  $p(E_{i(k)}^k)$  ning hisobi bajariladi, shundan so'ng qaytadan (4.58) tengsizlikning bajarilishini tekshirishga o'tiladi. Har bir iteratsiya (4.51) bo'yicha  $p(E_1^k)$  ehtimollikni hisoblashdan boshlanadi va (4.59) bo'yicha  $p(E_{i(k)}^k)$  ehtimollikni hisoblash bilan tamomlanadi.  $K=0$  bo'lgan holda (ikkala (4.58) (4.59) tengsizliklar bajarilmasa)  $i(k) = I(k)$  bo'lsa, algoritm to'liq tamomlanadi.

Quyida nolli iteratsiyaning birinchi, ikkinchi, uchinchi va  $j$ -nchi qadamlari bajarilganda hisoblashlar ketma-ketligi bayon etiladi.

Iteratsiya raqami  $k = 0$ , va (4.57)ga mos xolda  $i(0) = h$ .

1. *Nolli iteratsiyaning birinchi qadami.* Indeks  $i(0) = 1$ . (4.60) ga mos holda  $p(E_1^0) = p(\ell_1^0)$ . Indeks  $i(0) < I(0)$ , shuning uchun ikkinchi qadamni bajarishga o'tish amalga oshiriladi.

2. *Nolli iteratsiyaning ikkinchi qadami.* Indeks  $i(0) = 2$ . (4.59) ga binoan  $p(E_2^0) = p(E_2^0) + p(\ell_2^0)[1 - p(E_1^1)]$ .  $R(E)$  ni hisoblash uchun  $M_1^1 = \{\mu_1^1\}$ , to'plam

shakllantiriladi, bunda  $\mu_1^1$  da  $\mu_2^0$  yo'llarning elementlari mavjud emas.  $K$  -ning qiymati bir birlikka oshiriladi:  $k=1$ .

3. *Birinchi iteratsiyaning birinchi qadami.* Indeks  $i(1) = 1$ . (4.60) ga binoan  $p(E_1^1) = p(\ell_1^1)$ . Birinchi iteratsiya tugaydi. (4.58) tengsizlik bajarilmayapti, (4.59) tengsizlik esa bajarilayapti. SHuning uchun  $k$  -ning qiymati bir birlikka kamaytiriladi:  $k=0$ . (4.59) bo'yicha  $p(E_2^0)$  aniqlanadi.

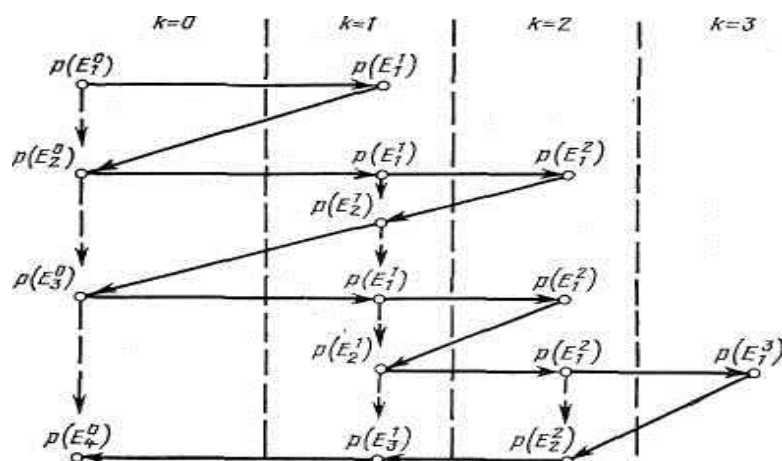
4. *Nolli iteratsiyaning ikkinchi qadami yakunlandi.* (4.59) tengsizlik  $k=0$  bo'lganda bajariladi, shuning uchun nolli iteratsiyaning uchinchi qadamiga o'tish amalga oshiriladi.

5. *Nolli iteratsiyaning uchinchi qadami.* Indeks  $i(0)=3$ . (4.59) ga binoan  $p(E_3^0) = p(E_2^0) + p(\ell_3^0)[1 - p(E_2^1)]$ .  $p(E_2^1)$  ni hisoblash uchun  $M_2^1 = \{\mu_1^1, \mu_2^1\}$  to'plam shakllantiriladi.  $\mu_1^1, \mu_2^1$  yo'llarda  $\mu_3^0$  yo'lining elementlari mavjud emas. (4.51) binoan  $I(1) = 2$ .  $K$  -ning qiymati bir birlikka oshiriladi:  $k=1$ .

6. *Birinchi iteratsiyaning birinchi qadami.* Indeks  $i(1)=1$ . (4.60) ga binoan  $p(E_1^1) = p(\ell_1^1)$ . (4.59) tengsizlik bajarilayapti, shuning uchun birinchi iteratsiyaning ikkinchi qadamiga o'tish amalga oshiriladi.

6. *Birinchi iteratsiyaning ikkinchi qadami.* Indeks  $i(l)=2$ . (4.59) ga binoan  $p(E_2^1) = p(E_1^1) + p(\ell_2^1)[1 - p(E_1^2)]$ .  $p(E_1^2)$  ni hisoblash uchun  $M_1^2 = \{\mu_1^2\}$  to'plam shakllantiriladi, bunda  $\mu_1^2$  yo'llarda  $\mu_2^1$  yo'lining elementlari mavjud emas. (4.58) ga binoan ikkinchi iteratsiyada qadamlar soni  $i(2)=1$  bo'ladi.  $K$  -ning qiymati bir birlikka oshiriladi:  $k=2$ .





4.18-rasm. Korrelyasion usulda ehtimollikni hisoblash ketma-ketligi

8. *Ikkinchi iteratsiyaning birinchi qadami.* Indeks  $i(2)=1$ . (4.60) ga binoan ehtimollik  $p(E_2^1) = p(\ell_2^1)$  teng. Ikkinchi iteratsiya tugallandi. (4.58) tengsizlik bajarilmayapti, (4.59) tengsizlik bajarilayapti.  $K$  –ning qiymati yana bir birlikka kamaytiriladi va  $p(E_3^0)$  ehtimollik xisoblanadi.

$K = 0$  bo'lganda (4.59) tengsizlik bajarilmayapti, shuning uchun nolli iteratsiyaning to'rtinchi qadamiga o'tish amalga oshiriladi.

*Nolli iteratsiyaning j –nchi qadami.*  $p(E_{j-1}^0)$  ehtimollik avvalgi qadamda hisoblangan. Indeks  $i(0)=j$ . (4.59) ga binoan:

$$p(E_j^0) = p(E_{j-1}^0) + p(\ell_j^0)[1 - p(E_{j-1}^1)] \quad (4.61)$$

$p(E_{j-1}^1)$  ehtimollik birinchi iteratsiyaning j-1 qadamlarida hisoblanadi. Birinchi iteratsiyaning  $i(i>1)$ -nchi qadami ikkinchi iteratsiyaning  $i-1$  qadamlari bajarilishini talab qiladi va xakozo. Hisoblashlar yuqorida bayon etilgan tartibda amalga oshiriladi.

**Iterativ algoritmnining samaradorligini baholash.** Iterativ algoritm bo'yicha  $r(E)$ -ni xisoblash xajmini (4.60) bo'yicha qo'shish operatsiyalarining qaytarilish soni va berilgan yo'llar to'plamidagi o'zgartirishlar soni aniqlaydi. Ularni  $K$  va  $M$  deb belgilaymiz. Nolinci iteratsiyaning birinchi qadamidagi algoritmgga binoan:

$$K_1^0 = 1; \quad M_1^0 = 0, \quad (4.62)$$

$i(k) > 1$  bo'lganda va istalgan  $k$  da  $i(k)$ -nchi qadamda hisoblashlar ketma-ketligi va hajmi  $[i(k) - 1]$  qadamlardagi hisoblashlar ketma-ketligi va xajmiga to'liq mos keladi. Bundan tashqari, (4.51) bo'yicha  $p(E_{i(k)}^k)$  aniqlanadi, shuningdek  $M_{i(k)}^{k+1}$  to'plam shakllantiriladi. SHuning uchun:

$$K_{i(k)}^k = 2K_{i(k)-1}^k; \quad (4.63)$$

$$M_{i(k)}^k = 2M_{i(k)-1}^k + 1 \quad (4.64)$$

Rekurrent munosabatlarni (4.62), (4.63) hamma qadamlar va iteratsiyalar bo'yicha, (4.63) va (4.64) hisobga olgan holda qo'shib, quyidagini hosil qilamiz:

$$K = 2^h - 1; \quad M = 2^{h-1} - 1 \quad (4.65)$$

Demak, iterativ algoritm bo'yicha  $r(E)$  hisoblash hajmi juda yuqori. Uni kamaytirish uchun iteratsiyalarda yo'llar dastlabki to'plamini o'zgartirishda ular xolatining korrelyasiyasini o'zgartirishdan foydalaniladi.

#### Nazorat savollari

1. Telekomunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatgichlarini hisoblash usullari sanab chiqing.
2. Ishonchlilik ko'rsatgichlarini hisoblash aniq analitik usullarini ayting.
3. Ishonchlilik ko'rsatgichlarini tarmoq holatlarini to'g'ridan-to'g'ri saralab hisoblash usullari mohiyatini tushuntiring.
4. Ajratish (yoyish) nazariyasini qo'llab ishonchlilik ko'rsatgichlarini hisoblash usullari mohiyatini tushuntiring.
5. Bul algebrasidan foydalanib ishonchlilik ko'rsatgichlarini hisoblash usullari mohiyatini tushuntiring.
6. Korrelyasion usuldan foydalanib ishonchlilik ko'rsatgichlarini hisoblash usullari mohiyatini tushuntiring.
7. Bog'langanlik ehtimolligini ajratish teoremasini qo'llab hisoblash nimaga asoslanadi?

8. Telekommunikatsiya tarmoqlar ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash mantiqiy usullarining mohiyati nimada?
9. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblashda qo'llanadigan saralash va mantiqiy usullarning farqi nimada?
10. Tarmoq uzellari juftligining bog'langanlik ehtimolligini hisoblash mantiqiy-ehtimolli usuli mohiyatini tushuntiring.
11. TUJBE ni MEU algoritmi bo'yicha hisoblash bosqichlarini tushuntiring.
12. Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi nima?
13. Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi qanday ko'rsatkichlar orqali tavsiflanadi?
14. Telekommunikatsiya tarmoqlarini baholash uchun yashovchanlikning qanday ko'rsatkichlari keng qo'llaniladi?
15. Telekommunikatsiya tarmoqlarini baholash ob'ektli, strukturaviy va funksional yashovchanlik ko'rsatkichlarini tushuntiring.
16. Telekommunikatsiya tarmoqlarini yashovchanlik bo'yicha baholash umumiy ketma-ketligi to'rtta bosqichlarini tushuntiring.

## **5. OPTIK TELEKOMMUNIKATSION TARMOQLARNING ISHONCHLILIGI**

Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarini qurish optik-tolali texnologiyalardan foydalanishga asoslanadi, bu esa turli darajadagi yuqori tezlikli optik transport tarmoqlarini tashkil etish imkonini beradi, masalan STM-16 asosida tarmoq tashkil etish.

YUqori tezlikda uzatish telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik xarakteristikalarini oshirishni talab qiladi. Optik telekommunikatsiya tarmoqlarini ishonchlilik nuqtai nazaridan ko‘rib chiqamiz.

### **5.1. Optik telekommunikatsiya tarmog‘ida marshrutlashni hisobga olganda tarmoq elementining ishonchliligi**

Telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanish uchta bazaviy prinsiplari quyidagicha shakllantiriladi:

- rejalashtirish, qurish, rivojlantirish va texnik ekspluatatsiyaning soddaligi (Simplicity);
- trafikni o‘lchash va qisqa vaqt ichida yangi telekommunikatsiya xizmatlarini kiritish nuqtai nazaridan moslashuvchanlik (Flexibility);
- ortiqcha yuklanishlarga, raddiyalarga va boshqa noshtatli vaziyatlarga bardoshlik (Robustness).

Operator, transport tarmoqlarini qurish konsepsiyasidan qat’iy nazar, quyidagi tezis sifatida shakllantirilishi mumkin bo‘lgan maqsadlarni ko‘zlaydi:

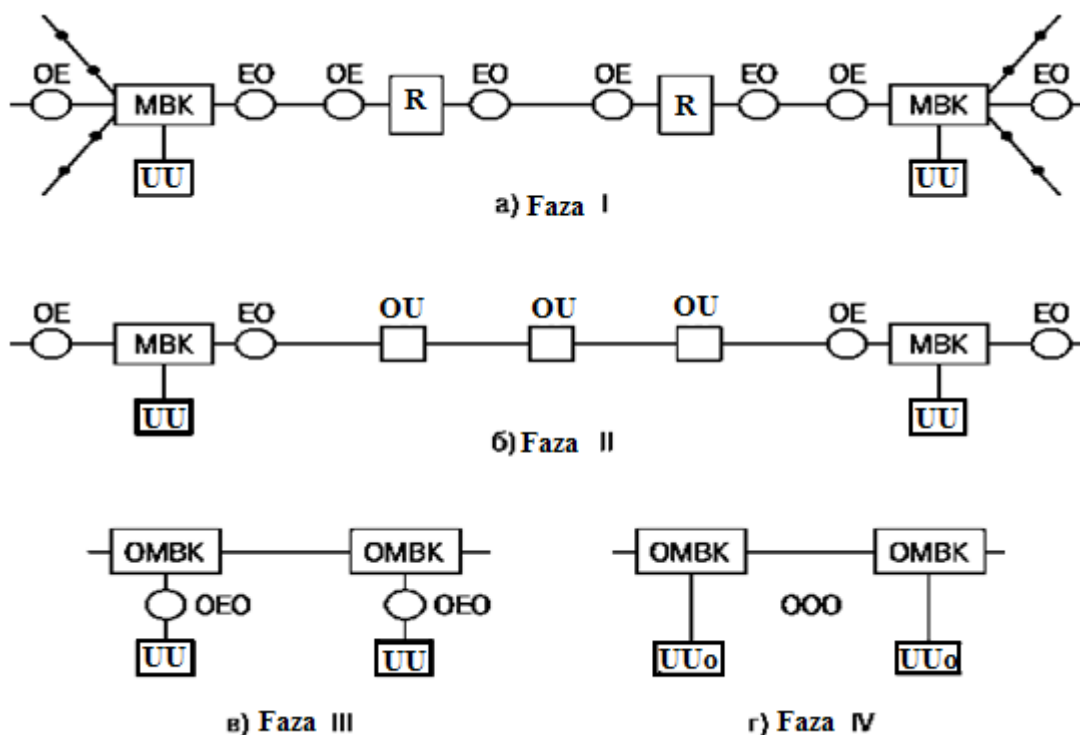
- o‘z kapital va ekspluatatsion xarajatlarini minimallashtirish;
- o‘tkazilgan trafikni oshirish va elektraloqaning yangi xizmatlarini kiritish hisobiga daromadlarini oshirish;
- yangi xizmat turlarini kiritish jarayoni bilan bog‘liq tavakkallikni (risk) kamaytirish.

Bu masalalarni, odatda qarama-qarshi masalalar, turli xil texnologiyalarni qo‘llash hisobiga echish mumkin.

XXI asr global axborotlashtirilgan jamiyatni (GAJ) shakllantirish asridir. GAJ xususiyati- bilim va axborot jamiyat mavjudligining moddiy asosini tashkil etadi. Axborotlarning xamma turlarini uzatish va taqsimlash uchun GAJ strukturasi Butun jaxon aloqa tarmog‘i (World wide communication network) yaratilmoqda va rivojlantirilmoqda. Bu tarmoq o‘zaro bog‘langan Milliy telekommunikatsiya tarmoqlarining to‘plamidir.

Istalgan zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarining texnik asosi ***axborot transport tarmog‘idir.*** Telekommunikatsiya tarmoqlarining vazifasi standartlashtirilgan raqamli oqimlar ko‘rinishidagi axborotlarni yuqori sifatda va to‘xtovsiz xolda uzatishdir.

Xozirda ekspluatatsiya qilinayotgan transport tarmoqlarida axborotni uzatish uchun asosan optik tolali kabellar qo‘llaniladi. Axborotni qayta ishlash, uni raqamli shakldagi elektr signaliga aylantirilgandan keyin amalga oshiriladi. SHuning uchun OE (optik-elektrik) va EO (elektrik-optik) turidagi o‘zgartirgichlar zarur bo‘ladi. Lekin ularning qo‘llanish soxasi tobora qisqarib bormoqda. 5.1-rasmda kanallarni ajratish ikkita multipleksorlari (MVK) aloqasi uchun to‘rtta fazani qamrovchi bu tendensiya ko‘rsatilgan.



5.1-rasm. "OE" i "EO" o'zgartirgichlarining qo'llanilishi

I faza transport tarmoqlarida optik tolali kabellardan foydalanish dastlabki bosqichi uchun xarakterlidir. OE va EO turidagi o'zgartirgichlar har bir MBK dan oldin va keyin o'rnatilgan. Agar signalni qayta tiklash zarurati tug'ilsa, bunday o'zgartirgichlar har bir regeneratordan (R) oldin va keyin o'rnatilgan. Har ikkala MBK ga metall o'tkazgichli kabellar ulanishi mumkin (rasmda nuqtali liniyalar).

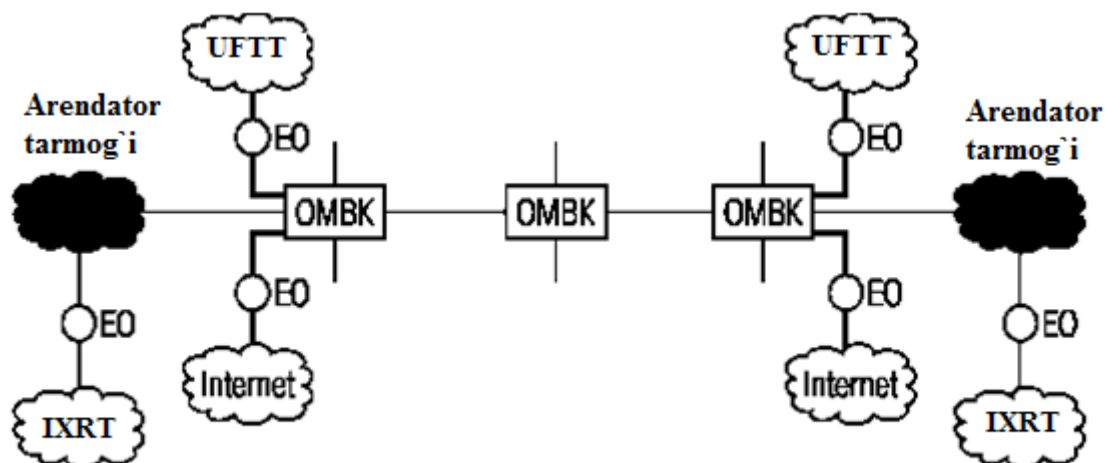
II fazada optik kuchaytirgichlar (OU) qo'llanila boshlandi. Bu xolda transport tarmoqlarida regeneratolar kerak bo'lmay qoldi. Bu esa OE va EO turidagi o'zgartirgichlar sonini kamayishiga olib keldi.

III faza –kanallarni ajratish optik multipleksorlar (OMBK) qo'llanilishi, ular elektrik shakldagi signalga o'tmasdan yarim-doimiy kommutatsiyani amalga oshiradi. O'zgartirgichlar OMBK kommutatsion maydoni va boshqaruv qurilmasi (UU) orasiga o'rnatiladi. OMBKda uch xarfli abbreviatura OEO

(optical/electrical/optical) bilan belgilangan o'zgartirgichlar qo'llaniladi. Qisqartmadagi "E" xarfi UU elektrik shakldagi axborot bilan ishlashini ko'rsatadi.

IV faza istiqbolli echimdir, unda boshqarish tizimida optik signallar shaklidagi axborotlar bilan ishlaydigan kompyuterlar qo'llaniladi. Bunday boshqarish tizimi 5.1-rasmda UUo abbreviatura bilan belgilangan. Bu echim "OOO" (optical/optical/optical) ko'rinishda belgilanib, axborotni uzatish, kommutatsiyalash va qayta ishlashda faqat optik texnologiyani qo'llanilishini ko'rsatadi.

Optik transport tarmoqlarini tuzish prinsiplarini ishlab chiqish bo'yicha ishlar olib borilmoqda. Ingliz tilida quyidagi abbreviatura OTN (Optical Transport Network) qo'llaniladi. Xozirgi paytda bu termin 5.1-rasmda keltirilgan transport tarmoqlarining rivojlanish III va IV fazalariga mos keladi. "To'liq optik tarmoq" inglizcha "All-Optical Network" terminning tarjimai bo'lib, telekommunikatsiya tarmog'ining OE va EO o'zgartirgichlari qo'llanmasdan signallarni uzatish fragmentini ko'rsatadi. Ideal xolatda bu fragment kengayib transport tarmog'i optik bo'lishi kerak. Ya'ni axborotni uzatish va taqsimlash vositalari faqat optik texnologiyalarga tayangan bo'lishi kerak. 5.2-rasmda optik transport tarmoqdan tashkil topgan telekommunikatsiya tizimining fragmenti ko'rsatilgan. Bu tarmoq o'z resurslarini umumiy foydalanish telefon tarmog'iga (TFOP) va Internet ga, shuningdek boshqa Operatorga ijara (arenda) hisobida taqdim etadi. Bu xolda transport tarmoq resurslari SDH yoki PDH traktlariga o'tilmasdan arendaga beriladi.



5.2-rasm. Optik transport tarmoqlari resurslaridan foydalanish

Keltirilgan 5.2-rasmda UFTT va Internet kommutatsion uskunalari elektrik shakldagi signallar bilan ishlaydi, shuning uchun OMBK dan keyin EO turidagi o'zgartirgich o'rnatiladi. Arendator tarmog'iga resurslar optik shaklda beriladi. Integral xizmat ko'rsatish raqamli tarmoq (IXRT) arendaga olingan raqamli traktlar hisobiga shakllantiriladi, shuning uchun IXRT kommutatsion stansiyalari oldiga EO turidagi o'zgartirgich o'rnatiladi.

Telekommunikatsiya optik transport tarmoqlarida ishonchlilikni ko'p jihatdan unda qo'llanadigan marshrutlash turi va usullari belgilaydi.

## 5.2. Mashrutizatorlarning vazifasi va ularning axborot almashinishidagi o'rni

**OSI modeli protokollarining tarmoq sathi.** Tarmoq sathi (Network Layer) bir nechta tarmoqlarni birlashtiruvchi, yagona transport tizimini shakllantirish uchun xizmat qiladi va bu tarmoqlar oxirgi uzellari orasida turli uzatish prinsiplaridan foydalanishi va ixtiyoriy bog'lanish strukturasi ega bo'lishi mumkin. Tarmoq sathining vazifalari etarlicha tur-xil bo'ladi.

Tarmoq sathida *tarmoq* atamasining o'ziga xos ma'nosi muayyan ma'noga ega. Mazkur holda, tarmoq deyilganda standart topologiyalardan biriga muvofiq va



berilgan topologiya uchun belgilangan kanal sathi protokollar biridan ma'lumotlar uzatish uchun foydaladigan o'zaro bog'langan kompyuterlar jamlamasi tushuniladi.

Tarmoq ichida ma'lumotlarni etkazish tegishli kanal sathida ta'minlanadi, tarmoqlar orasida ma'lumotlarni etkazish bilan esa tarmoq sathi shug'ullanadi, u xabarni uzatish marshrutini to'g'ri tanlash imkoniyatini qo'llab-quvvatlaydi va xatto tarmoq tashkil etuvchilari orasida bog'lanish strukturasi kanal sathi protokollarida qabul qilingan xarakterlardan farqli bo'lgan xolda ham marshrutini to'g'ri tanlash imkoniyatiga ega.

Eng yaxshi yo'lni tanlab olish muammosi "marshrutizatsiya" deb ataladi va uning echimi tarmoq sathining asosiy bosh vazifalaridan biridir. Bu muammo, eng qisqa yo'l har doim ham eng yaxshi emasligi bilan murakkabdir. Ko'pincha marshrutni tanlashdagi mezon ushbu marshrut bo'ylab ma'lumotlarni uzatish vaqti hisoblanadi, u aloqa kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati va vaqt bo'yicha o'zgaradigan trafik intensivligiga bog'liqdir. Ba'zi bir marshrutlash algoritmlari yuklanishlar o'zgarishlariga moslashishga harakat qilishadi, boshqalari esa uzoq vaqt davomida o'rtacha ko'rsatkichlar asosida qaror qabul qilishadi. Marshrut boshqa mezonlarga muvofiq tanlanishi mumkin, masalan, uzatishning ishonchliligi.

Umuman olganda, tarmoq sathining funksiyalari nostandart struktura bilan bog'lanishdagi xabarlarni uzatish funksiyalaridan kengdir.

Tarmoq sathi shuningdek turli texnologiyalarni moslashtirish, katta tarmoqlarda adreslashni soddalashtirish va tarmoqlar orasida istalmagan trafiklar yo'lga ishonchli va moslashuvchan to'siqlarni yaratish masalalarini echadi.

Tarmoq sathidagi xabarlarni odatda paketlar (packets) deb atash qabul qilingan. Bunday holda, qabul qiluvchi manzili eng yuqori qismi - tarmoqning raqami va eng pasti - ushbu tarmoqdagi uzal raqamidan iborat bo'ladi. Bitta tarmoqning barcha uzellari adresining yuqori qismi bir xil bo'lishi kerak, shuning uchun "tarmoq" atamasiga tarmoq sathida boshqa va nisbatan rasmiy ta'rif berish mumkin: tarmoq - uzal majmui bo'lib, ularning tarmoq adresi bitta va tarmoq

nomerining o'zi bo'ladi. Tarmoq sathida ikkita protokol turi aniqlanadi. Birinchi turi - tarmoq protokollari – paketlarni tarmoq orqali xarakatini amalga oshiradi. Tarmoq sathi protokollari haqida gapirganda ushbu protokollar nazarda tutiladi. Ammo, ko'p xollarda tarmoq sathi protokollariga boshqa turdagi protokollarni, marshrut axborotini almashish protokoli deb ataladigan boshqa protokollarning turini yoki oddiy qilib aytganda marshrutizatsiya protokollarini kiritish mumkin. Tarmoq sathida yana bitta turdagi protokollar, ular uzal adresini, tarmoq sathida qo'llanadigan tarmoqning lokal adresida aks ettirishga javobgardir. Bunday protokollarga manzilni hal qilish protokoli deyiladi. Tarmoq sathi protokollariga misollar TSR/IP stekda tarmoqlararo o'zaro bog'lanish IP protokoli va Novell stekda paketlarni tarmoqlararo almashish IPX protokolini ko'rsatish mumkin.

***Marshrutizator ishlashining umumlashgan tavsifi.*** *Marshrutizator* - bu tarmoqlararo bog'lanish topologiyasi haqida ma'lumot to'playdigan va uning asosida tarmoq sathi paketlarini belgilangan manzildagi tarmoqqa yo'naltiradigan qurilma.

Marshrutizatorning asosiy vazifasi - har bir port bo'yicha qabul qilingan va buferlangan tarmoq protokollari paketlarining sarlavhalarini o'qish, tarmoq raqami va uzal raqamidan iborat paketning tarmoq adresi bo'yicha xarakatlanish marshruti xaqida qaror qabul qiladi.

***Oddiy marshrutizatsiyalash.*** Bu ma'lumotlar uzatish tarmog'i topologiyasi va holati o'zgargarishida o'zgarmayotgan marshrutlash usulidir.

Oddiy marshrutizatsiya turli xil algoritmlar bilan ta'minlanadi, ularning odatda namunaviylari quyidagilardir:

-Tasodifiy marshrutizatsiya- xabarni uzal qabul qilgan yo'nalishlardan tashqari, xabarlarni uzaldan tasodifiy tanlangan yo'nalishga yuborishdir.

-Ko'chkili marshrutizatsiya- uzalga xabar tushgan yo'nalishdan tashqari, barcha yo'nalishdagi uzallarga xabar yuborishdir. Bunday marshrutlash, o'tkazuvchanlik

qobiliyat yomonlashishi hisobiga, paketni etkazib berish muddati kamligini kafolatlaydi.

-Avvalgi tajriba bo'yicha marshrutizatsiya- har bir paketda bosib o'tgan uzellar sonining hisoblagichi bor, har bir uzelda hisoblagich tahlil qilinadi va hisoblagichning minimal qiymatiga mos keladigan marshrut esda saqlanadi. Bunday algoritm tarmoq topologiyasi o'zgarishiga moslashish imkonini beradi, biroq adaptatsiya jarayoni sekin va kam samarali o'tadi.

Umuman olganda, oddiy marshrutizatsiya paketni yo'nalishli uzatishni ta'minlamaydi va kam samaradorlikka ega. Uning asosiy afzalligi tarmoqning turli qismlari ishlamayotgan taqdirda tarmoqning barqaror ishlashini ta'minlashdan iborat.

*Qaydlangan (fiksatsiyalangan) marshrutizatsiya.* Ushbu algoritm oddiy bog'lanishli topologiyasi bo'lgan tarmoqlarda ishlatiladi va tarmoq boshqaruvchisi (administratori) tomonidan marshrutizatsiya jadvali qo'lda tuzilishiga asoslanadi.

Algoritm ko'p xollarda katta tarmoqlar magistrallarida ham samarali ishlaydi, chunki magistralning o'zi, paketlar xarakatlanishi uchun eng yaxshi yo'llar mavjud bo'lgan magistralga ulangan quyi tarmoqlarga ega, sodda strukturali bo'lishi mumkin.

Qaydlangan marshrutizatsiyada quyidagi algoritmlarni ajratadi:

-bitta yo'nalishda qaydlangan marshrutizatsiya-bunda ikkita abonent o'rtasida bitta yagona yo'l o'rnatiladi. Bunday marshrutizatsiyaga ega bo'lgan tarmoq rad etishlarga va ortiqcha yuklanishlarga barqaror emas.

-Ko'p yo'nalishli qaydlangan marshrutizatsiya-bunda bir nechta mumkin bo'lgan yo'llarni belgilash va yo'l tanlash qoidasi joriy qilinishi mumkin. Bunday marshrutizatsiyaning samaradorligi yuklanish ortishi bilan kamayadi. Aloqa liniyasining biron-bir raddiyasida, marshrutlash jadvalini o'zgartirish kerak, buning uchun har bir aloqa uzelda bir nechta jadval saqlanadi.

*Adaptiv marshrutizatsiya.* Bu murakkab topologiyaga ega zamonaviy tarmoqlarda marshrutizatorlar tomonidan qo'llaniladigan marshrutizatsiyalash algoritmlarining asosiy turidir. Adaptiv marshrutizatsiyalash marshrutizatorlarning intranetdagi tarmoqlar haqida, shuningdek marshrutizatorlar orasidagi bog'lanishlar haqida muntazam ravishda maxsus topologik ma'lumot almashinishi asosida amalga oshiriladi. Odatda, nafaqat ulanishlar topologiyasi emas, balki ularning o'tkazuvchanlik qobiliyati va holati ham hisobga olinadi.

Adaptiv protokollar barcha marshrutizatorlarga tarmoqdagi ulanishlarning topologiyasi haqida ma'lumot to'plash imkonini beradi va barcha konfiguratsiyalardagi o'zgarishlarni darhol qayta ishlaydi.

Ushbu protokollar taqsimlangan xarakterga ega, bu tarmoqda topologik ma'lumotlarni to'playdigan va umumlashtiradigan maxsus marshrutizator yo'qligi orqali ifodalanadi. Bu ish barcha vsemi marshrutizatorlar orasida taqsimlangan bo'ladi. Adaptiv marshrutizatsiyalashda quyidagi algoritmlar ajratiladi:

-Lokal adaptiv marshrutizatsiya - har bir uzal aloqa liniyasi holati, navbatning uzunligi va marshrutlash jadvali haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

-Global adaptiv marshrutizatsiya - qo'shni uzellardan olingan ma'lumotlardan foydalanishga asoslangan. Buni amalga oshirish uchun, har bir uzelda xabarning o'tish davomiyligi ko'rsatiladigan marshrutlash jadvali mavjud bo'ladi. Qo'shni uzellardan olingan ma'lumotlarga asosan, jadvalning qiymati uzalning o'zida navbatning uzunligini hisobga olgan holda qayta hisoblab chiqiladi.

-Markazlashtirilgan adaptiv marshrutizatsiya – bunda tarmoq holatiga oid ma'lumotlarni to'playdigan ayrim markaziy uzal mavjud bo'ladi. Ushbu markaz marshrutlash jadvallarini o'z ichiga olgan boshqaruvchi paketlarini shakllantiradi va ularni aloqa uzellariga jo'natadi.

-Gibrid adaptiv marshrutizatsiya - bu markaz tomonidan muntazam ravishda yuborilgan jadvalni ishlatish va uzalning o'zidagi navbatning uzunligini tahlil qilishga asoslanadi.

### **5.3. Optik tarmoqlarda axborot uzatilishida tarmoq elementining ishonchliligi**

Tizimning ekspluatatsiyaning ma'lum bir sharoitlarida berilgan funksiyalarni bajarish qobiliyati tizimning strukturaviy ishonchliligi deyiladi. Murakkab tizim bo'lgan, aloqa tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligini baholashda tarmoqni tashkil etuvchi elementlarining ishonchliligi hisobga olinadi, ularga shuningdek aloqa liniyalari, axborot paketlarini qayta ishlovchi, kommutatsiyalovchi va siljitishni amalga oshiradigan tarmoq aktiv elementlari kiradi. Umuman olganda tarmoq ishonchliligini baholash uchun tarmoqni tashkil etuvchi xar bir elementining ishonchliligi (element ishonchliligi) hisobga olinadi. Tarmoqni tashkil etuvchi elementlarining ishonchliligini aniqlash turli uslubiyatlari mavjud, ularga tizim ishonchligiga ta'sir qiluvchi xar xil omillarni hisobga oluvchi, statistik usullar, matematik va imitatsion usullar kiradi.

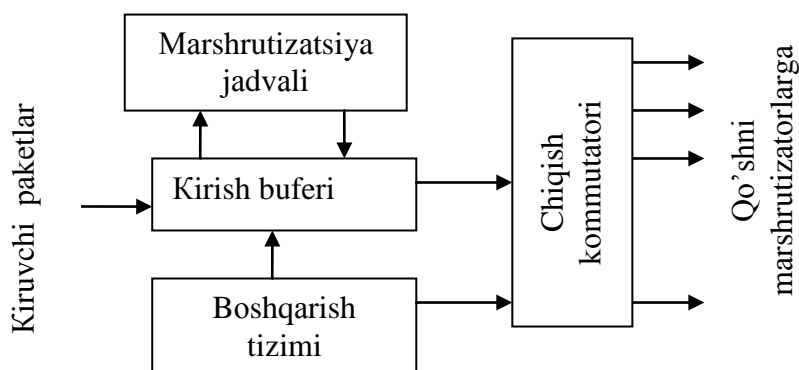
Tarmoq elementlarining ishonchliligini baholash masalari, aloqa tarmoqlari bo'yicha uzatilayotgan trafik xajmini keskin ortishi sababli, xozirda dolzarb bo'lib qolmoqda, chunki trafik xajmini ortishi aloqa tarmog'i yuklamasi ortishiga olib keladi, bu esa tarmoqni tashkil etuvchi elementlar ishonchliligi pasayishiga sabab bo'ladi. SHuning uchun tarmoq elementining ishonchliligini aniqlash masalasini ko'rib chiqamiz shuningdek va aloqa tarmoqlarida paketlarni klassik va oqimli marshrutizatsiyalashda tarmoq elementlarining ishonchliligini taqqoslashni amalga oshiramiz.

Aloqa tarmog'ining ishonchliligi deb, uni normal ishlashiga xalaqit beradigan turli ta'sirlarga qarshi turish qobiliyatini tushunamiz. Tarmoq normal ishlashiga xalaqit beradigan ta'sirlar deb, tarmoqni tashkil etuvchi ayrim elementlari (aloqa liniyalari, marshrutizatorlar, tarmoq elementlari) orqali, umuman olganda aloqa tarmog'i ishlashini yomonlagtiruvchi turli ta'sirlarni tushunamiz. Aloqa tarmog'i normal ishlashiga xalaqit beradigan ta'sir sifatida aloqa tarmog'i bo'yicha o'tadigan

axborot oqimlarini tanlaymiz, ma'lumki, axborotni aloqa tarmog'i bo'yicha uzatish uchun tarmoq bo'sh resurslari mavjud bo'lishi lozim (masalan, ayrim tarmoq elementlarini bog'lovchi aloqa kanallarining o'tkazish polosasi), ulardan xabarlarini uzatish uchun foydalaniladi. Aloqa tarmog'ida bo'sh kanal resurslari bo'lmasa, tarmoq ayrim foydalanuvchilari orasida axborot uzatish mumkin bo'lmaydi. SHunday qilib, foydalanuvchilar orasida aloqa tarmog'ining barbod bo'lishiga analog (o'xshash) xodisa (aloqa tarmog'ini tashkil etuvchi elementlari ishlash qobiliyatini yo'qotgan bo'ladi) ro'y beradi. O'xshash "barbod bo'lish" aloqa tarmog'ining barcha tashkil etuvchi elementlarida bo'lishi mumkin: aloqa liniyalari, marshrutizatorlar va x.k., aloqa tarmog'ini tashkil etuvchi aloqa liniyalarining berilgan ishonchlilik parametrlari bo'yicha aloqa tarmog'ining strukturaviy ishonchliligini baholash masalalari, xozirgi vaqtda juda yaxshi o'rganilgan. Aloqa tarmog'ining strukturaviy ishonchliligini bahodash usullari texnik adabiyotlarda keng yoritilgan.

Tarmoq aktiv elementining, masalan juda keng tarqalgan aloqa tarmog'ining marshrutizatori, strukturaviy ishonchliligini aniqlash masalasini ko'rib chiqamiz (5.3-rasm).

Marshrutizatorning ishlash prinsipi quyidagi amalga oshiriladi. Axborot paketlari marshrutizator kirishiga kelib tushadi va kirish buferiga joylashishadi. Marshrutizator (xizmat ko'rsatish tushish tartibi bo'yicha, nisbiy imtiyozli xizmat ko'rsatish va x.k.) tarmoq satxidagi paketlar sarlavxalari (jumladan, paket oluvchining adres maydoni) marshrutizatsiyalash jadvalidagi mavjud ma'lumotlar bilan taqqoslanadi, unda marshrutizator chiqish porti (kanali) va qabul qiluvchi adresi mosli xaqida yozuv bo'ladi.



5.3-rasm. Marshrutizatorning funksional sxemasi

Marshrutizatorlarda mos yozuvlar mavjud bo'ladigan xolatda, paket chiqish kommutatoriga yo'naltiriladi, undan paket keyingi marshrutizatorga uzatiladi. Bu jarayon paketni manbadan iste'molchigacha uzatiladigan yo'li davomida xar bir marshrutizatorlarda takrorlanadi.

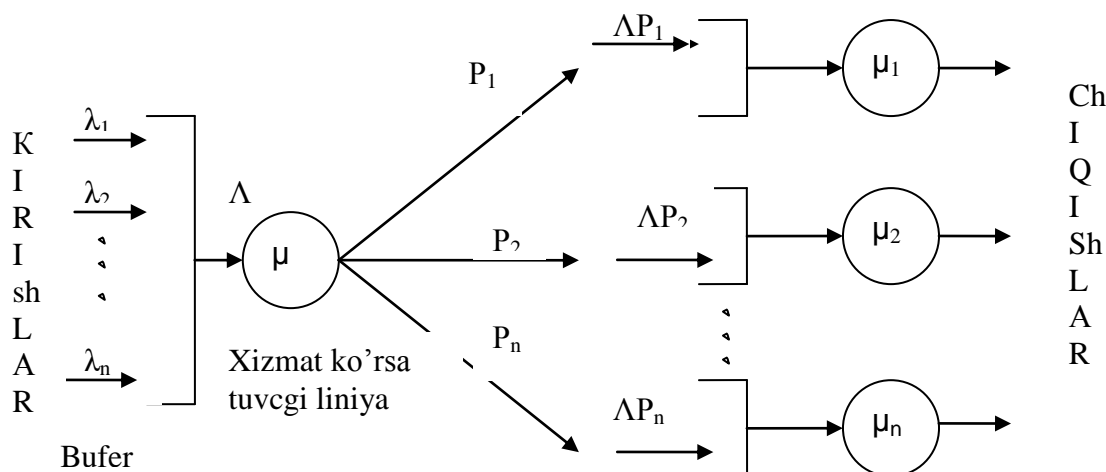
SHunday qilib, marshrutizator ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi nuqtai nazaridan, bir-biriga ketma-ket ulangan ikkita xizmat ko'rsatuvchi liniya sifatida tavsiflanadi. Marshrutizatorning ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi sifatida talqin etilish sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan. Unda quyidagi belgilashlar ko'rsatilgan:

$\lambda_i$  – tarmoq elementining  $i$  – nchi kirishiga tushuvchi ma'lumotlar paketlarining intensivligi;

$\mu$  – marshrutizator liniyalarining xizmat ko'rsatish unumdorligi;

$\mu_i$  – marshrutizatorning  $i$  – nchi chiqishi ulangan aloqa kanalining unumdorligi;

$P_j$  – ma'lumotlar paketini uzatish uchun  $j$  – nchi chiqish liniyasini tanlash ehtimolligi (aloqa tarmog'ida qo'llaniladigan marshrutlash protokoli va aloqa tarmog'i topologiyasiga bog'liq);



5.4-rasm. Marshrutizatorning ommaviy xizmat ko'rsatish sifatidagi modeli

$\Lambda$  – tasodifiy jarayonlar  $X_i$  bo'yicha berilgan, kirishga tushuvchi oqimlarning xar biri yaratadigan yig'indi yuklama, u quyidagicha aniqlanadi:

$$\Lambda = M \left[ \sum_{i=1}^n X_i \right] \quad (5.1)$$

Bundan keyin, aloqa tarmog'i marshrutizatorlarini bog'lovchi aloqa liniyalari absolyut ishonchli va umuman olganda aloqa tarmog'i strukturaviy ishonchligiga ta'sir etmaydi (boshqacha qilib etganda, marshrutizatorlar chiqishlari ulangan aloqa kanallarining unumdorligi cheksizlikka teng deb hisoblash mumkin) deb faraz qilamiz. SHuning uchun tahlilashda marshrutizatorning kirish qismini (5.3-rasmga qarang) ko'rish bilan cheklanaiz. Faraz qilamiz, marshrutizatorning kirishiga puasson taqsimot qonuniga ega va intensivligi  $\lambda_i$  bo'lgan axborotlar oqimlari tushayotgan bo'lsin. U xolda 5.1-ifoda va puasson taqsimot qonunining xususiyatlaridan kelib chiqib, birlashgan oqimning intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Lambda = M \left[ \sum_{i=1}^n X_i \right] = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$



Eng sodda xolda, kirishga tushayotgan axborot oqimlari intensivligi  $\lambda_i$  agar quyidagi  $\lambda$  ga teng bo'lsa, u xolda yig'indi oqimning intensivligi quyidagicha bo'ladi:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i - \sum_{i=1}^n \lambda = n\lambda$$

Marshrutizatorning kirish buferi cheklangan o'lchamga  $N$  ega bo'lsin. U xolda, ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasida ma'lumki, kirish buferining paketlar bilan to'ldirilish ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_N = \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \rho^N \quad (5.2)$$

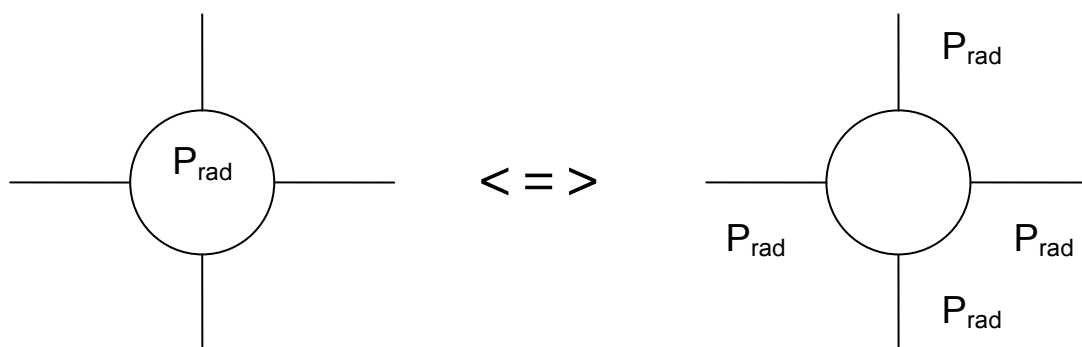
Lekin bu ehtimollik shuningdek ommaviy xizmat ko'rsatish tizimini blokirovkalanish ehtimolligiga teng. Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimi  $N$  xolatda bo'lganida kirishga tushayotgan barcha mijozlar rad etiladi va ularga xizmat ko'rsatilmaydi. Shunday qilib, ushbu ehtimollik tarmoq elementining ishonchliligiga o'xshash bo'ladi.

5.2-ifodadan foydalanib, aloqa tarmog'i strukturasi tashkil etuvchi, tarmoq barcha aktiv elementlarining blokirovkalanish ehtimolligini aniqlash mumkin. Ma'lum bo'lgan telekommunikatsiya tizimlarining strukturaviy ishonchliligini baholovchi metodlardan foydalanib, ma'lum cheklashlar bilan, umuman olganda aloqa tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligini baholashni amalga oshirish mumkin.

Tarmoq elementining (marshrutizatorning) rad etish ehtimolligi quyidagicha bo'lsin

$$P_{OTK} = P_N$$

Aloqa liniyalarining absolyut ishonchliligida tarmoq elementi ishlashini rad etish ehtimolligi, absolyut ishonchlili elementda marshrutizatorga kiruvchi aloqa liniyalarining blokirovkalanish ehtimolligini bilan almashtirilishi mumkin, bu xolat 5.5-rasmda ko'rsatilgan.



5.5-rasm. Tarmoq elementi ishonchliligining aloqa liniyalari ishonchliligi bilan almashtirilish prinsipi

Endi o‘zaro aloqa liniyalari bilan bog‘langan ikkita marshrutizatorni ko‘rib chiqamiz. Birinchi marshrutizatorning ishlashida raddiya berish ehtimolligi  $p_1$ , ikkinchisniki esa  $p_2$  bo‘lsin. Ikkinchi marshrutizatorning raddiya berish ehtimolligini, marshrutizatorlarni bog‘lovchi aloqa liniyalarining raddiya berish ehtimolligi bilan almashtiramiz. SHubxasiz, bunday liniyaning raddiya berish ehtimolligi  $p_1$  va  $p_2$  ehtimolliklardan katta bo‘ladi. To‘liq ehtimollik formulasidan foydalanib, liniya ishlash raddiyasi ehtimolligi quyidagiga teng bo‘ladi degan xulosaga kelish mumkin:

$$P_{otk} = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2).$$

SHunday qilib, yuqorida bayon etilgan muxokamalardan foydalanib, bir nechta marshrutizatorlarni bog‘lovchi aloqa liniyalaridan istalgan birining raddiya berish ehtimolligini topish mumkin.

***Oqimli marshrutizatsiyalashda tarmoq elementlarining ishonchliligi.*** YUqorida ko‘rilgan xodisa klassik marshrutizatsiyalash xolatiga tegishlidir, unda kirishga tushayotgan xar bir paket marshrutizatorida tahlillanadi. Endi oqimli marshrutizatsiyalashda tarmoq elementlarining ishonchliligi tahlil qilishga o‘tamiz. Oqimli marshrutizatsiyalashda, tarmoq elementining kirishiga tushayotgan axborot

pakatlari bitta axborot oqimining pakatlari deb hisoblanadi, demak, ular bitta yo‘l bo‘yicha etkazilishi lozim.

Ishlashning bunday mexanizmini qo‘llab, marshrut axborotini tahlil qilish vaqtini kamaytirish va tarmoq elementlarida paketlarni kommutatsiyalash jarayonini tezlashtirish mumkin. Bundan tashqari, bu yondashuvdan foydalanib, bitta axborot oqimini bir nechttaga bo‘lish va turli oqimlarni turli marshrutlar bo‘yicha uzatish mumkin, bu esa aloqa tarmog‘ida yuklanishni balanslash va tarmoq elementlarida paketlarning navbatini kamaytirish imkoniyatini beradi. Xuddi oldingi xolatga o‘xshash bo‘lib, tarmoq elementlari kirishiga tushayotgan axborot oqimlarining o‘rta qiymati  $\lambda_i = \lambda$  bo‘lgan puasson qonuniyati bo‘yicha taqsimlangan bo‘lsin. Oqimli marshrutizatsiyalashda tahlilga axborot paketlarining bir nechta ulushigina jalb qilinadi. Uni  $k$  deb belgilaymiz,  $0 < k < 1$ , u xolda shubxasiz, tarmoq elementining funksional blokiga yuklama xosil qilayotgan oqim intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Lambda_{\text{pot}} = k \sum_i^m \lambda_i = km\lambda = k\Lambda. \quad (5.3)$$

5.2-ifodaga mos xolda oqimli marshrutizatsiyalashda tizimning blokirovkalanish ehtimolligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$P_N = \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \rho^N = \frac{1-\Lambda_{\text{pot}}/\mu}{1-(\Lambda_{\text{pot}}/\mu)^{N+1}} \left( \frac{\Lambda_{\text{pot}}}{\mu} \right)^N \quad (5.4)$$

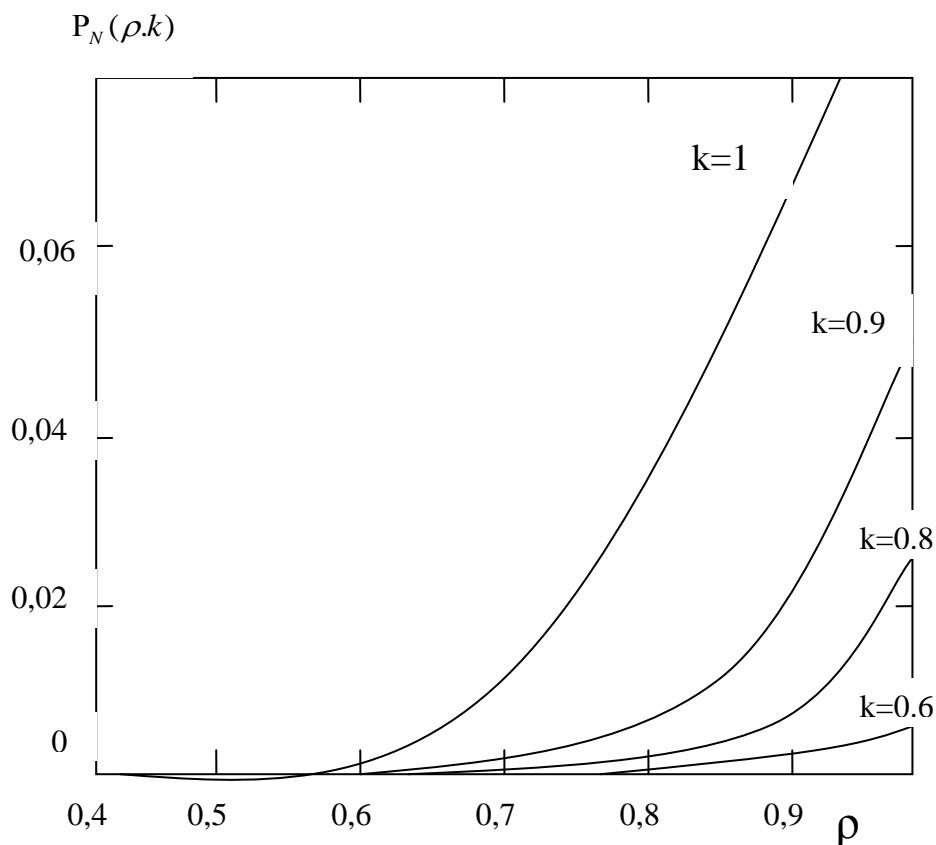
5.4 ifodaga 5.3 ifodadan  $\Lambda_{\text{pot}}$  ni qo‘yib, quyidagini xosil qilamiz.

$$P_N = \frac{1-k\Lambda/\mu}{1-(k\Lambda/\mu)^{N+1}} \left( \frac{k\Lambda}{\mu} \right)^N = \frac{1-k\rho}{1-(k\rho)^{N+1}} (k\rho)^N.$$

Blokirovkalanish ehtimolligining,  $k$  koeffitsientning turli qiymatlarida, foydalanish koeffitsientiga  $\rho$  bog‘liqlik grafiklari 5.6-rasmda keltirilgan.

Grafikdan  $k$  koeffitsient 1 dan (klassik marshrutizatsiyalash xolati) 0,6 gacha kamaytirilganda tarmoq elementining blokirovkalanish ehtimolligi keskin kamayadi

va  $k$  ga nisbatan (tahlil qilinayotgan paketlar ulushi) kam bo‘ladi. Oqimli marshrutizatsiyalash usulidan foydalanishda yutuq yaqqol ekanligi ko‘rinib turibdi. Muloxazalar umumiylikini buzmasdan, marshrutizator kirishiga tushayotgan yuklamaning istalgan taqsimot qonunida o‘xshash xulosalarga kelish mumkin, ya’ni istalgan xolatda oqimli marshrutizatsiyalash usulidan foydalanish klassik usulga nisbatan samaraliroq bo‘ladi.



5.6-расм. Блокировка ланиш эҳтимоллигининг фойдаланиш коэффициентига боғлиқлик графиклари

Tarmoq elementining ishonchliligini ta’minlashda oqimli marshrutizatsiyalash usulidan foydalanish yutuqning sonli baholanishi quyidagi natijani beradi. Faraz qilamiz, koeffitsient  $k=0,5$  (kirishga tushayotgan axborotlarning 50% tahlil

qilinmoqda),  $\rho=0,9$ , tarmoq elementining kirish buferi o'lchami 10 paketdan iborat bo'lsin. U xolda, klassicheskoy marshrutizatsiyalashda blokirovkalanish ehtimolligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_N = \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}} \rho^N = \frac{1-0,9}{1-0,9^{11}} 0,9^{10} = 0,051.$$

Oqimli marshrutizatsiyalash usulida blokirovkalanish ehtimolligi quyidagicha bo'ladi:

$$P_N = \frac{1-k\rho}{1-(k\rho)^{N+1}} (k\rho)^N = \frac{1-(0,9 \cdot 0,5)}{1-(0,9 \cdot 0,5)^{11}} (0,9 \cdot 0,5)^{10} = 1,873 \cdot 10^{-3}$$

Tarmoq aktiv elementining ishonchliligini baholashga taklif qilingan yondashuv aloqa tarmog'ining aniqlangan (o'lchangan) grafini olish imkoniyatini beradi, bunda tarmoq elementlariga blokirovkalanish ehtimolligi beriladi. Xosil qilingan grafdan aloqa tarmog'ining strukturaviy ishonchliligini baholashda foydalanish mumkin.

Marshrutizatsiyalashning oqimli usulidan foydalanilganda, aloqa tarmog'ining strukturasi tashkil etuvchi elementlarga yuklamani kamaytirish imkoniyatini beradi, bu esa ular ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi. Ko'rib chiqilgan metodikadan foydalanib, aloqa tarmog'ining strukturaviy ishonchliligini marshrutizatsiyalashning klassik va oqimli usullari bo'yicha baholash, shuningdek ularni taqqoslashni amalga oshirish mumkin. Lekin bir qator echilmagan masalalar qoladi, masalan, aloqa tarmog'ida axborot oqimlarini taqsimlashga va marshrutizatsiyalashning oqimli usullarini ishlatishni ta'minlashga doir, ular hozirgi vaqtda faqat formal tavsiflanishdan iborat.

#### **5.4. Optik telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining matematik modellari**

Raqamli telekommunikatsiya tarmoqlarining optik-tolali tizimi injener-texnik inshootlari bir necha o'n yillar mobaynida ekspluatatsiya qilinishiga

mo'ljallangan. Ular yangi texnika va texnologiyalar turkumiga mutanosib bo'lib, atrof muhitning real sharoitlarida ekspluatatsion ishonchliligini aniq baholash imkonini beradigan, parametrlari va xususiyatlarining o'zgarishini formallashtirilgan o'xshash tavsifi mavjud emas. Ishonchlik ko'rsatkichlarini baholash uslubiyati va ularning asosida ishlab chiqilgan raqamli telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini boshqarish usullari mavjud emasligi, tarmoqlarga texnik xizmat ko'rsatilishiga sarflarning so'zsiz ortiqcha bo'lishiga yoki aloqaning sifati pasayishiga olib keladi. SHuning uchun ishonchlik ko'rsatkichlarini hisoblash matematik modelini ishlab chiqish va optik-tolali telekommunikatsiya tarmoqlarini (OTTT), ularning xususiyatlarini hisobga olgan holda texnik ekspluatatsiya qilish optimal tizimini yaratish dolzarb masaladir. Uni echish natijasida bir tomondan foydalanuvchilar talablari va telekommunikatsiya xizmatlari sifati, boshqa tomondan telekommunikatsiya operatorlarining xarajatlari orasida kompromiss (kelishuv) topilishi lozim, ya'ni taqdim etilayotgan telekommunikatsiya xizmatlarining talab qilingan darajadagi soni va sifatini qo'llab turish uchun zaruriy kelishuv topilishi kerak.

Atrof muhit real sharoitlarida OTTT va texnik xizmat ko'rsatish tizimi (TXKT) hulqi xususiyatlari masalani uslubiy korrekt shakllantirilishining va OTTTni ishlash matematik modelini tavsiflashning bosh muammosini belgilaydi. Bu, modellarda telekommunikatsiya tarmoqlariga, ham tarmoq ichida, ham uni boshqa operatorlar tarmoqlari bilan bog'lanishiga, salbiy ta'sir ko'rsatadigan faktorlarni hisobga olmaslik, avvaldan rejalashtirilgan strukturaviy-funksional bog'lanishlarni qayta qurish zaruratiga olib kelishi mumkin. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini aniqlash uchun turli modellardan foydalanish mumkin: analitik model, statistik model, imitatsion modellashtirish, minimaks mezonli model, intellektual model. Qisqacha bu modellarni ko'rib chiqamiz.

*Analitik model.* Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini hisoblash va istiqbollash bo'yicha ishlarning boshlang'ich bosqichida, TXKT ishida texnik vositalar raddiyasi va ishdan chiqishi bo'yicha statistik ma'lumotlar etarlicha jamlanmagan davrda, ehtimollar va ishonchlilik nazariyalarining ma'lum natijalariga asoslangan, analitik usul yagona mumkin bo'lgan yondashuv bo'ladi.

Xar bir bunday natija ma'lum bir qat'iy formal farazlarda xaqli (to'g'ri) bo'ladi. Analitik yondashuvda etmaydigan statistik ma'lumotlarni umumiy va mulohazali farazlar, jumladan strukturaviy farazlar hisobiga kompensatsiyalash mumkin bo'lib, ko'p hollarda ular to'g'ri deb qabul qilinadi. Masalan, "eng kam maqbul bo'lish" entropiyali yondashuv deb ataladigan mos vaziyatga orientirlangan, ko'pchilik standart tavsiyalarga binoan, axborotlar etarli bo'lmaganida OTTT ayrim ob'ektlari va elementlarining raddiyasiz ishlash vaqti eksponensial taqsimotli tasodifiy qiymat (kattalik) bo'ladi deb faraz qilish mumkin.

Ishonchlilik ko'rsatkichini matematik modellashtirish analitik modelining algoritmini tavsiflash uchun, ham mustaqil, ham umumiy tarmoq foydalanishiga ega bo'lgan, tarmoq elementar uchastkalarining ishonchlilik strukturaviy sxemasi (ISS) tuziladi. Ayrim ISS asosida OTTTning umumlashgan grafik modeli ishlab chiqiladi, mazkur holatda tarmoq topologiyasini adekvat takrorlovchi va tarmoq grafi bo'lgan modeldir. OTTTning grafik modelida telekommunikatsiya uzellari (graf cho'qqilari) va ularni o'zaro bog'lovchi optik tolali kabel – graf qirradi ko'rsatiladi.

Tarmoq topologiyasini tahlil qiluvchi instrument sifatida odatda matritsalar jadvalidan foydalaniladi, tarmoq strukturasi sonli tahlilida qo'llaniladigan asosiy tushuncha sifatida esa  $M$  grafning insidentlik (qo'shnichilik) matritsasi qo'llaniladi. O'z navbatida,  $M$  grafning matritsalarini OTTT strukturasi tahlil jarayonini avtomatlashtirish, tarmoq raddiyasidan keyin uning qayta tiklanish

vaqtini  $T_v$  optimizatsiyalash imkonini beradigan matematik asos bo'lib xizmat qiladi va shuning hisobiga OTTT ning ishlash ekspluatatsion ko'rsatkichlarining yuqori samaradorligiga erishish mumkin.

M matritsaning  $M_{ij}$  elementlari  $S = \{ \langle M_{ij} | \langle g_i, g_j \rangle \rangle \}$  grafning qirralari to'plamiga kiradi va grafning  $i$ -nchi va  $j$ -nchi cho'qqilari orasida aloqani ta'minlovchi texnik vositalar holatiga qarab "0" yoki "1" qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Masalan, kabel uzilishida yoki tarmoq uskunasi shikastlanishida  $M_{ij} = 0$  bo'ladi.

SHunday qilib, OTTT ishonchlilik ko'rsatkichini matematik modellashtirish analitik modelining algoritmi asosi quyidagilardir:

-OTTT ob'ekti va uning texnik ekspluatatsiyalash tizimini tarmoq topologiyasi va texnik ekspluatatsiyalash infrastrukturasi poligonining (ya'ni tizim graf – modeli) yagona grafik model ko'rinishida tavsiflash. Tizim graf – modeli tarmoq elementlar uchastkalarining ISSdan iborat bo'lib, umuman olganda elementlar va tizim holatlari orasida o'zaro mantiqiy bog'lanishni, strukturaviy-funksional bog'lanishlar va elementlar o'zaro bog'lanishini, texnik xizmat ko'rsatishning qabul qilingan strategiyasini, rezervlash turlari va usullarini hamda ekspluatatsion bo'linmalar joylashishi bilan bog'liq boshqa faktorlarni va hokozolarni tavsiflaydi;

-tarmoq graf-modelining, uning matematik modelga (masalan, graflar nazariyasi, ehtimollar nazariyasi va ishonchlilik nazariyasining ma'lum nizomlari asosida tuzilgan kvazizanjir turidagi ishonchlilikning chiziqli tenglamasi va boshqalar) adekvat elementar ISS va texnik xizmat ko'rsatish tizimining tavsifi, qabul qilingan tahmin va farazlarda, ko'rilayotgan qo'llanish sharoitlarida pasport yoki hisoblash ma'lumotlari bo'yicha (tarmoq elementlari ishonchliligi haqida) tarmoq ishonchlilik ko'rsatkichini hisoblash imkonini beradi.



Ta'kidlash lozimki, analitik yondashuv, tarmoqni loyihalash jarayonida va texnik xizmat ko'rsatishni tashkil etish dastlabki bosqichlarida, tarmoq ishonchlilik ko'rsatkichini hisoblash asosiy usulidir.

Statistik ma'lumotlar jamg'arilishi natijasidagi tahlillar asosida, OTTT ishlash matematik modelining analitik xususiyatlarini belgilovchi, dastlabki shartni aniqlash lozim bo'ladi.

**Statistik model.** OTTTning ishlash ishonchlilik ko'rsatkichini baholash statistik modeli asosida, tarmoqni ekspluatatsiya qilish davrida olingan raddiyalar va qayta tiklanishlarning real statistikasi yotadi. Bu holda ayrim elementlar ishonchlilik ko'rsatkichi, ISS sintezi va tarmoq graf-modeli konfiguratsiyasi prinsipial ahamiyatga ega emas. SHuning uchun ushbu usul istalgan strukturadagi tarmoqning, raddiyalar orasida ishlashlar va elementlar qayta tiklanish vaqtining istalgan taqsimotida, shuningdek tarmoqqa texnik xizmat ko'rsatish va profilaktikaning istalgan strategiyasi va usullarida ishonchlilik ko'rsatkichini hisoblash uchun universaldir.

Matematik modellash protsedurasini tavsiflash uchun tarmoq ishonchlilik ko'rsatkichini baholash statistik modeli ko'plab komponentlarni taqdim etishni talab qiladi: ekspluatatsiyalanayotgan tarmoq raddiyalari va raddiyasiz ishlashining davomliligi, real statistikasining dastlabki qiymatlarini, matematik va analitik xulosalar to'plami sifatidagi ishonchlilik ko'rsatkichini taxlil qilish usullarini, raddiyalar va istiqbollar hisoblanishlarining natijalarini va boshqalar. Bu holda statistik model matematik modellarda ishonchlilik ko'rsatkichini hisoblash ham standart, ham nostandart usullarni qo'llash imkonini beradi.

OTTT ishlashida ayrim ishonchlilik ko'rsatkichlarni hisoblashda standart usullar faqat tarmoq statsionar rejimda ishlashidagina qo'llanishi mumkin. Bu rejimda kutilayotgan raddiyasiz ishlash va qayta tiklanish davomliligi raddiya raqami va xarakteriga, shuningdek tarmoq ishlash davomliligiga bog'liq bo'lmaydi. Bu esa, istalgan vaqt intervali uchun raddiyalar oqimining

ehtimollik xarakteristikalarini bu interval davomlilikiga bog'liq bo'lishini va bu interval boshlanish momentiga bog'liq emasligini bildiradi.

Amaliyotda OTTTning ishlash statsionar rejimi odatda mumkin emas, chunki istalgan ta'mirlash-qayta tiklash ishlari, tashqi va ichki destabillovchi faktorlar tarmoq xarakteristikalarini so'zsiz o'zgartiradi. SHuning uchun OTTTning ishlash statsionar rejimida ishonchlilik ko'rsatkichlarni hisoblash standart usullari bilan birga, OTTTning ishlash nostatsionar rejimini, shuningdek ta'mirlash ishlari yoki raddiya bergan elementni almashtirish ishlari bajarilgandan so'ng ular ishonchlilik xarakteristikalarini ko'rib chiqish zarurdir.

***Nostatsionarlikni hisobga olish submodeli.*** OTTTning ishlash rejimining xarakteristikalarini vaqt funksiyalari bo'lgani uchun ular tez-tez sezilarli ta'sirlar ostida bo'ladi, buning natijasida rejimning nostatsionarligi paydo bo'ladi. Nostatsionarlikni ko'plab har turli sabablar keltirib chiqarishi mumkin. Masalan, ishlash rejimi temperaturaning mavsumiy o'zgarishlari, namgarchilik va boshqa tashqi parametrlar bilan bog'liq ochiq davriy komponentlarga ega bo'ladi. Bundan tashqari, nostatsionarlik uchastkalari ayrim tasodifiy paydo bo'luvchi va absolyut holda ishonchli istiqbollashga berilmaydigan hodisalar tomonidan keltirib chiqarilishi mumkin. Bu hodisalar – transport vositalarning yaroqsizligi, avariya vaziyatlari, tabiiy ofatlar va boshqalar bo'lishi mumkin. Matematik nuqtai nazardan bu quyidagilarni bildiradi: ekstremal hodisalar oqimi intensivligining stoxastik xarakteri belgilaydigan, OTTTning ishlashidagi nostatsionarlik rejimi, ishonchlilik ko'rsatkichlarini analitik baholashga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Ekstremal hodisalar ishonchlilik xarakteristikalarini, uskunalarni va liniya-kabel inshootlarini raddiyaga olib kelishini belgilaydi.

***Ishonchlilikni orttirish submodeli.*** Ko'p hollarda OTTTning raddiya bergan elementini ta'mirlash yoki almashtirishdan keyin, tarmoq ta'mirlashgacha bo'lgan xolatga qaytadi deb faraz qilishdan kechish kerak bo'ladi. Masalan, ta'mirlash borishida texnik vositalarga yangi qo'shimcha

elementlarning kiritilishi (masalan, optik muftalar, kabel bo'laklari va boshqalar) va uskunalarni modernizatsiyalanishi (raddiya bergan bo'lishi shart emas), ya'ni eskirgan qurilmalar yangi turdagiga almashtirilishi natijasida modifikatsiyalash samaradorligini hisobga olish uchun ana shunday yo'l tutish maqsadga muvofiq bo'ladi. Lekin tarmoqning modernizatsiyalashgacha va undan keyingi o'xshashligi haqidagi farazlardan qaytish tarmoq ishonchlilik xarakteristikalarini taxlil qilish klassik usullari maqbul bo'lmasligiga olib keladi.

Modifikatsiyalanayotgan tarmoq ishonchlilik xarakteristikalarini o'rganish uchun ishonchlilikni orttirish deb ataladigan modellarga asoslangan, yangi samarali matematik apparat ishlab chiqilgan. Uni formallashtirilgan ko'rinishda tavsiflashda kamida ikkita yondashuv mavjuddir.

Birinchisi (parametrik) yondashuvda raddiyasiz ishlash vaqti taqsimotining parametrlari yoki raddiya (qayta tiklash, modifikatsiyalar) raqami funksiyasi, yoki astronomik vaqt funksiyasi deb hisoblanadi. Raddiyalar amalda diskret vaqtli (ishonchlilikni o'zgarish diskret modellariga) modellarga olib keladi. Parametrik yondashuv esa amalda uzluksiz vaqtli (ishonchlilikni o'zgarish uzluksiz modellariga) modellarga olib keladi, ular ishonchlilikni o'zgarish mavsumiy komponentlarini tadqiq qilishda foydalanilganda o'ziga xos ma'no kasb etadi.

Ikkinchisi (noperametrik) yondashuv ishonchlilik xarakteristikalari o'zlarining o'zgarishi modellarini ko'rib chiqishdan iboratdir. Bunda taqsimotlarni indentifikatsiyalash masalalari ko'rilmaydi. Tadqiqotlar ikkinchisi (noperametrik) yondashuv OTTT xarakteristikalarini hisoblash va istiqbollashda maqsadga ko'proq muvofik ekanligini ko'rsatadi.

Ishonchlikning klassik nazariyasida tayyorlik koeffitsienti  $K_T$  deyilganda, qayta tiklanayotgan qurilmaning ixtiyoriy tanlangan vaqt momentida statsionar ishlash jarayonida ishga layoqatli bo'lish ehtimolligi tushuniladi. Bu holda qurilma ishga layoqatli deyilganda, uning ishchi parametrlariga qo'yiladigan

hamma talablarga ayni momentda mos kelish xolati tushuniladi. Ishlash statsionar rejimi deyilganda, OTTTning shunday ish rejimiga aytiladiki, bunda tarmoqning kutilayotgan ishlash va qayta tiklanish davomliligi o'zgarmas bo'lib qolishi tushuniladi, ya'ni davomlilik raddiya raqamiga (qayta tiklanishning mos raqamiga) bog'liq bo'lmaydi.

Ma'lumki, statsionar rejimda tiklanayotgan qurilmaning tayyorlik koeffitsientini  $K_T$  quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$K_T = \frac{EX}{EX + EQ} \quad (5.5)$$

bunda  $E$  – matematik kutilma simvoli;

$X$  – raddiyasiz ishlash vaqti;

$Q$  - qayta tiklanish (ta'mirlash) vaqti.

Ishlash statsionar rejimi odatda, mumkin bo'lmaydi, chunki istalgan ta'mirlash ishlari tarmoq xarakteristikalarini o'zgartiradi (eskirgan raddiya bergan qurilmani almashtirish odatda ishonchlilikni orttiradi, shu bilan birga optik tolali kabelda uzilish joyini ulash ishonchlilikni pasaytiradi). SHuning uchun  $K_G$  ning nostatsionar analogini (o'xshashini) ko'rib chiqish zarur.

$X_i$  – tarmoqning (i-1)-nchi qayta tiklanishidan (modifikatsiyalash) keyin raddiyasiz ishlash vaqti bo'lsin;  $Q_i$  – vaqt  $i$ -nchi qayta tiklanish (ta'mirlash, modifikatsiyalash) vaqti bo'lsin. Yuqorida ko'rsatilgan sabablarga ko'ra,  $X_1, X_2, \dots$  tasodifiy kattaliklar bir xil taqsimlangan bo'lmaydii ( $Q_1, Q_2 \dots$  tasodifiy kattaliklarga o'xshash holda). U holda:

$$K_{Ti} = \frac{EX_{i,1}}{EX_{i,1} + EQ_{i,1}} = \frac{EX_i}{EX_i + EQ_i}, \quad i = 1, 2, \dots \quad (5.6)$$

Vaqt o'zgarishi bilan (ya'ni  $i$ -ning ortishi)  $K_{Ti}$  ning o'zgarishi mumkin bo'lgan mexanizmini o'rganish uchun yuqorida aniqlangan ishonchlilikni orttirish modellariga asoslangan yangi samarali matematik apparat ishlab chiqilgan. Bu apparat yordamida matematik nuqtai nazardan quyidagilarni

korrekt holda tavsiflash mumkin: OTTTning  $K_T$  dinamikasining bir necha tur analitik modeli va ularning amaliy qo'llanishini; bu modellarning analitik va asimptotik xususiyatlarini va ular asosida ishonchlilik bildirilgan polosasini aniqlashni (asimptotik aniqlashni); raddiyalarning real statistikasi asosida OTTTning ishonchlilik ko'rsatkichlarini statistik istiqbollash uslubiyatini tavsiflash mumkin.

OTTTning ishonchliligiga ko'p sonli faktorlar (vibratsion yuklanishlar, iqlimiy sharoitlar, elektromagnit maydonlar va boshqalar) ta'sir qiladi. Hamma bu faktorlar ehtimollik xarakteriga ega bo'lib, ularning taqsimot qonunlari noma'lum va kam o'rganilgandir. Ular OTTTga ta'sir qilib, tarmoqning nostatsionar ishlashini keltirib chiqaradi. SHuning uchun destabillovchi faktorlarning stoxastik xususiyatlarini aniqlash, nostatsionarlikni hisobga oladigan matematik apparatni ishlab chiqish va telekommunikatsiya tarmog'ining barqaror ishlashini ta'minlashga yo'naltirilgan boshqa tadbirlarni amalga oshirish zarurdir. SHunday qilib, OTTTni tashkil etuvchi tarmoq uskunalari elementlari va liniya-kabel inshootlarining raddiyalar intensivligi parametrlari haqida ma'lumotlarga ega bo'lishlikka qaramay, atrof-muhit real sharoitlarida ishlovchi tarmoqning hamma ishonchlilik ko'rsatkichlarini etarlicha aniqlikda hisoblash mumkin emas. Boshqacha qilib aytganda, ishonchlilik strukturaviy sxemasi va uning umumlashgan graf-modellariga asoslangan analitik modelni qo'llash tarmoqning ishonchlilik ko'rsatkichlarini yuqori darajali ehtimollikda analitik aniq hisoblash imkonini bermaydi.

OTTTni yaratish uchun yuqori ishonchlikli raqamli uzatish tizimlari, elektr ta'minot qurilmalari, kabel komponentlari qo'llanishi va ularni ekspluatatsiyalash real davrlarining uncha katta emasligi (besh yildan oshmasligi) hisobga olinsa, texnik vositalar raddiyalari va ularni qayta tiklash vaqtlari bo'yicha zarur hajmdagi statistik ma'lumotlarni to'plash imkoni bo'lmaydi. Raddiyalar

statistikasi shunchalik kamki, ishonchlilik ko'rsatkichlarni baholash uchun statistik modelni analitik korrekt holda qo'llash imkonini bermaydi.

Hamma yuqorida tilga olingan cheklashlar OTTTning ishlash ishonchlilik ko'rsatkichlari va barqaror ishlashini baholash uchinchi modelini - "imitatsion modelni" ishlab chiqishga dastlabki sababchi bo'ldi.

***Imitatsion modellashtirish*** OTTT ekspluatatsiya qilish jarayonini, real ekspluatatsiya qilish jarayoniga tegishli bo'lgan hamma destabillovchi faktorlarni hisobga olgan holda, sun'iy yaratishdan iboratdir. OTTT ekspluatatsiya qilish jarayonini qayta yaratib, bu tarmoqning sinovini o'tkazish mumkin, ya'ni tarmoqning ekspluatatsiya qilish jarayonini vaqt va geografik zonalar fazolari bo'yicha modellashtirish mumkin. Natijada OTTTning modellashtirilgan ekspluatatsiya qilish jarayonining raddiyalari statistikasini olish mumkin, uni "raddiyalarning sun'iy statistikasi" deb atash mumkin. Uni statistik qayta ishlashda tarmoqning hamma zaruriy ishonchlilik ko'rsatkichlarini topish, tarmoq ishlash samaradorligini baholash mumkin.

OTTTning ishlash jarayonini modellashtirish va raddiyalarning sun'iy statistikasini yaratish quyidagilarga imkon beradi:

-modellashtirilayotgan uchastka haqidagi dastlabki ma'lumotlarni o'zgartirish, uskunalarni chiqarish, qo'shish, o'rin almashtirish, ta'mirlovchi brigadalar o'rnini almashtirish, uskunar ishonchlilik ko'rsatkichlarini o'zgartirish va hokozolar;

-statistika yaratish jarayonini boshqarish –ishlash va qayta tiklanish jarayoni davomlilikini ko'paytirish (kamaytirish), tarmoq ishlash rejimini o'zgartirish va hokozolar;

-teskari aloqani amalga oshirish (hisoblash natijalaridan raddiyalar statistikasini yaratish protsedurasigacha) va hokozolar.

Imitatsion modellashtirishda tarmoqning har bir konkret holati uchun masalani echish sonli usullari qo'llaniladi. Qoida sifatida, bitta xususiy echim

olish etarlicha osondir, lekin zaruriy xususiy echimlarning hajmi ko‘plab hisoblash eksperimentlarini (harajatlarni) talab qiladi. Imitatsion modelda ular hajmini baholash uchun raddiyalar xaqidagi ma’lumotlar tanlanmasining hajmi qanday bo‘lishligini bilish zarurdir. Bu holda tanlanma (raddiyasiz ishlash davrlari davomlilikigi xaqida ma’lumotlar to‘plami) etarlicha to‘liq bo‘lishi va raddiyasiz ishlash davrlari davomlilikining taqsimoti uchun u yoki bu analitik modelni kerakli darajada ishonch bilan tanlashga imkon berishi zarur. Imitatsion modellashtirishdan foydalanish maqsadga muvofiqligini baholashni aniqlaydigan bunday masalaning echimi quyidagicha bo‘ladi.

Agar,  $F(x) = R(X_1 < x)$  taqsimotli bosh to‘planning bog‘lanmagan (mustaqil) tanlanmasi  $X_1, X_2, \dots, X_p$  bo‘lsa, bunda  $X_1 < x$  shartga rioya qiluvchi ehtimollik  $R$  bo‘ladi, u holda  $F(x)$  uchun yaqinlashuvchi sifatida empirik taqsimot qonunini  $F_n(x)$  olish mumkin, u quyidagicha aniqlanadi.  $X$  ihtiyoriy qiymatga ega bo‘lsin. U holda  $X_1, X_2, \dots, X_n < x$  tanlanmalar elementlarining soni  $\nu(x)$  quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\nu(x) = \sum_{j=1}^n 1_{(-\infty, x)}(X_j) \quad (5.7)$$

Bu erda yig‘indi ishorasi ostida  $A$  to‘planning qandaydir indikator funksiyaning  $1_A(u)$  belgilanishi qo‘llanilgan, u quyidagi qiymatlarni qabul qilishi mumkin:

$$1_{A(y)} = \begin{cases} \text{agar } y \in A \text{ bo'lsa, } 1 \\ \text{agar } y \notin A \text{ bo'lsa, } 0 \end{cases} \quad (5.8)$$

Bu holda empirik taqsimot funksiyasi:

$$F_n(x) = \frac{\nu(x)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 1_{(-\infty, x)}(X_j), \quad -\infty < x < \infty. \quad (5.9)$$

Har bir qaydlangan (o‘zgarmas)  $x$  da empirik taqsimot funksiyasi  $F_n(x)$  – tasodifiy kattalikdir. Uning matematik kutilmasi  $EF_n(x)$  va dispersiyasi  $DF(x)$  quyidagi ko‘rinishga ega ekanligini ko‘rsatish mumkin:

$$EF_n(x) = F(x); DF(x) = \frac{1}{n} F(x)[1 - F(x)] \quad (5.10)$$

Tanlanmalar hajmi  $p$  cheksiz orttirilishida empirik taqsimot funksiyasi nazariy taqsimot funksiyasiga  $F(x)$  ko'proq yaqinlashib boradi, bu esa eng yaxshi yaqinlashish bo'ladi.

SHunday qilib, kuzatishlarning etarligi haqidagi masalani echish uchun olingan tanlanma hajmi asosida yuqorida keltirilgan formulalar bo'yicha olingan xulosa aniqligi va ishonchligi qiymatlarini joriy momentga bu parametrlar qanday bo'lishi kerakligi haqidagi mavjud tassavurlar bilan taqqoslash mumkin.

Imitatsion modellashtirish yordamida raddiyalar bo'yicha etishmagan ma'lumotlarni kompensatsiyalash mumkin: masalan, 1,7% aniqlik va tavakkallik ko'rsatkichi  $\gamma=0,95$  bo'lishi uchun 1500 kuzatish amalga oshirilishi etali bo'ladi, bu esa standart hisoblash texnikasi uchun bajara oladigan masaladir.

Hisoblash texnikasining imkoniyatlari oshib borishi bilan imitatsion modellashtirishning nufuzi ortib bormoqda, chunki hususiy echimlarni qayta hisoblash eskirgan jarayonini kompyuter bajarmoqda. Bundan tashqari, xususiy echimni hisoblashda, umumiy xulosaga nisbatan xatolikka yo'l qo'yish ehtimolligi kam bo'ladi.

Sun'iy modellashtirish usuli va ehtimollar, statistika, ishonchlilik va boshqa nazariyalariga asoslangan turi matematik modellardan foydalanib, tarmoqning u yoki bu ishonchlilik xarakteristikalarini aniqlikning belgilangan (apriori) aniqlik bo'yicha topish mumkin.

**Minimaks mezonli model.** Tashqi va ichki destabillovchi faktorlarning salbiy ta'sirlari sharoitlarida OTTTning ishlashida ishonchlilik ko'rsatkichlarining berilgan qiymatlarini ta'minlash jiddiy moliyaviy harajatlarini talab qiladi, ularni maxsus maqsadli tadbirlarni ishlab chiqish va qo'llanish yo'li bilan pasaytirish mumkin, bunday tadbirlarga, xususiy holda texnik xizmat ko'rsatish tizimi (TXKT) ham kiradi. Demak, OTTTning ishonchli va barqaror ishlash muammosi



TXKTning optimal modelini yaratishga olib kelinadi, u istalgan tarmoqda qo‘llanishi uchun yaroqli, texnik saqlashga minimal ekspluatatsion harajatlarda tarmoqni berilgan funksiyalarini bajarilishini ta’minlaydigan bo‘lishi kerak.

Umumiy ko‘rinishda (tarzda) sistemotexnika nuqtai nazaridan OTTTning optimal TXKT aniqlash bilan bog‘liq muammolar, yillik keltirilgan harajatlar  $S_{g.m}$  zaruriy minimumi va ishonchlilik ko‘rsatkichlarining  $K_{tp}$  talab qilingan sonli qiymatlari orasida ongli kompromissga erishishga olib kelinadi.

Demak, qo‘yilgan masalaning echimi TXKTni iqtisodiy parametri va ishonchlilik ko‘rsatkichlari bo‘yicha optimizatsiyalovchi minimaks mezonli TXKTning matematik modelini ishlab chiqishga olib kelinadi.

Ekspluatatsion xarajatlarni minimizatsiyalash shartini quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$C_{T.M} = \min \{ C_1 + \sum (C_T + C_i + \dots) d_i \}, \quad (5.11)$$

bu erda  $S_I$  – OTTTning xarajatlar qoplanishi normativ muddatiga nisbatan va raddiyaga ishlash maksimal mumkin bo‘lgan o‘rtacha vaqtiga  $T_o$  etishish bilan bevosita bog‘langan OTTT tayyorlik koeffitsientining  $K_{G,TR}$ . Talab qilingan darajasiga erishish uchun zarur bo‘lgan kapital kiritmalarning qiymati;  $S_t$  – raddiyani qayta tiklanish vaqtining  $T_v$  minimal mumkin bo‘lgan o‘rtacha qiymatini ta’minlash uchun zarur bo‘lgan, OTTT gi texnik xizmat ko‘rsatishga kutilayotgan yillik ekspluatatsion xarajatlar;  $S_t$  –  $i$ -nchi yili trafikni buzishdan (boy berilgan foyda) kutilayotgan yillik qiymati;  $d_i$  –  $i$ -nchi yili yillik xarajatlar qiymatini ularni joriy narxlar darajasiga keltirib, hisoblash uchun pasaytiruvchi koeffitsient. OTTTning nonormal ishlashidan kelib chiqqan, trafik buzilishini aks ettiruvchi, boy berilgan foyda  $S_t$ , tarmoq umumiy ishonchliligini aniqlovchi asosiy parametr sifatida qarab chiqilishi mumkin.

Optimal loyihalashtirish nazariyasi qonuniyatlariga mos holda texnik tizim, optimizatsiyalash maqsadini matematik shaklda aks ettiruvchi, aniq va yagona mezon bo‘yicha optimizatsiyalanishi lozim. Tarmoqning

optimizatsiyalanayotgan parametrlarining funksiyasi ko‘rinishida tavsiflangan optimallik mezoni, *maqsadli funksiya* deyiladi.

TXKTni optimizatsiyalash masalalarini echishning metodologik asosi operatsiyalarni tadqiq etish nazariyasidir. Bu nazariya konsepsiyasiga binoan, TXKTni matematik shakldagi formal tavsiflanishini tarmoq ichki  $x$  va tashqi  $u$  parametrlari orasidagi bog‘lanish funksiyasi  $F(x,u)$  sifatida tavsiflash mumkin.  $F(x,u)$  tenglama tarmoq strukturasi, uning ishlash algoritmini, tarmoq texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarining o‘zaro ta‘sirini va boshqalarni aks ettiradi, loyihalananayotgan tarmoqning matematik modelini tavsiflaydi.

Tarmoqning matematik modeli turli usullar bilan yozilishi mumkin, lekin tashqi parametrlarni ichki parametrlar orqali oshkora ko‘rinishda taqdimlash matematik modelni tavsiflashning eng qulay shaklidir, chunki bu tarmoq samaradorligini ichki (izlanayotgan) parametrlar orqali bevosita ifodalash imkonini beradi.

***Intellektual model.*** OTTTning ishlash sifatini ta‘minlash bir tomondan, telekommunikatsiya tarmog‘i ishlash qobiliyati holatini doimiy nazorat va tarmoqda ro‘y berayotgan jarayonlarni istiqbollash orasida ma‘lum alternativani aniqlash va boshqa tomondan, ekspluatatsion bo‘linmalarning reglamentli va avariya-qayta tiklash ishlarni normativ (me‘yoriy) muddatlarda bajarishga tashkiliy-texnik tayyorligi bilan uzluksiz (bevosita) bog‘langan.

Ekspluatatsion xodimlar tomonidan tarmoqda turli nostatsionarlikka yo‘l qo‘ymaslik va bartaraf etish bo‘yicha echimlarni optimal qabul qilish tajribalarini yig‘ish va saqlash xususan ekstremal xodisalar bilan juda qattiq bog‘langandir. Moddiy-texnik resurslar, zahiraviy ashyolar va boshqa sarflanadigan materiallarni to‘ldirib borish va sarflanishini uzluksiz nazorat qilish, tarmoqqa texnik xizmat ko‘rsatish bo‘yicha me‘yoriy-texnik xujjatlar talablarini bajarish, shuningdek, TXKT ni optimizatsiyalash (masalan, ekspluatatsion xarajatlar) bilan bog‘liq boshqa faktorlarni hisobga olish va tahlil qilish, mutaxassislarning keng

ommasiga etishishli bo'lgan axborot muhitini (ma'lumotlar va bilimlar bazalari) yaratish va joriy etishni taqozo etadi. SHu maqsadda axborot va dasturiy majmualar – echim qabul qilishni qo'llash intellektual tizimi (EQQQIT) ishlab chiqiladi.

EQQQITni yaratish asosiga OTTT va uning TXKT xususiyatlarini formallashtirilgan va formallashtirilmagan tavsiflash usullarini qo'llash, statistik modellar va ekspert tizimlardan, raqamli telekommunikatsiya tarmoqlaridagi vaziyatlarni aniq aks ettiruvchi jarayonlarni imitatsion va minimaks modellashtirish prinsiplaridan birgalikda foydalanish qo'yilgan. EQQQIT modellashtirish jarayonida bevosita bilimlar bazasini korreksiyalash imkoniyati va optimal echimni izlash strategiyasini tavsiflovchi ochiq dinamik muammolar sohasiga yo'naltirilgan bo'lishi kerak. Bu holda EQQQITni intellektual tizimlarni konstruksiyalash standart texnologiyalari, dinamik bilimlar bazasi, echimlarni izlash va qabul qilishda axborotlarni parallel qayta ishlash asosida amalga oshirish imkoniyati ta'minlangan bo'lishi kerak.

Agar echimlarni izlash jarayonida tanlovlar to'plamining elementlari o'zgarib, u holda masala berk shaklda aniqlangan bo'ladi va statistik muammoli sohaga mos keladi. Bu soha yo'riqnomalarda aniqlangan bo'lishi kerak va TXKTni boshqarishda hosil bo'ladigan hamma shtatli masalalar yo'riqnomalarda hisobga olingan bo'lishlari lozim. TXKTni boshqarish sifati mazkur holatda bilimlar darajasi, yo'riqnomalar aniqliligi va ularni ekspluatatsiya qiluvchi xodimlar bajarish qobiliyatiga bog'liq bo'ladi. Mazkur soha doirasida har bir masalani echish vaqti etarlicha aniqlikda belgilanadi, chunki har o'zgartirishning bajarish vaqti normalashtirilgan va yo'riqnomada yozilgan bo'lishi kerak.

To'plamni o'zgarishida ( $S, S, P, Q$  to'plamlar to'ldirilishi) masala ochiq shaklda aniqlanadi va dinamik muammoli sohaga mos keladi. Bu holda hamma o'zgartirishlarning bajarilish vaqtini aniq belgilash mumkin bo'lmaydi: tashqi va

ichki ta'sir etuvchi faktorlar uni ehtimolli kattalik bo'lishiga sabab bo'ladi, uni faqat yig'ilgan tajriba yoki imitatsion modellashtirish asosidagini avvaldan aytish (istiqbollash) mumkin.

TXKT uchun,  $S$ ,  $S'$  va  $R$  holatlarini kengaytirish imkonini beradigan, echim qabul qilishning *mahsulotli modeli* eng samarali bo'ladi. O'zgartirishlar to'plamining  $R$  kengaytirilishi tufayli echimni topish ta'minlanadi.

Bunga o'xshash modellar ham hisoblashlar determinantlangan sxemasini, ham determinantlanmagan elementli hisoblash sxemasini amalga oshirish imkonini beradi. SHuning uchun OTTT uchun EQQQITni yaratishda faqat  $Q$  to'plam quvvati cheklanadi. Dastlabki holatlar quyi to'plamining  $S_n$  quvvati  $M_n$ , oxirgi holatlar quyi to'plamining  $S_k$  quvvati  $M_k$  va o'zgartirish qoidasi quyi to'plamining  $R$  quvvati  $p$  vaqtga bog'liq bo'ladi.

TXKT masalalari uchun echim qabul qilish modelini, bilimlarning tugallangan fragmentlarini tavsiflovchi va modifikatsiyalash soddaligini ta'minlovchi, ayrim mahsulotli modellardan tuzish maqsadga muvofiqdir. Bu holda bilimlarni taqdim etish turli usullaridan foydalanish mumkin.

Echim qabul qilish umumlashgan modeli va ishlab chiqilgan operativ axborotni taqdim etish shakllari, yagona nazariy asosda va standart dasturiy-apparat vositalar yordamida raqamli telekommunikatsiya tarmoqlarining TXKT boshqarish texnologiyasiga EQQQITni asosli ishlab chiqish va joriy etish imkonini beradi.

OTTT ishonchliligini matematik modellashtirish umumlashgan algoritmi beshta modellardan iboratdir. Birinchi uchtasi bevosita OTTT ishlash ishonchlilik ko'rsatkichlarini matematik modellashtirish metodologiyalariga taalluqlidir. Ko'rib chiqilgan algoritmlar bo'yicha tuzilgan matematik modellar OTTT ishlash ideal sharoitlari (analitik model) va salbiy faktorlar ta'siri sharoitlari (statistik i imitatsion modellar) uchun tayyorlik koeffitsientini aniqlash imkonini beradi.

Minimaks mezonli model OTTTning texnik xizmat ko'rsatish tizimini optimizatsiyalash uchun mo'ljallangan, uni echish natijasida ishonchlilik ko'rsatkichlari qiymatlarini berilgan darajada ushlab turish uchun ekspluatatsion harajatlarning zaruriy va etarli darajadagi minimumining sonli qiymatlarini olish mumkin. Mohiyati bo'yicha model maydoniy funksiyani topshiriqlari va echimi bilan bog'langandir, uning optimizatsiyalanuvchi parametri iqtisod bo'lib, maqsadli vazifasi esa ekspluatatsiyaning hamma davri uchun OTTT ishonchliligining talab qilingan parametrlarini ta'minlashdir.

Intellektual model va uning asosida tuzilgan dasturiy majmualar (komplekslar), atrof-muhit real sharoitlarida ishlovchi OTTTning ishonchlilik ko'rsatkichlarini avtomatlashtirilgan hisoblash, shuningdek, telekommunikatsiya tarmog'ida reglamentli va avariya-qayta tiklanish ishlarini bajarish jarayonida ekspluatatsion harajatlarni minimizatsiyalash bo'yicha optimal echim qabul qilishda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

#### Nazorat savollari

1. Optik telekommunikatsiya tarmoqlarini xususiyatlarini tushuntiring.
2. Telekommunikatsiya tarmoqlarida mashrutizatorlarning vazifasi va ularning axborot almashinishidagi o'rni.
3. Optik tarmoqlarda axborot uzatilishida tarmoq elementining ishonchliligi qanday aniqlanadi?
4. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining matematik modellarini tavsiflang.
5. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining analitik modelini tushuntiring.
6. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining nostatsionarlikni hisobga olish submodelini tushuntiring.

7. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini aniqlashni imitatsion modellashtirish usuli bo'yicha tushuntiring.

8. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining minimaks mezonli modelini tushuntiring.

## **6. MULTISERVISLI TARMOQLARDA ISHONCHLILIKNI TA'MINLASH NAZARIY ASOSLARI**

### **6.1. Keyingi avlod tarmoqlari (NGN) ishonchlilik masalalari**

Multiservisli aloqa tarmoqlarini qurishning umumiy yondashuvlari keyingi avlod tarmoqlari – NGN konsepsiyasida aks ettirilgan. SHuning uchun, NGN ga o'tish davrida aloqa tarmoqlarining ishonchliligi konsepsiyasini ko'rib chiqamiz.

Ishonchlilikni ta'minlash maxsus va maqsadli chora-tadbirlarni qabul qilishni, tegishli tadqiqotlarni o'tkazishni, testlarni, hisob-kitoblarni va boshqalarni talab qiladi, zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida bunday ishlarga zarurat yo'q deyilmoqda. Afsuski, so'nggi paytlarda bunga ehtiyoj yo'qligiga oid fikrlar juda keng tarqalgan. Xozirda qayta-qayta birlashgan telekommunikatsiya tarmog'ining ishlash barqarorligini ta'minlash haqida gapirilmoqda, lekin tarmoqning barqarorligi kontsepsiyasini tushunish uchun uning evolyusiyasini ko'rib chiqamiz.

Ko'p yillar mobaynida tarmoq barqarorligi uning uchta xususiyatlari jamlanmasi: ishonchlilik, yashovchanlik va xalaqitbardoshlik ko'rsatkichlari sifatida tushunilgan.

Ayrim mualliflar barqarorlikning integral kategoriyalarini qo'llash, uning tarkibiy tushunchalari bartaraf etish degani emas, deb ta'kidlashadi. Bunda, "ishonchlilik tizim ishlash qobiliyatiga bosh o'rinda tizim ichki omillarining ta'siri-texnikaning tasodifiy raddiyasini ettiradi... YAshovchanlik esa tizimidan tashqarida bo'lgan, tarmoqni buzilishiga yoki uning ayrim elementlari shikastlanishiga olib keladigan ta'sirlarga bardoshligini tavsiflaydi". "Ishonchlili va yashovchanlik – sezilarli darajada farq qiluvchi tushunchalar va muammolardir va aloqa tizimlari va tarmoqlarini ishlab chiqish va mukamallashtirishda ular o'z echimlarini talab qiladi" deb urg'u beriladi.

Barqarorlikning yana bir ta'rifi mavjud:

“Barqarorlik – tashqi va ichki destabillovchi faktor (DF) yaratadigan ta’sirlar vaqtida va sharoitlarida o‘z ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir”. Bu xolda “barqarorlik ishonchlilik va yashovchanlik xususiyatlari orqali xarakterlanadi” deb tushuntiradi. “Ishonchlilik xususiyatlari ichki bexosdan (tasodifiy) DF ta’siri sharoitlarida aloqa tarmog‘i va uning elementlari ishlashini ta’minlashi lozim”, “yashovchanlik esa, tashqi DF ta’siri yaratadigan sharoitlarda talab qilingan funksiyalarni saqlay oladigan aloqa tarmog‘ining xususiyatidir” deb ko‘rsatiladi.

Barqarorlikning yana bir ta’rifi: “Birlashgan telekommunikatsiya tarmog‘ining ishlash barqarorligi – tashqi destabillovchi faktorlar ta’sirida o‘z funksiyalarini bajara olish xususiyatidir” Bu deyarli yuqorida ko‘rsatilgan yashovchanlik aniqlanmasiga to‘g‘ri keladi.

SHunday qilib, bugungi kunda aloqa tarmog‘ining barqarorligi faqatgina bir turdagi yashovchanlik xususiyatiga ega bo‘lib, ishonchlilik esa hisobga olinmay qoldi!

Ishonchlilik masalalarini e’tiborsiz qoldirish ko‘p xollarda quyidagicha asoslanadi, zamonaviy aloqa vositalarining juda ishonchli ekanligi, aloqa tarmoqlari esa tarvaqaylab ketganligi va aylanma yo‘llarga ruxsat berilganligidir, shuning uchun rad etishlar juda kam uchraydi va ular sodir bo‘lganda ularning oqibatlari juda ahamiyatsiz bo‘ladi. Bu bilan qisman (faqat qisman, chunki bu hamma joyda emas, har doim xam emas), biroq texnika va texnologiyaning rivojlanish har bir bosqichi muayyan savollarga javoblar berib, yangilarini keltirib chiqaradi. Bu shuningdek, to‘liq xolda aloqa tarmoqlarining ishonchliligini ta’minlashga ham tegishlidir.

Nega xozirda ishonchlilik masalalariga jiddiy e’tibor berilishi kerak bo‘ladi? Birinchidan, telekommunikatsiyani hayotning barcha jabhalariga faol kirib borishi sababli, va bozor erkinlashtirishi tufayli ortib borayotgan raqobat, foydalanuvchilar tomonidan sifatga talablar ortishi, aloqa operatorlarini xizmat ko‘rsatish sifati (Quality of Service, QoS) haqida o‘ylash ko‘proq tashvishga solmoqda. Ham oxirgi foydalanuvchilar bilan, ham operatorlar o‘rtasida tuzilgan xizmat ko‘rsatish darajasi



bo'yicha kelishuvlar (Service Level Agreement, SLA), zamonaviy bozor munosabatlarida muhim atribut bo'lib bormoqda. Ishonchlilik esa QoS ga ta'sir etuvchi o'ta muhim omilga aylanmoqda, shu sababli ishonchlilikka (ko'p xollarda tayyorlik) talablar amalda deyarli barcha SLA ga kiritilgan. Bu holda, SLA da "me'yordan ortiqcha" uzilishlar uchun, qoida tariqasida, shtraf sanksiyalari ko'zda tutilgan.

Rad etishlikning (raddiyaning) salbiy oqibatlari, to'g'ridan-to'g'ri moliyaviy yo'qotishlar bilan cheklanib qolmaydi, chunki bu xizmatlarning uzilishlari tufayli xizmatlarni taqdim etishdan tushadigan daromadlar kamayishi va SLA ni buzganlik uchun jarima solinishini keltirib chiqaradi.

Mijozlarning noroziligi va kompaniyalarning imidji yomonlashishiga bog'liq bo'lgan yo'qotishlar haqida unutmasligimiz kerak, ular quyidagilar bilan o'zaro bog'liq:

- norozi mijozlarni raqobatchilarga o'tib ketishi;
- potensial mijozlar nazarida operator jozibadorligining kamayishi;
- mavjud va potensial hamkorlar, aksiyadorlar va investorlar uchun kompaniyaning jozibadorligini kamayishi.

Ikkinchidan, bugungi kunda aloqa texnologiyalari sohasida tub o'zgarishlar (radikal) yuz bermoqda. Kanallar kommutatsiyasi o'rniga paketlar kommutatsiyasi kirib kelmoqda, transport va kirish tarmoqlarida yangi texnologiyalari joriy etilmoqda, yangi protokollar qo'llanilmoqda. Bunday yangilanishlar, odatda tezkor sur'atlar bilan olib borilmoqda, bu esa yo'qotishlar bilan, jumladan ishonchlilida yo'qotishlar bilan bog'liqdir. Bu bir tomondan, aloqa tarmoqlarida etarlicha sinovdan o'tmagan, xom mahsulotlar va echimlardan foydalanish, boshqa tomondan esa, kompaniyalar-operatorlarning xizmat ko'rsatish xodimlari yangi texnologiyalarga xizmati ko'rsatishga tayyorlangan emasligi bilan bog'liqdir. SHu munosabat bilan yangi uskunalarni yana bir bor puxta va keng qamrovli sinovlardan o'tkazishga, unga xizmat ko'rsatadigan mutaxassislarni o'qitish va umuman

olganda yangi texnologiyalarni ekspluatatsion jarayonlarini takomillashtirishga e'tibor qaratish zarur.

Xuddi shunday vaziyat o'tmishda allaqachon bo'lib o'tgan. 80-yillarning oxirlari – 90-yillarning boshida optik-tolali aloqa liniyalarini, 7-son UKS va boshqa yangiliklarni AQSHning kommunikatsiya tarmoqlarida faol ravishda joriy etilayotganda bir qator yirik avariya ro'y berdi va bu yirik ommaviy noroziliklarni keltirib chiqishiga sabab bo'ldi. Bu ishonchlilikni ta'minlash masalalariga jiddiy e'tibor berishni talab qildi. Xususan, 1991 yilda tarmoq ishonchliligi bo'yicha Kengash (Network Reliability Council) yaratildi. Har qanday texnik qayta jihozlash hisobiga ishonchlilikni ta'minlashning umumiy vazifalaridan tashqari, NGN prinsiplariga muvofiq, aloqa tarmoqlarini qurishga hozirgi paytda faol ravishda o'tish bilan bog'liq o'ziga xos dolzarb muammolar ko'tarilmoqda.

Uchinchidan, zamon bilan xamnafas bo'lish uchun operatorga zamonaviy asbob-uskunalar va dasturiy ta'minotni xarid qilish, yangi xizmatlarni taqdim etishni boshlash etarli emas. Biznes-jarayonlarni ham yangilashga ehtiyoj tug'iladi. Biznes-jarayonlarni qayta tashkil etish va takomillashtirish bo'yicha ishlar bir qator operator kompaniyalarida amalga oshirilmoqda. Bunday holda, yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, ekspluatatsion jarayonlarni e'tibordan chetda qoldirmaslik, xususan ishonchlilikni ta'minlash muhim ahamiyatga ega.

**NGN ishonchliligi muammolari.** NGN ga o'tishdagi muammoli yo'nalishning biri ishonchlilikdir. Afsuski, bu vaziyat ko'p xollarda ayrim rahbarlar va mutaxassislar tomonidan tushunilmaydi. NGNda ishonchlilikni ta'minlash an'anaviy aloqa tarmoqlarida ushbu muammoni hal etishdan tubdan farq qilmaydi degan fikr mavjud. Bundan tashqari, hatto ba'zida ishonchlilik nuqtai nazaridan NGN an'anaviy tarmoqlardan shak-shubhasiz afzalligi haqida fikrlar ham eshitilib turadi. Aslida, NGN ga o'tish sharoitida ishonchlilikni ta'minlash vaziyati juda ham murakkabdir. Har qanday texnik qayta jihozlash bilan bog'liq bo'lgan ishonchlilikni ta'minlashning umumiy masalalaridan tashqari, NGNning ba'zi bir xususiyatlariga

bogʻliq holda muayyan muammolar paydo boʻladi, bu ishonchlilikning pasayishiga olib kelishi mumkin. Bu holda ikkita komponentni ajratib olish maqsadga muvofiq: kommutatsion uskunasining ishonchliligi va IP infratuzilmasining ishonchliligiga eʻtibor qaratish lozim. Ularni quyida batafsilroq koʻrib chiqamiz.

Umuman olganda, NGN ning ishonchliligining injeneriyasi kanallar kommutatsiya tarmoqlarida ishlatilganidan injeneriyadan farq qiladi, shuning uchun bu soha tegishli tadqiqotlarni olib borishni talab qiladi. Bir qator rivojlangan mamlakatlarda bu masalalar hukumat darajasida hal etilmoqda. Xususan olganda, kelajak tarmoqlarning ishonchliligi, barqarorligi va xavfsizligi toʻgʻrisida Evropa Komissiyasi jiddiy xavotirda. Uning buyurtmasi boʻyicha Alcatel-Lucent Bell Labs kompaniyasi maxsus tadqiqotlar oʻtkazdi, uning natijasida “Elektron kommunikatsiya infratuzilmasining tayyorligi va barqarorligi” mavzusida hisobot tayyorlandi.

***NGN kommutatsion qurilmalarining ishonchliligi.*** Kanallar kommutatsiyalanidan anʻanaviy uzellar uchun ishonchlilikning asosiy meʻyoriy tashkil etuvchisi tayyorlikdir, unga talab quyidagicha qoʻyilgan “20 yillik xizmat muddati ichida boʻsh turish 2 soatdan koʻp boʻlmaslik”, bu tayyorlik koeffitsientining “beshta toʻqqiz”, yaʼni 0.99999 qiymatiga mos keladi.

NGN ga oʻtishda anʻanaviy kommutatsiya uzelinig oʻrnini moslashuvchan kommutator (Softswitch) egallaydi. Koʻp sonli ayrim qurilmalar majmuasi (kontrollerlar, shlyuzlar, serverlar) paydo boʻladi. Ularning barchasi yuqori ishonchliligiga ega: ishlab chiqaruvchilar odatda quyidagini taʼkidlaydilar, ular har birining tayyorlik koeffitsientining qiymati bir xil “beshta toʻqqiz”ga tengdir. Biroq, kommutatsiya uzelinig funksiyalarini bajarish uchun bir nechta bunday uskunalari birgalikda ishlashi kerak, shuning uchun yakuniy ishonchlilik ular tayyorlik koeffitsientlarining koʻpaytmasiga teng boʻladi, natijada ishonchlilik ancha past boʻladi.

NGNlarning ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan yana bir muhim omil – chaqiriqlarni xizmat ko'rsatish jarayonlarini boshqarishni markazlashtirilishidir. Strukturaning xal qiluvchi asosiy elementi shlyuzlar kontrolleri yoki chaqiriqlar serveri (Softswitch bu atamaning tor ma'nosida) bo'ladi. Bunda, shunday bitta kontroller yoki server bir nechta shlyuzlarni boshqaradi, shuning uchun uning raddiyasi katta hududdagi tarmoqni ishlashini to'xtashiga olib kelishi mumkin. O'xshash vaziyat nafaqat tarmoq ishonchliligiga, shuningdek tarmoq yashovchanligiga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ushbu holat va u bilan bog'liq xatarlar aloqa operatorlari tomonidan e'tiborga olinmoqda.

NGN uskunalari etakchi ishlab chiqaruvchilari shlyuzlar kontrollerlarini rezervlash imkoniyatlarini qarab chiqmoqdalar, shu jumladan, geografik taqsimlangan kontrollerlarni ham. Ba'zi telekommunikatsiya operatorlari o'zlarining tarmoqlarini loyihalashda bunga o'xshash rezervlash zarurligini hisobga olishmoqda. Afsuski, ko'p hollarda tejamkorlik nuqtai nazaridan bu narsa amalga oshirilmayapti. Bu zamonaviy aloqa tarmoqlari bo'lishi kerak bo'lgan xatolarga raddiya bardosh tizimlarni yaratishning asosiy tamoyillaridan biriga zid keladi – bu strukturadagi “muvaffaqiyatsizlikning yagona nuqtasi” bajarilmaydi.

Bularning barchasi o'rganishni talab qiladi, ko'rsatilgan salbiy omillarni qoplash uchun rezervlashning tegishli sxemalari va usullarini ishlab chiqish va qo'llash kerak. SHu bilan birga, ularni apparat va tarmoq darajasida amalga oshirish kerak.

***IP tarmoqlarining ishonchliligi.*** NGNning xarakterli tendensiyasi IP protokoli asosidagi tarmoqlardan katta masshtablarda qo'llashdir. Bunday tarmoqlarning ishonchliligini baholash va ta'minlash usullari etarlicha ishlab chiqilmagan. Ushbu yo'nalishdagi ishlar qator xorijiy davlatlarda amalga oshirilmoqda. Xususan, Finlyandiyada IPLU tadqiqot loyihasini ishlab chiqilmoqda (bu “IP-tarmoqlarning ishonchliligini baholash usullari” deb nomlanadi). Ushbu loyiha doirasida xalqaro seminar bo'lib o'tdi, unda ushbu mavzu dolzarbligi

ta'kidlandi, tadqiqotlar natijalari sarhisob qilindi, kelgusida ishlash yo'nalishlari belgilandi.

IP-tarmoqlarning afzalligi axborotni uzatishning ko'plab muqobil yo'llarini taqdim etish imkoniyatidir. Xuddi shu sababli ishonchlilik nuqtai nazaridan NGN echimlarining afzalliklari haqida xulosa chiqariladi.

Xatto shunday fikr xam bor, Internetni va uning asosida yotuvchi protokollarni ishlab chiquvchilari, tarmoq ba'zi elementlari ishdan chiqqanda ham, shu jumladan, harbiy amaliyotlarda ham, aloqani ta'minlaydigan tarmoqni yaratishni maqsad qilib olganlar.

Biroq, bu afzalliklarni amalga oshirish uchun etarlicha tarmoqlangan fizik infratuzilmani yaratish kerak. Faqat bu holdagina, turli yo'nalishlar nafaqat mantiqiy, balki fizik jihatdan ajratiladi. Aks holda ular, masalan, umumiy kabelda o'tishlari mumkin, ularning uzilishi undan o'tadigan barcha yo'llarning ishlamasligiga olib keladi. Bunday vaziyatlar odatda amaliyotda ko'p uchraydi.

Bundan tashqari, IP-tarmoqlardagi ma'lumotlarni uzatishning yangi yo'llariga o'tish vaqti real vaqt trafiklari uchun juda katta va agar xavfsizlikning qo'shimcha choralari ko'rilmasa, bunday qayta ulashlar bog'lanishlar uzilishiga keladi. SHu sababli tezkor tiklash mexanizmlari ko'pincha fizik darajalarda amalga oshiriladi. Bu erda tarmoqning yuqori raddiya bardoshligini ta'minlovchi, rezervlashning turli standartlashtirilgan mexanizmlarga ega bo'lgan SDH texnologiyasidan, xozircha bunga o'xshash mexanizmlarga ega bo'lmagan, nisbatan arzon Ethernet texnologiyasiga o'tish kuzatilmoqda. Bu ham tarmoqning ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda.

Nihoyat, yuqorida ko'rsatilgan afzallik ham salbiy tomonga ega. Ishonchlilik nuqtai nazaridan IP-tarmoqlarning muhim xususiyati shundan iboratki, ularda raddiyalarning yangi manbasi paydo bo'lishidir – marshrutlash protokollari ishlashida uzilishlar mavjudligi. Bu protokollar barqarorlik muammosiga ega va konfiguratsiyalar xatolariga juda sezgirdir. Bunday holatda marshrutlash

protokollarining ishlash o‘ziga xos xususiyatlari sababli, bu kabi raddiyalar tarmoq orqali ko‘chkisimon holda tarqalishi mumkin.

Bu holatga shuningdek, NGN bo‘yicha Muammolar guruhi o‘z hisobotida bu xolatga diqqat e‘tiborni qaratgan. Umuman olganda, ushbu hisobotda “G” ilovasida NGNning barcha tahdidlari va zaifliklari bo‘yicha batafsil tahlil mavjud.

ITU-T ning G.1000 tavsiyalari IP asosidagi tarmoqlar va xizmatlardan foydalanish bir qator muammolarni keltirib chiqarishini ko‘rsatadi, jumladan, bir qator masalalarni echish uchun sinovdan o‘tgan, ishonchli va masshtablanadigan mexanizmlarni mavjud emsligi, xususan, o‘ta yuklangan tarmoqlarda IP darajasida jiddiy uzilishlar (yoki hujumlar) bo‘lganidan keyin bog‘lanishni tezkor va to‘liq qayta tiklanish amalga oshira olmaydi.

IP asosidagi infratuzilmasiga o‘tish xavfligiga real va konkret misol sifatida, 2007 yil 15 mayida bo‘lgan YAponiya operatori NTTning IP tarmog‘ining katta qismi ishdan chiqishini ko‘rsatish mumkin. Bunda Cisco kompaniyasi ishlab chiqargan 2 mingdan 4 minggacha marshrutizatorlari ishdan chiqdi, va ularning ishlashga layoqatsizligi taxminan 7 soat davom etgan. Natijada, SHarqiy YAponiyaning katta qismidagi millionlab foydalanuvchilar aloqasiz qolishdi. Bu xodisaning asosiy sababi, rezervdagi marshrutlarga o‘tishda marshrutlash jadvallarining nokorrekt yangilanishi bo‘ldi, aynan shu narsa marshrutizatorlarning ommaviy ishlamay qolishiga olib keldi.

Bunga o‘xshash vaziyatlar paydo bo‘lish xavfini oldini olish uchun quyidagilar bajarilishi kerak:

-yangi texnika va dasturiy ta‘minotni, shu jumladan stressli yuklanishda, xatoliklarni va ayrim texnik vositalar va boshqalar raddiyalarini imitatsiyalash orqali sinchiklab testlash;

-xatolarni tezkor aniqlash va lokalizatsiya qilish imkonini beradigan tarmoq monitoringi vositalarini qo‘llash;

-tarmoq monitoringi olib boradigan va paydo bo'lgan nosozliklarni tezkor bartaraf eta oladigan soni va malakasi etarli bo'lgan ekspluatatsion xodimlarning mavjudligi;

-tarmoq uskunalarini ishlab chiqaruvchilar tomonidan texnik qo'llab-quvvatlanishini ta'minlash.

***Ekspluatatsiya jarayoni va biznes-jarayonlari takomillashtirish.*** O'tkazilgan tadqiqot ishlari tahlili quyidagilarni ko'rsatadi "...keyingi avlod aloqa tarmoqlari ekspluatatsiya qilishni tashkil etishdagi murakkablik birinchi navbatda, tarmoq konfiguratsiyasi va personal javobgarlik zonasining o'zgarishlari sabab bo'ladi. Bugungi kunda tarmoqdagi nosozliklar lokal, o'z joyida bartaraf qilinadi, keyingi avlodning taqsimlangan tarmog'ida nosozliklarni bartaraf etish markazlashgan xolda amalga oshirilishi lozim. Xozircha aloqa operatorining raxbar xodimlarida NGN tarmoqlarini tashkil etish, nazorat qilish va ekspluatatsiyalashni boshqarish bo'yicha ish tajribasi etishmaydi, texnik personalda esa – yangi uskunalarga xizmat ko'rsatish tajribasi etishmaydi”.

SHu munosabat bilan telekommunikatsiya operatorlari uchun telekommunikatsiyalarni boshqarish xalqaro Forum (TM Forum, TM Forum) biznes jarayonlarini takomillashtirish, zamonaviy OSS qurish va hokazolarni rivojlantirishga qaratilgan g'oyat foydalidir. Xususan, TM Forumning o'ta muhim ishlanmalaridan biri aloqa operatori jarayonlarning etalon modeli eTOM (enhanced Telecom Operations Map –telekommunikatsiya kompaniyasi jarayonlarining takomillashtirilgan xaritasi) hisoblanadi. U ITU-T tomonidan qabul qilingan va NGN boshqaruv tamoyillarini ishlab chiqishda foydalaniladi.

Ta'kidlash lozimki, eTOM – bu tajribaga asoslanmagan abstrakt tuzilma emas, balki jahonning etakchi aloqa operatorlari va ishlab chiqaruvchilari tomonidan faol qo'llanilayotgan va ularning tajribalarini umumlashtiruvchi natijadir.

Ko'p xollarda eTOMni qo'llash moliyaviy-iqtisodiy soha va mijozlar, ta'minlovchilar va hamkorlar bilan o'zaro munosabatlar bilan cheklanadi, ichki

ekspluatatsion jarayonlar esa, shu jumladan, ishonchliligini ta'minlashga qaratilgan masalalar, ko'p xollarda muhokamalar doirasidan chetda qolmoqda.

TM-Forum hujjatlarida biznes-jarayonlar deb kompaniya faoliyatiga taalluqli umuman barcha jarayonlar tushuniladi. eTOM asosida biznes-jarayonlarni tavsiflash va mukamallashtirish bo'yicha telekommunikatsiya operatorlariga xizmat ko'rsatuvchi ko'plab maslahatchilar, telekommunikatsiya sohasidagi mutaxassislar emas va aloqa tarmoqlarining ishlash tamoyillarini va ekspluatatsiyasini yomon xis etadilar. SHuning uchun ular ekspluatatsiya jarayonlari bilan to'liq shug'ullana olmaydi.

Operatsion jarayonlari sohasida eTOMda ishonchlilikni ta'minlashga qaratilgan bir qator jarayonlar mavjud. Bu holda gap faqat raddiyalarni topish va bartaraf etish haqida emas, unga "Resurslar bo'yicha muammolarni boshqarish" (bu "Ta'minlash" jarayonlarining vertikal guruhiga kiruvchi, dekompozitsiyaning 2 darajasidagi jarayondir), balki ularni yuzaga kelishini oldini olish xaqidadir. Bu maqsadga "Resurslar bo'yicha muammolarni boshqarishni qo'llab-quvvatlash" jarayoni xizmat qiladi (3-daraja, "Qo'llab-quvvatlash va operatsion jarayonlarining tayyorligi" vertikal guruhi). U resurslarlar infrastrukturasi profilaktikasi va rejalashtirilgan texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash bo'yicha harakatlar statistik ma'lumotlari asosida bajariladigan preaktiv boshqarishni amalga oshiradi, shuningdek, resurslar bo'yicha muammolarni boshqarini jarayonlari uchun monitoring, boshqarish va hisobot berishni qamrab oladi.

## **6.2. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligi**

*Umumiy tushunchalar.* Biror ob'ektning (tizim, inshoot, jihoz, apparat, asbob ularning qismlari yoki alohida detali) ishonchliligi deb ishlatishning ma'lum sharoitida real masalalarni (vazifalar) bajarish qobiliyatidan iborat bo'lgan xususiyatiga aytiladi. Me'yoriy texnik xujjatlarda o'rnatilgan asosiy parametrlar qiymatini saqlab, berilgan vazifalarni bajarishga qodir bo'lgan ob'ekt holati, uning



ishchanligi deyiladi, ob'ektning berilgan talablarini qondirish holati, uning to'la-to'kisligi deyiladi. Ob'ekt ishchanligining buzilish holati rad etish deyiladi.

Ob'ektni ishlatish vazifalari va sharoitiga qarab ishonchlilik bilan bog'liq ob'ektning bir nechta xususiyati bor. Rad etmaslik (ishchanlik xususiyatini uzluksiz saqlaydi), davomiylik (ma'lum xolatgacha ishchanlikni saqlash), tuzatish mumkinligi (rad bo'lgandan keyin ishchanlikni tiklash imkoniyati bor). Xizmat ko'rsatish yoki saqlanish vaqti bo'yicha. Muhim ko'rsatkich bo'lib tayyorlik koeffitsienti hisoblanadi. Ehtimolligi, vaqtning belgilanmagan paytida foydalanishning o'rnatilgan (statsionar) jarayonida, ob'ekt ishlay oladigan bo'lib qoladi. Xususiyatlari bo'yicha har xil bo'lgan elementlardan iborat murakkab ko'p vazifali tizimlar hisoblangan aloqa tarmoqlari uchun ishonchlilik, tayinlanish, ishlab chiqarish vaqti, ishga tushirish muddati ko'rsatkichlari qilib, ishonchlilikning 2 ta asosiy aspektini ajratish mumkin. Ularni shartli apparatli va strukturaviy deb atash mumkin. Aparatli aspekt deganda, apparatura alohida asbob va ularning elementlari, kanal va liniya traktlari kiritgan holda ya'ni uzal va tarmoq liniyalariga kiruvchi alohida elementlar ishonchliligining muammolari deb tushunamiz.

Strukturaviy aspekt uzellar (stansiya, punkt) yoki tarmoq liniyalarining rad etish yoki ishchanligiga bog'liq holda tarmoqning ishlashini to'la aks ettiradi.

Tarmoqning ko'p vazifaligini hisobga olganda, "tarmoq-teletarmoq" rad etishida nima tushunilishini aniqlash ya'ni, tarmoq o'z vazifalarini unumli bajarishini to'xtatishini aniqlash uchun N uzellarida aloqaning ma'lum sonini tashkil qilish kerak bo'ladi. Amalda bu juda murakkabdir. Ba'zida tarmoqni rad etishda aloqa yo'qotish tushuniladi. Lekin bu ko'rsatkich faqat ayrim holatlarda qabul qilinishi mumkin, chunki u alohida aloqalarning muhimligini hisobga olmaydi. Boshqa hollarda tarmoq ishonchliligi aloqa tayyorligi yoki uzellarning berilgan juftligi uchun koeffitsientning "o'rtacha" kattaligi bilan tavsiflanadi. To'g'riroq, tarmoq ishonchliligini matritsa, vektor yoki tarmoq qovurg'alari (liniya, kanallar) ishonchliligi ko'rsatkichlari ro'yhati bilan yoki tarmoq punktlarining har bir jufti

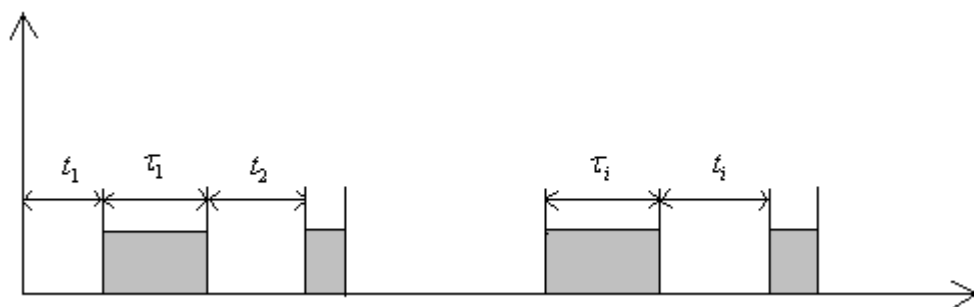
uchun eng qisqa yoki ruhsat etilgan yo‘llar yoki hamma mumkin bo‘lgan yo‘llar ishonchlilik ko‘rsatkichlari bilan tavsiflash mumkin. Tarmoq ishonchligini, qovurg‘alar (liniya, kanal), yo‘llarning umumiy soni yoki qovurg‘alar, kanallar yoki aloqaning umumiy uzunligidek ma’lum qismi saqlanib qolish ehtimolli vazifalari bilan tavsiflash mumkin. Ishonchlilik tushunchasini umuman tarmoqqa emas, punktlar (uzellar) ning berilgan jufti orasidagi yo‘llar yoki yo‘llar yig‘indisiga qo‘llash mumkin, ya’ni qovurg‘alar va uzellarning ishonchlilik ko‘rsatkichlari ma’lum deb hisoblab, ushbu punktlar orasidagi aloqa ishonchligini ko‘rib chiqamiz.

Yo‘l ishonchliligi ko‘rsatkichlari tagida, vaqtning belgilanmagan paytida uzun yo‘l ishlash holatida ekanligi ehtimoli tushuniladi. Bu shuni bildiradiki, ushbu yo‘lga kiruvchi hamma qovurg‘alar va uzellar ishchan bo‘lishi kerak.

Aloqa ishchanligini, uzellar orasida aloqani tashkil qiluvchi ko‘p yo‘llardan biri ishchan hisoblash ehtimoli bilan baholanadi. SHunday qilib, aloqaning buzilishi, ushbu aloqaga kiruvchi yo‘llarni hosil qiluvchi uzellar va tarmoq qovurg‘alarining rad etishi bilan aniqlanadi. Qovurg‘alar rad etishi deb shunday holatga aytiladiki, bunda ko‘rib chiqilayotgan qovurg‘ani tashkil qiluvchi kanallar (liniya), yoki to‘la ishdan chiqqan yoki ularning parametrlari shunday yomonlashganki, amalda aloqaning ushbu turi uchun ularni ishlatish mumkin emas. Qovurg‘a ishonchliligi bu rad etmasdan ishlash ehtimoli, bir tomondan liniya qurilmalarining mexanik ishchan, ikkinchi tomondan uni elementlarining apparatli ishonchliligi bilan aniqlanadi. Liniyalar rad etishining asosiy sabablariga qurilish ishlari bajarilgan paytda yoki tabiiy ofatlar ta’sirida kelib chiquvchi har xil mexanik shikastlanishlar hisoblanadi. Kamdan-kam ular montaj yoki ushbu liniyalar qurilishidagi defektlar yoki xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning ma’suliyatsizligi oqibatida bo‘lishi mumkin.

Uzelning rad etishi qovurg‘alar rad etishiga nisbatan yo‘llarning ancha ko‘p sonining buzilishiga olib keladi. Tiklanayotgan elementning ishlash jarayonini ishchanlik  $t_i$  va bekor turish  $\tau_i$  oraliqlari ketma-ketligi deb tasavvur etish mumkin (6.1-rasm). Ushbu oraliqlar cho‘zilishi yuqorida aytib o‘tilgan hamma omillar bilan

aniqlanadi. Ularning 1-yaqinlashishi o‘rtacha vaqt bilan  $t=M(t_i)$  uzluksiz ishlashi  $\tau_i = M(\tau_i)$  va tiklanishi aniq taqsimlanishga ega o‘zaro mustaqil tasodifiy kattaliklar deb hisoblash mumkin.



6.1-rasm. Ishchanlik va bekor turish oraliqlari

### 6.3. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini oshirish asoslari

Berilgan punktlar orasida aloqa ishonchliligini oshirishga quyidagi choralar qabul qilish orqali erishiladi:

- apparatura yoki yuqori ishonchli liniyalar (masalan, havo liniyalaridan kabelliga o‘tish) tanlash, bu tarmoqning ayrim qovurg‘alarini (uchastkalar) ishonchliligini oshirishga imkon beradi;
- tarmoqning ayrim uchastkalarida kanallar, traktlar va liniyalar bo‘yicha rezervni qo‘llash, bu qovurg‘alar mustaxkamligini oshirishga olib keladi;
- rezerv aylanma yo‘llarni (issiq rezervi rejimida) qo‘llash, bu aloqada ishlatilishi mumkin bo‘lgan mustaqil yo‘llar sonini ko‘payishiga olib keladi;
- mavjud yo‘llar orasida “ulagich” deb nomlangan ko‘ndalang ulanishni tashkil qilish, bu qaram yo‘llar sonini ko‘payishiga olib keladi;
- nazorat qilish va tiklash xizmatlarini tashkil qilish, shu jumladan qisman hajmda aloqani vaqtincha tiklash imkonini beruvchi, shikastlangan uchastkalarni aylanib o‘tish, krossirovkani almashtirish (marshrutni o‘zgartirish) va boshqa

choralarni tashkil qilish uchun xarakatchan yoki sun'iy yo'ldosh aloqasini ishlatish, bu tiklash vaqtini kamaytiradi, binobarin qovurg'alar ishonchliligi ko'payadi;

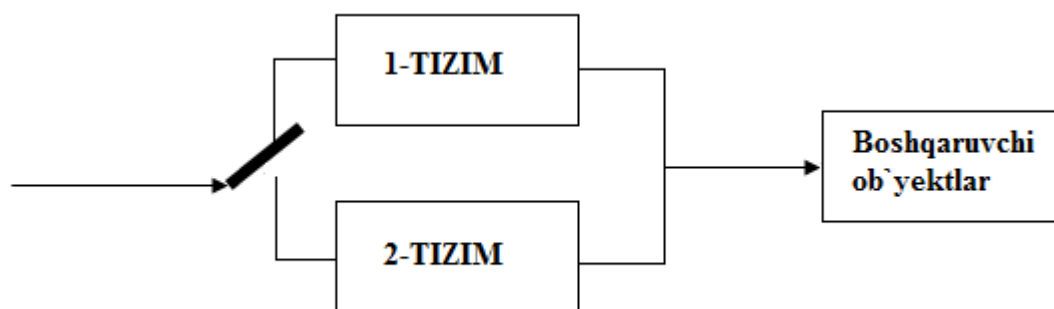
- kanallar va traktlarni amaliy qayta ulash, xabarlar oqimini qayta taqsimlash va chegaralashni ta'minlovchi xar xil darajalarning muvofiq tizimlarini tashkil qilish.

Yuqorida aytib o'tilgan usullar tarmoqning ishonchliligi va ishlash davomiyligini oshirishiga imkon beradi. U yoki bu usulni tanlash ishonchlik va aloqadagi talaffuzning yo'l qo'yilgan vaqt, qo'yilgan talablar, hamda xarajatlar nisbati bilan aniqlanadi. Amaliyotda yuqorida aytib o'tilgan usullarning birikmalari ishlatiladi.

***Ishonchlikni ta'minlovchi usullar tahlili.*** Ishonchlikni ta'minlovchi tez-tez qo'llanib turiladigan usullarni (sxemalarni) ko'rib chiqamiz. Bunday usullardan biri nushalash (rezervlash) sxemasi deyiladi. Bu holatda tizimga parallel o'xshash uskuna ulanadi. Ikki tizim xam quyidagi rejimda ishlashi mumkin.

- sovuq rezervlash rejimi. (6.2-rasm)

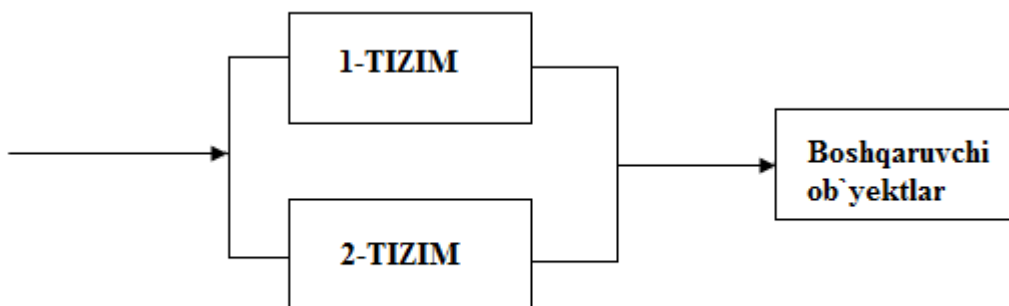
- issiq rezervlash rejimi. (6.3-rasm)



6.2-rasm. Sovuq rezervlash rejimi

Sovuq rezervlash negiziga asosan bir-birini o'zaro quvvatlovchi ikki uskuna har xil joylarda joylashtirilishi mumkin. Lekin ular 1 ta tizimga qarashli va ishlovchi rezerv rejimida ishlaydi. Ishlovchi va rezerv uskunalar bir xil tizimli parametrga ega. Normal vaziyatda ishlovchan, masalan, 1-tizim ob'ektlarni boshqaradi va aloqa

xizmatlarini taqdim etadi. Rezervlashning bunday sxemasini 1+1 sovuq rezervlash sxemasi deyiladi. Agar ishlovchan tizim ishdan chiqsa, rezerv tizim juda qisqa vaqt ichida ( $K$  kalitning qayta ulash vaqti) ob'ektlar boshqaruvini qabul qiladi. Qayta ulash qo'l bilan ham bajarilishi mumkin. Rezervlashning ushbu usulining xususiyati shundaki, asosiy tizim ob'ektlarni boshqarib turganda, rezerv tizim dastlabki holda, boshqaruv vazifasini bajarmaydi. Rezervlashning bunday tashkil qilinishida rezervlash sxemasi juda oddiy. Lekin, qayta ulash tezligi sekin bo'lganligi uchun tarmoqda to'xtalish paydo bo'lishi mumkin. Ushbu rezervlash sxemasini  $N$  aktiv jihoz bo'lgan holda va bu jihozlarni uchun 1 ta rezerv jihoz bo'lganda, ya'ni,  $1+N$  turdagi tizimda qo'llash mumkin.



6.3-rasm. Issiq rezervlash rejimi

Issiq rezervlash negizi bo'yicha 2 ta uskuna ular bir-birini quvvatlashi va har xil joyda joylashtirilishi mumkin. Lekin ular 1 ta tizimga qaram va *ishlovchi/rezerv* rejimida ishlaydi. Ishlovchi va rezerv uskunalarni bir xil tuzilish parametrlariga ega. Normal vaziyatda ishlovchi, masalan, 1 tizim ob'ektlarni boshqaradi va aloqa xizmatini taqdim etadi. Sovuq rezervlashdan farqli, rezerv tizim ham boshqarish signallarini ham ishlab chiqaradi. Lekin bu signallar boshqaruvi ob'ektlar tomonidan qabul qilinmaydi. Boshqaruvli ob'ektlar dastlabki holatda ishlovchi tizim

signallariga to‘g‘rilangan. Bunday rezervlash sxemasi 1+1 issiq rezervlash sxemasi deyiladi.

Agar ishlovchi tizim ishdan chiqsa, rezerv tizim ob‘ektlar boshqaruvini qabul qiladi, ya’ni boshqaruvli ob‘ektlar rezerv tizim signallarini qabul qiladi.

Rezervlashning ushbu usulining xususiyati shundaki, rezerv tizim ham dastlabki holatda boshqaruv signallarini to‘la ishlab chiqaradi. Rezervlashning bunday tashkil qilinishida qayta ulash tezligi juda yuqori. Lekin ikkita tizimning parallel ishlashi sababli tizim resurslarini ishlatish samarasi past bo‘ladi.

Tizimning resurslarini ishlatish samarasini yaxshilash uchun ishlovchi va rezerv tizimlari orasidagi yuklanish taqsimlanadi. Dastlabki holatga boshqaruvli obektlar bir qismi bitta tizim bilan 2- qismi esa boshqa tizim bilan boshqariladi. Tizimlarni bittasi ishdan chiqqanda, qolgan obektlar boshqaruvni ushbu vaqtda ishlovchi tizim o‘z zimmasiga oladi.

Rezervlashning ushbu sxemasi taqsimlangan yuklanishni 1+1 issiq rezervlash tizimi deyiladi.

#### **6.4.Multiservisli tarmoqlarda paketlarni uzatish xarakteristikolari**

Foydalanuvchilarga xizmat ko‘rsatish sifatini aniqlash, baholash va keyinchalik qo‘llanish muammolarining dolzarbligi aloqa tarmoqlarining yangi multimediali xizmatlar bilan boyitilishi yanada ortishiga olib keladi. Ularni amalga oshirish uchun ajratilayotgan resurs xajmini servis turiga bog‘liqligini hisobga olish lozim. Bu tarmoq infrastrukturasi rejalashtirish masalasini yanada murakkablashishiga olib keladi.

QoS (Quality of Service) termini foydalanuvchi operator taqdim etgan xizmatdan qoniqish darajasini aks ettiradigan xarakteristikalar to‘plamini bildiradi.

Vaziyatga bog‘liq holda QoS abonentga xizmat ko‘rsatish barcha tashkil etuvchilarini (shartnoma tuzish, aloqa vositalari bilan jihozlash, nochor

vaziyatlarda tizim tomonidan yordam berish, xizmatlarga to'lov va boshqalar) yoki faqat bir qismini qamrashi mumkin.

Odatda xizmat ko'rsatish mezonlari quyidagilardir: tezlik, aniqlilik, tayyorlik, ishonchlilik, xavfsizlik, soddalik va boshqalar.

IP-tarmoqlarda paketlarni uzatish sifatining standartini belgilovchi eng muhim ko'rsatkichlari bo'yicha ITU-T tavsiyanomalari mavjud. Ular uzatish sifatining tahlil qilinadigan aspektlariga mos ravishda ikkita to'plamga guruhlashtirilgan.

Birinchi guruhga IP-paketlarni etkazish xarakteristikalarini kiradi:

- IP-paket etkazilishining kechikishi (IP packet Transfer Delay, IPTD);
- IP-paket etkazilishining kechikishi variatsiyalari (IP packet Delay Variation, IPDV);
- yo'qolgan IP-paketlarning ulushi (IP packet Loss Ratio, IPLR);
- hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi (IP packet Error Ratio, IPER).

Kiritilgan ko'rsatkichlarni formal aniqlanishi quyidagi ko'rinishda bo'ladi. Tarmoq segmenti uchun IP-paket etkazilishining kechikishi muvaffaqiyatli uzatilgan va hatolik bilan uzatilgan paketlar uchun quyidagi munosabatdan aniqlanadi ( $t_2 - t_1$ ), bunda  $t_1$  -paketni ko'rilayotgan segmentga kirish vaqti,  $t_2$  esa - paketni segmentdan chiqish vaqti.

Quyidagi faraz qilinadi:

$$t_2 > t_1 \text{ i } (t_2 - t_1) \leq T_{\max}; \quad (6.1)$$

bunda  $T_{\max}$  - kechikishning ruhsat etilgan maksimal qiymati, vaqt undan ortsa paket yo'qolishini keltirib chiqaradi.

Uzel-manbadan uzal-qabul qiluvchiga paketni etkazishdagi kechikish ko'rilayotgan axborot oqimi yuradigan marshrutning tashkil etuvchilari, tarmoqning barcha segmentlari bo'yicha kechikishlari yig'indisi sifatida aniqlanadi. Kechikishning o'rtacha qiymati tahlil qilinayotgan IP-paketlar guruhining kechikishlari o'rta arifmetik qiymati sifatida topiladi.

Uzel-manbadan uzal-qabul qiluvchiga  $k$ -nchi IP-paketni etkazishdagi kechikish variatsiyasi  $\tau_k$  quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\tau_k = x_k - d_{1,2}, \quad (6.2)$$

bunda  $x_k$  va  $d_{1,2}$  -mos holda  $k$ -nchi va etalon (birinchi) IP-paketlar kechikishining absolyut qiymati.

IPDV qiymat oqimli servislar va TSR protokoli uchun oyna o'lchamlarini tanlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Yo'qolgan IP-paketlarning ulushi yo'qolgan paketlar umumiy sonini tahlil qilinayotgan IP-paketlar guruhida qabul qilingan paketlar umumiy soniga nisbati sifatida aniqlanadi. Paketlarning yo'qolishi kutish vaqti maksimal ruhsat berilganidan ortishi natijasida ro'y beradi.

Mos holda, hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi hatolik bilan uzatilgan paketlarning umumiy sonini tahlil qilinayotgan IP-paketlar guruhida qabul qilingan paketlar umumiy soniga nisbati sifatida aniqlanadi.

Ikkinchi guruhga tarmoq infrastrukturasi ishlash xarakteristikalarini kiradi:  
-tarmoq unumdorligi (muvaffaqiyatli uzatilgan paketlarning tezligi);  
-ishlashga tayyorlik.

Birinchi xarakteristika muvaffaqiyatli uzatilgan axborot hajmini kuzatish davriga nisbati sifatida aniqlanadi va bit sekundlarda o'lchanadi.

Ikkinchi xarakteristikani an'anaviy holda yil davomiga hisoblangan tarmoqning ishlashga tayyorlik ulushi sifatida aniqlanadi.

Agar  $s_a$  – tayyorlik koeffitsienti,  $T$  – minutlarda ifodalangan, tarmoqning ishlashga tayyor bo'lmagan yig'indi vaqti bo'lsa,  $s_a$  ning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$s_a = 1 - T / (365 \times 24 \times 60). \quad (6.3)$$

Mos holda

$$T = (1 - s_a) \times 365 \times 24 \times 60. \quad (6.4)$$



Tayyorlik koeffitsienti “beshta to‘qqizlik”, ya’ni  $S_a = 0,99999$  bo‘lishi uchun ishlamay turish vaqti bir yilga 5,3 minut bo‘ladigan qiymatni hisoblab olamiz.

Ko‘rsatkichlarning ko‘rilgan ro‘yhati foydalanuvchi talabnomalariga xizmat ko‘rsatish jarayonining barcha tomonlarini aks ettirmaydi va asosan, IP-paketlarni etkazilishini xarakterlaydi. Xozirda ulanish o‘rnatilishi va ulanish tamom bo‘lishi ko‘rsatkichlariga texnik spetsifikatsiyalar tayyorlanmoqda.

### Nazorat savollari

1. Multiservisli aloqa tarmoqlarini qurishning umumiy yondashuvlarini tushuntiring.
2. Nega xozirda ishonchlilik masalalariga jiddiy e’tibor berilishi kerak bo‘lmoqda?
3. NGN tarmoq ishonchliligi muammolarini tushuntiring.
4. NGN tarmoq kommutatsion qurilmalarining ishonchliligi muammolari
5. Multiservisli tarmoqlari ishonchliligining asosiy aspektlarini tushuntiring.
6. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini oshirish asoslarini tushuntiring.
7. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini ta’minlovchi sovuq va issiq rezervlash rejimi usullarini tushuntiring.
8. Telekommunikatsiya tarmoqlarda QoS (Quality of Service) tushunchasi izox bering.
9. IP-tarmoqlarda paketlarni uzatish sifatining standartini belgilovchi eng muhim ko‘rsatkichlari bo‘yicha ITU-T tavsiyanomalarini tushuntiring.
10. IP-tarmoqlarda yo‘qolgan paketlarning ulushi qanday aniqlanadi?

## **7. MULTISERVISLI TARMOQ ISHONCHLILIGINI OSHIRISH USULLARI**

Multiservis tarmog‘i elementlarining ishonchliligini oshirish tizimning apparatli qismini, dasturli ta‘minoti va tarmoqda elementlarni boshqarishini taminlashga ko‘p jihatdan bog‘liq bo‘ladi. SHuning uchun ushbu bo‘limda multiservis tarmog‘i ishonchliligini oshirish usullarini batafsil tahlil qilamiz.

### **7.1. Multiservisli tarmoq apparat qismining ishonchliligi**

Softswitch dasturli kommutatori taqsimlangan tuzilishga ega, unda uning apparatli qismining ishonchliligini ta‘minlash uchun qator choralar qabul qilingan. Ishlatiladigan platalar ishlovchi rezerv uzeli sxemasi bo‘yicha, umumiy yuklanish va rezervlash rejimida ishlaydi. Softswitch da ishlatiladigan komplektlash buyumlari tekshirilgan, puxta tanlangan va yuqori yuklanishda tekshirilgan. Aparatli qismning mustaxkamligini ta‘minlash usullarini batafsilroq ko‘rib chiqamiz.

Softswitch tizimida ishonchlilikni ta‘minlash uchun modulli konstruksiya qo‘llaniladi. Modullar vazifalari bir-biridan to‘la mustaqil va bir nechta protsessorlar tomonidan boshqariladi. Bitta protsessorning rad etishi butun tizimning normal ishlashiga ta‘sir etmaydi. Softswitch ishlatiladigan asosiy platalarda ikki protsessorli rezervlash sxemasi qabul qilingan. Masalan, boshqaruvning hamma platalari ishlovchi rezerv rejimida ishlovchi 2 tadan protsessorga ega. Normal holatda ishlovchi protsessor platalar ishini boshqaradi, rezerv protsessor esa real vaqtda ishlovchi sinxronizm bilan quvvatlaydi. Agar ishlovchi protsessor ishdan chiqsa, ishga darxol rezerv protsessor ishga tushadi. Rezerv protsessor xizmatlarni taqdim etishda tanaffussiz plata ishini boshqarish bo‘yicha ishlovchi vazifasini o‘z zimmasiga oladi. Bundan tashqari, asosiy platalar nushalangan va 1+N turdagi issiq rezervlashga ega.

Platalarni issiq rezervlashning ushbu usuli umumiy yuklanishga ishlash rejimidek ma'lum. Ushbu rejimda kundagi ish davomida ikkita yoki ko'proq platalar bir hil vazifalarni bajaradi. Agar platalarning biri ishdan chiqsa, u bajarayotgan vazifalar jihozning boshqa platalariga uzatiladi, shu bilan ma'lum ishchi parametrlar saqlanishi ta'minlanadi, masalan, ulanishlar yo'qotilishining oldi olinadi.

**Softswitch kommutatori dasturiy ta'minotining ishonchliligi.** Softswitch kommutatorining dasturli ta'minoti himoyalangan ishlashi, xatolarga bardoshlilikni va xatolarni aniqlash tizimli, qavatli, modulli tuzilishga ega. Tizimga qo'yilgan talablar, uning loyixalashtirishining tahlilidan boshlab, to dasturli ta'minotni sinovdan o'tkazguncha Softswitch ishlab chiqishining hamma bosqichlari "funktional imkoniyatlarning rivojlantirish modeli" muolajalar talabiga muvofiq. Softswitch ishlab chiqarishda sifatni oshirish uchun kodlardan to'g'ri o'tish, tekshiruv, ko'rib chiqish, uzellarni sinash, tizimni sinash va boshqa foydali qo'llanilgan choralar dasturli ta'minot mustaxkamligini ancha oshiradi. Softswitch da taymer bo'yicha dasturli ta'minot resurslarini, real vaqtda monitoringni, xotirani himoyalash va ma'lumotlarni vaqti-vaqti bilan tekshirishini o'tkazish, butun tizim ishini buzilishiga olib keluvchi dasturlar ishidagi arziyasiz xatolarni oldini olish imkonini beradi, bu uning xatolarga bo'lgan bardoshligini ancha kuchaytiradi.

Softswitch da ham apparatli qismda ham dasturli ta'minotga rad etishlar avtomatik aniqlash va tashhis qo'yish bajariladi. Xizmat taqdim etishda tanaffusni oldini olish uchun, shikastlangan uzellar avtomatik ravishda o'chirilishi, qayta o'rnatilishi va qayta yuklantirishi mumkin.

Tizimning ortiqcha yuklanishini oldini olish Softswitch da yuklanishni boshqarishning quyidagi mexanizmi qo'llanilgan:

- YUklanishni chegaralovchi to'rtta daraja qo'llaniladi.

Agar SPU markaziy protsessordagi yuklanish ma'lum bo'sag'agacha etsa, trafik oqimini boshqaruvchi mexanizm ulanadi va har bir darajada 25 %

abonent o'chiriladi. Agar SPU da yuklanish ko'paysa, xizmat taqdim etish bir darajaga pasayadi. Tiklanish shunga o'xshab to'rtta darajada bajariladi.

- Kodlashtirish usuli tarmoqning bandligi va ortiqcha yuklanganligiga bog'liq holda dinamik o'rnatiladi va bu to'g'rida ularni o'rnatish uchun shlyuzlarga xabar beriladi.

- Uskunalar ishining tavsiflarini tekshirish va hozirgi holatini tahlil qilish asosida berilgan, trafikni boshqaruvchi komandalar saqlab qolinadi yoki shu damda bajariladi.

Alohida ulovchi liniyalar bo'yicha chiquvchi chaqiruvlarga ta'qiqlash qo'yiladi, chaqiruvchi tomon kategoriyasiga qarab tayinlash kodi to'xtatiladi, nomerlarni bir qismi to'xtatiladi, vaqtning ma'lum oralig'ida chaqiruvlar chegaralanadi, hamda chegaralashlar kiritishga, muvofiq boshqaruvchi komandalar ta'minlanadi (chegaralashlarga lozim bo'lgan parametrlar foizi, uzluksiz to'g'rilanib boriladi.)

Ma'lum ulovchi liniyalar bo'yicha, chiquvchi chaqiruvlar urinishining maksimal soniga man etish kiritiladi, chaqiruvchi tomon kategoriyasiga qarab vaqtining oldindan berilgan oraliqda tayinlash kodi, chaqiruvchi nomerlari to'xtatiladi, vaqtning ma'lum oralig'ida chakiruvlarga cheklanishlar kiritiladi, kiritilgan ulovchi liniyalar guruhidagi kiruvchi chaqiruvlarni aniqlash man etiladi (man etish soni uzluksiz to'g'rilanib boriladi).

## **7.2. Multiservisli tarmoq elementlarini boshqarishning ishonchliligi**

Multiservis tarmog'i ochiq va taqsimlangan tarmoq bo'lib hisoblanadi, shuning uchun media-shlyuzlar IP tarmoqlar bo'yicha uzoqlashgan moslashuvchan kommutatorga kirishni tashkil qilishlari mumkin. Lekin, transport tarmog'i kommutatordan ajralganligi sababli, tarmoq ishida nosozlik, apparat qism uskunalarida shikastlanish yoki kommutatorning o'zida nosozliklar kelib chiqqan holda, u media shlyuzlarni boshqarish imkoniyatini

yo‘qotadi. Bu holda media shlyuzlar abonentlarga xizmat ko‘rsata olmaydi va tizim ishining ishchanligi va ishonchliligiga ancha ta‘sir etadi.

Bu muammoni echish uchun, Softswitch tizimi ikki bog‘lamli xostni boshqarish mexanizmini taqdim etadi. Bu holda, media shlyuz ikkita mustaqil Softswitch tizimida bir vaqtda joylashadi. Ulardan biri asosiy vazifasini, ikkinchisi esa media shlyuzning rezerv kontrolleri (Media Gateway Controller (MGC) vazifasini bajaradi. Oddiy hollarda media-shlyuzlar aktiv Softswitch tizimi tomonidan boshqariladi va nazorat qilinadi. Lekin nosozliklar kelib chiqqan holatda, shlyuzlarni boshqarish avtomatik holda rezerv MGC ga uzatadi, bu xizmat ko‘rsatishning to‘xtashidan qutilish tizim ishini mustaxkamligini oshirishga imkon beradi. Xozirgi vaqtda Softswitch tizimi tarmoqda ikki bog‘lamli ishning statistik va dinamik modelini quvvatlaydi. Tarmoqda dinamik ikki bog‘lamli ishning 2 ta rejimi mavjud. Aktiv/rezerv va taqsimlangan yuklantirish bilan.

O‘zaro quvvatlash: tizim Softswitch A va Softswitch V dan iborat. Agar Softswitch V ishdan chiqsa, va agar Softswitch A ning qisman yoki hamma xizmatlarini taqdim etishni o‘z zimmasiga olsa, unda Softswitch A o‘zaro ishlash vazifasiga ega hisoblanadi.

Media shlyuzlar boshqaruvini rezervlashning yuqorida ko‘rsatilgan usullarini batafsilroq ko‘rib chiqadi.

***Parallel ulanishli tarmoq.*** Parallel ulanishli statik echimi 7.1-rasmdagi 1+1 sovuq rezerv sxemasi bilan bir xil.

Ikkita dasturli kommutatorning statistik parallel ulanishdagi o‘zaro ishlash negizini ko‘rib chiqamiz.

Rezervlash negiziga asosan Softswitchning 2 ta kommutatori har xil joyda joylashishi va bir-birini o‘zaro quvvatlashi mumkin. Lekin ular 1 ta stansiyaga qaram va ishchi/rezerv rejimida ishlashadi. Softswitchning ishchi va rezerv kommutatorlari bir xil apparatli va dasturli konfiguratsiyaga va ma‘lumotlar konfiguratsiyasiga ega. Ular bir xil IP adresga ega. Normal vaziyatda ishchi

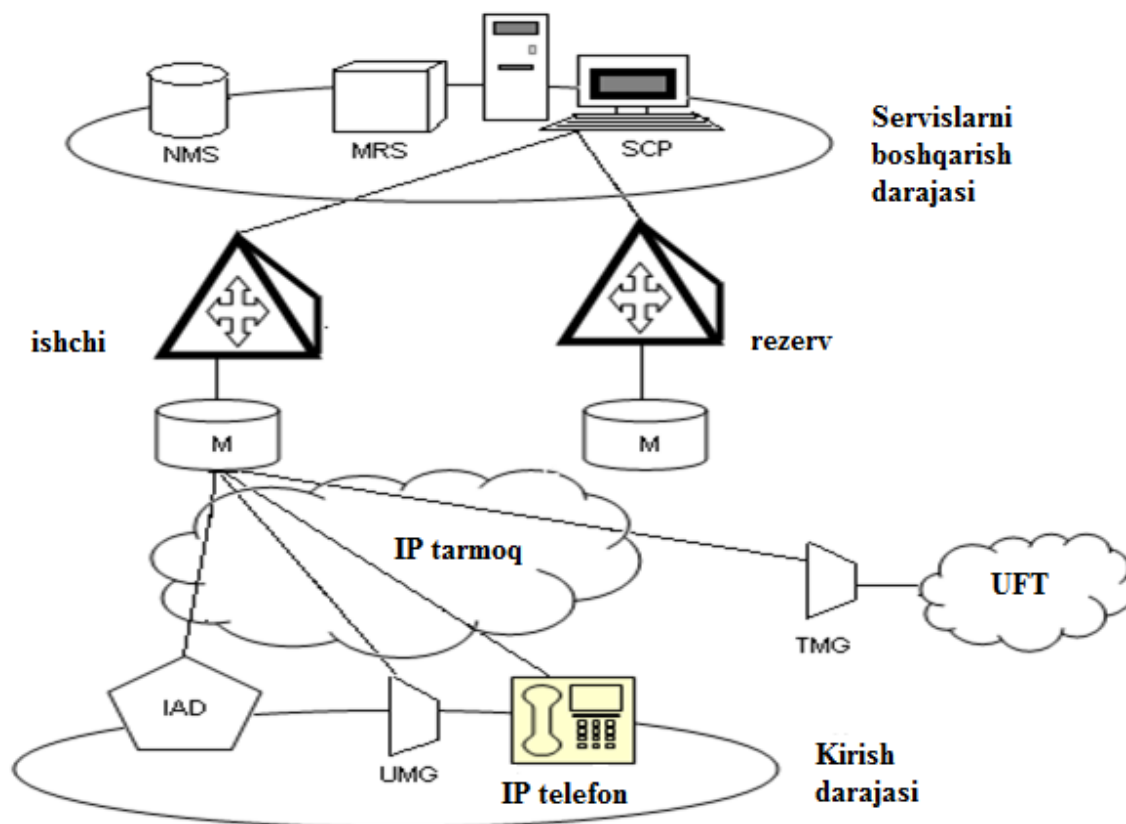
Softswitch hamma media shlyuzlarni boshqaradi va abonentlarga xizmatlarni taqdim etishni ta'minlaydi.

YAngi stansiyaning ishga tushirishda operatorga birinchi navbatda ishchi Softswitchning ma'lumotlar konfiguratsiyasini kiritish va sozlashga to'g'ri keladi.

Operator konfiguratsiyani tugatish uchun tarmoq kabeli orqali hamma ma'lumotlarni rezerv Softswitchga nusxalaydi. Ishning keyingi jarayonida operator NMS tizimini boshqarish tarmog'i orqali ishchi va rezerv Softswitch da ma'lumotlarni sinxronlashi mumkin.

Real sharoitda ishchi va rezerv Softswitch ni boshqaruvchi interfeyslar, dinamik marshrutlash protokollarini quvvatlovchi, 2 ta marshrutizator bilan ulangan.

Marshrutlash ma'lumotlarning muvofiq konfiguratsiyasida, tizim normal sharoitda marshrutizatorlarda tashqi IP paketlarni uzatish va qabul qilishni faqat ishchi Softswitchning boshqarish interfeysi orqali ruxsat beradi.

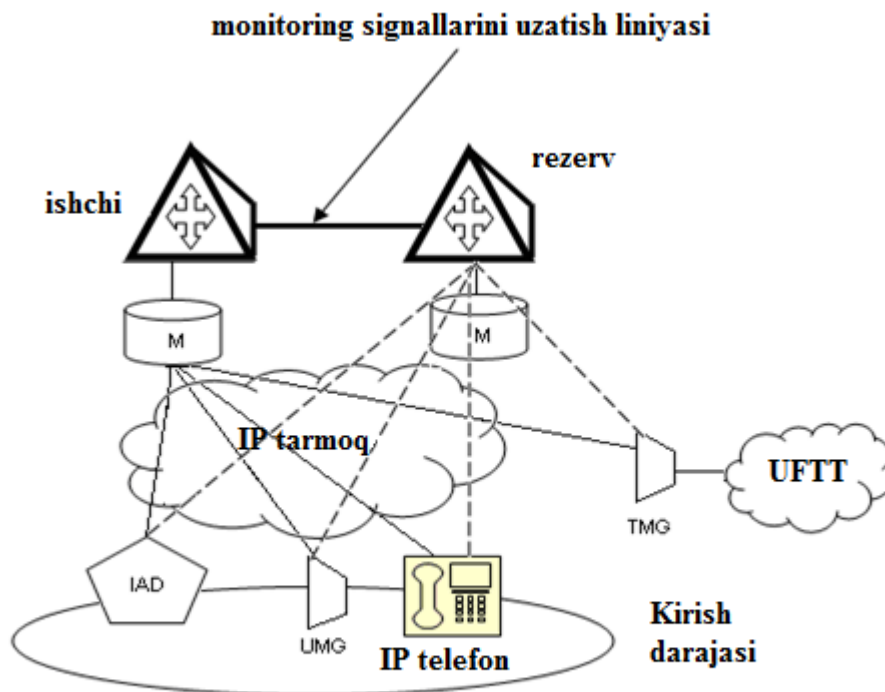


7.1-rasm. Statistik parallel ulanishli tarmoq

Agar ishchi Softswitch ishdan chiqsa, rezerv Softswitchning boshqarish interfeysiga tashqi IP paketlarini uzatish va qabul qilishga ruxsat berish uchun, operator marshrutizatorida marshrutlash ma'lumotlarini o'zgartirishi mumkin. Bu holda, marshrutizatoridagi dinamik marshrutlash protokoli juda qisqa vaqt (bir necha soniya) ichida o'zgartirilgan yo'nalishlar (marshrutlar) ma'lumotlarini tarqatishi mumkin. Tarqatilgandan so'ng marshrutizatorlar IP paketlarni Softswitchga qayta ishlash uchun jo'natadi.

***Kommutatorlarning ishonchliligi.*** Kommutatorlarning ishonchliligi baholash uchun ishchi va rezerv kommutatorlarning dinamik parallel ulanishini ko'rib chiqamiz. Parallel ulanishning dinamik echimi 7.2-rasmda ko'rsatilganidek, "1+1 issiq rezerv" sxemasi bilan bir xil. Ishchi va rezerv Softswitchning parallel ulanishida tarmoq elementlarining harakati va ishlash negizini ko'rib chiqamiz.

Bir-birini o'zaro quvvatlovchi Softswitchning ikki kommutatori har xil joyda joylashishi mumkin, ammo ular 1 ta stansiyaga qaram va ishchi/rezerv rejimida ishlashadi. Softswitchning ishchi va rezerv kommutatorlari bir xil apparatli va dasturli konfiguratsiyaga va ma'lumotlar konfiguratsiyasiga ega.



7.2-rasm. Dinamik parallel ulanishli tarmoq

Ular har xil tashqi IP adresiga ega. Normal vaziyatda ishchi Softswitch hamma media shlyuzlarni boshqaradi va abonentlarga xizmatlarni taqdim etishni ta'minlaydi. Ikkilangan ma'lumotlar konfiguratsiyasi uchun:

- Ishchi Softswitchda ma'lumotlar bayrog'ini "astive home" "(ishchi)" ma'lumotlarini va ishchi Softswitchning tashqi IP adresi hisoblangan MGC IP adresni kiritish;
- Rezerv Softswitchda ma'lumotlar bayrog'i "standy by home ("rezerv)" ma'lumotlarini, rezerv Softswitchning IP adresi hisoblangan MGC IP adresini kiritish.

YAngi stansiyaning ishga kiritishida ishchi Softswitchning konfiguratsiya ma'lumotlarini konfiguratsiyalash va sozlash, keyin esa ularni rezerv Softswitchga nusxalash kerak. SHundan keyin rezerv Softswitchning ma'lumotlarini konfiguratsiyasini ishlab chiqish uchun ma'lumotlar bazasining SQL servis dasturi

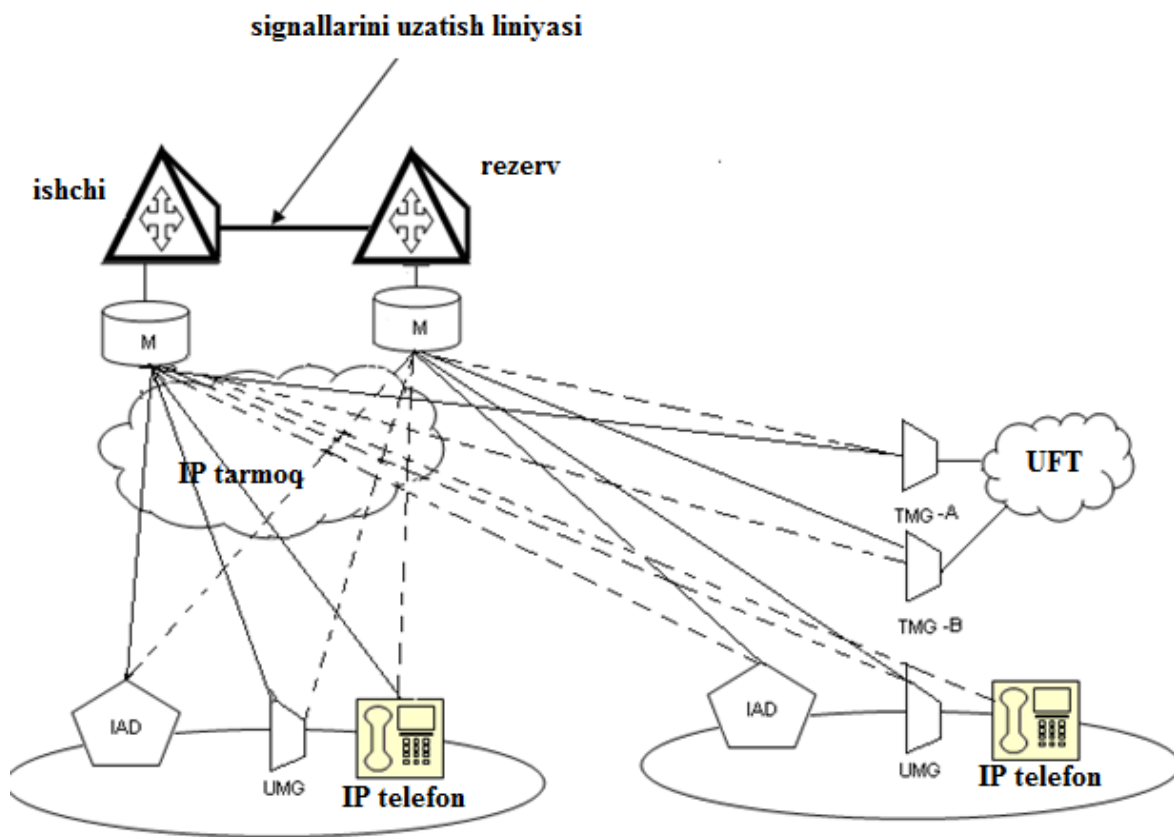


yordamida ma'lumotlar bayrog'i va MGC IP adresining tubdan o'zgartirishi bajariladi. Keyingi texnik xizmat ko'rsatishda ishchi va rezerv Softswitchning ma'lumotlari sinxronizatsiyasi NMS tizimi orqali bajarilishi mumkin.

Real tarmoqda ishchi va rezerv Softswitch orasida monitoring liniyasi bor (6.2-rasm). Bu liniya 2 ta teng xuquqli Softswitch ishining to'g'riligini tekshirish uchun ishlatiladi. Normal sharoitda MGC kontrolining ma'lumotlar media shlyuzida to'g'ri konfiguratsiyada, ular qayd etish uchun talablarni faqat ishchi Softswitchga yuborishadi.

Agar ishchi Softswitch nosoz bo'lsa, rezerv Softswitch ishchi Softswitchdan nazorat signallarini ololmaydi va media shlyuzlar qayd etishni bajara olmaydilar. SHu vaqtda, agar tizimda rezervga avtomatik qayta ulanish ko'zda tutilgan bo'lsa, rezerv Softswitch darhol ishchi bo'lib qoladi va media shlyuzlar tezda xizmatlar boshqaruvini o'z zimmasiga oladi. SHundan keyin media shlyuzlar qayd etish uchun talablarni rezerv Softswitch ga yuborishadi.

***Umumiy yuklanishli ishchi va rezerv kommutatorlarini dinamik parallel ulanishli tarmoqni qurish.*** Bunday qurilishda umumiy yuklanish ishchi va rezerv kommutatorlarini dinamik parallel ulanishli tarmoq echimi 7.3-rasmda ko'rsatilganidek "1+1 issiq rezervli" sxema bo'yicha rezervlash bilan bir xil bo'ladi.



7.3-rasm. Dinamik parallel ulanishli va umumiy yuklanishli tarmoq

Tarmoqni qurish va umumiy yuklanishli ishchi va rezerv kommutatorlarining parallel ulanish xarakatining negizi quyidagicha:

- Softswitchning o‘zaro quvvatlovchi vazifaga ega 2 ta kommutatori amalda har xil joyda joylashishi mumkin va ular umumiy yuklanish negizi bo‘yicha ishlovchi 2 ta mustaqil kommutatsiya markazi kabi harakat qilinadi. Softswitchning ikkita kommutator apparat qismi, dasturli ta‘minot va umumiy malumotlarning nisbatan mustaqil konfiguratsiyasini ishlatishadi va har xil tashqi IP adresiga ega. Normal sharoitda Softswitchning ikkita kommutatori mustaqil o‘z hududlarida media shlyuzlarni (MGW) boshqaradi va abonentlarga xizmat taqdim etishadi;

- Parallel sxema ma‘lumotlarning murakkab konfiguratsiyasi. Softswitchning biriga “Master Slave type” rejimi ko‘rsatilgan holda

Master” (boshlovchi) ma’lumotlarini kiritish kerak, MGC adresi esa birlamchi Softswitchning tashqi IP adresi hisoblanadi, ikkinchi Softswitchga “Master/Slave tape” rejimidagi “Slave” (ketidan boruvchi”) ma’lumotlarni kiritish kerak, MGC adresi hisoblanadi. Ishga tushirishda kala Softswitch ning malumotlarini butun to’plamini rejalashtirish, keyin esa bu ma’lumotlarni ketma-ketlik bilan kiritish va to’g’rilash kerak bo’ladi. Keyingi xizmat ko’rsatishda ma’lumotlar konfiguratsiyasini o’zgartirish tarmoqni boshqarish tizimi orqali bajarish mumkin;

- Real tizimlarda ushbu ikkita Softswitchlar orasida monitoring signallarini uzatish liniyasi o’rnatiladi, uning yordamida ular ishining to’g’riligi to’g’risida o’zaro tekshiruv bajariladi. Odatda MGCga media shlyuzlar (MGW) ma’lumotlari to’g’ri kiritilganda, oxirgilar qayd qilish uchun talablarini faqat birlamchi Softswitchga jo’natadi.

Agar Softswitchning bittasida rad etish paydo bo’lsa, ikkinchi Softswitch monitoring signallarini undan olmaydi, birinchi Softswitch tomonidan boshqariluvchi MGWS qayd etishni to’xtatishadi. Agar ushbu tizim ishchi/rezerv qayta ulashni avtomatik tarzda bajarsa, boshqa Softswitch avtomatik tarzda aktivlashadi va tizimning shlyuzlarni boshqarish va xizmatlarni taqdim etishni o’z zimmasiga oladi. Natijada MGW media shlyuzlari ushbu Softswitchga qayd etish uchun talablar jo’natadi.

NGN tarmog’i elementlari ishining ishonchliligini ta’minlovchi yuqorida ko’rib chiqilgan usullarning qiyosiy tahlilini bajaramiz. Taqqoslashni quyidagi parametrlar bo’yicha o’tkazamiz.

- tarmoq ishini tashkil qilish;
- ma’lumotlarni konfiguratsiyalash va texnik xizmat ko’rsatish;
- qayta ulash tezligi;
- tarmoq resurslarini ishlatish darajasi;
- kirish tarmog’i uskunalarning parallel ishiga talablar;

- foydalanish darajasi;
- ishonchlilik.

Tahlil natijalari 7.1-jadvalda keltirilgan.

7.1-jadval

Multiservis tarmog‘ida ishonchlilikni ta’minlash usullarini  
taqqoslash

t/r	Ko‘rsatkichlar nomi	Softswitch X parallel ulashli tarmoq		
		Statistik	Dinamik	Umumiy yuklanishli dinamik
1	Tarmoq ishini tashkil qilish	oddiy	murakkab	murakkab
2	Ma’lumotlarni konfiguratsiyalash va texnik xizmat ko‘rsatish	oddiy	oddiy	murakkab
3	Qayta ulash tezligi	past	yuqori	yuqori
4	Kirish tarmog‘ining uskunalari parallel ishiga talablar	yo‘q	bor	bor
5	Foydalanish darajasi	past	past	yuqori
6	Ishonchlilik	past	yuqori	yuqori

Multiservis tarmog‘ining elementlari ishining ishonchliligini ta’minlovchi ko‘rib chiqilgan usullardan quyidagicha xulosa qilish mumkin. Ishonchlilikni oshirish, texnik xizmat sifatini yaxshilash va tizimni ishlatish darajasini ko‘tarish uchun umumiy yuklanishdagi dinamik rejimda ishlash tavsiya etiladi.

Nazorat savollari

1. Multiservisli tarmoq apparat qismining ishonchliligini ta’minlash usullarini tushuntiring.
2. Multiservisli tarmoq apparat qismi, Softswitch dasturli kommutatorining ishonchliligini ta’minlash usullarini tushuntiring.

3. Softswitch kommutatori dasturiy ta'minotining ishonchliligi qanday ta'minlanadi?

4. Softswitch da yuklanishni boshqarishda qo'llanilgan mexanizmlarni tushuntiring.

5. Softswitch da yuklanishni boshqarishda qo'llanilgan chegaralovchi to'rtta daraja mohiyatini tushuntiring.

6. Softswitch da yuklanishni boshqarishda qo'llanilgan kodlashtirish usuli dinamik o'rnatilishi mohiyatini tushuntiring.

7. Softswitch da yuklanishni boshqarishda qo'llanilgan uskunalar ishini tekshirish va trafikni boshqaruvchi komandalar mohiyatini tushuntiring.

8. Multiservisli tarmoq media shlyuzlari abonentlarga xizmat ko'rsata olmaydigan xolatlarni tushuntiring.

9. Media shlyuzlar boshqaruvini rezervlashning usullarini tushuntiring.

10. Umumiy yuklanishli ishchi va rezerv kommutatorlari ishonchliligini oshirish yo'llarini tushuntiring.

11. Multiservisli tarmoqda ishonchlilikni ta'minlash usullarini taqqoslash mohiyatini tushuntiring.

## **8. KORPORATIV TARMOQLAR ISHONCHLILIGINI HISOBLASH**

Xozirgi paytda korporativ tarmoqlarning ishlashida eng muhim sifat ko'rsatkichi bu uning ishonchliligidir. Tarmoq ishonchliligini hisoblash standart usullarida tarmoq ehtimolli graf ko'rinishida modellashtiriladi, unda cho'qqilar kommutatsiya uzellarini, qirralar esa aloqa kanallarini bildiradi. Bunda ishonchlik uzellarning berilgan soni o'zaro bog'lanish ehtimolligi sifatida aniqlanadi. Bunday turdagi modellarni qo'llab tarmoq ishonchliligini tadqiqlash ko'p ishlarda ko'rilgan. Korporativ tarmoqlar hisoblash va tarmoq infrastrukturasi tizimiy darajada detallashtirishda ishonchliligini hisoblash usullarini ko'ramiz.

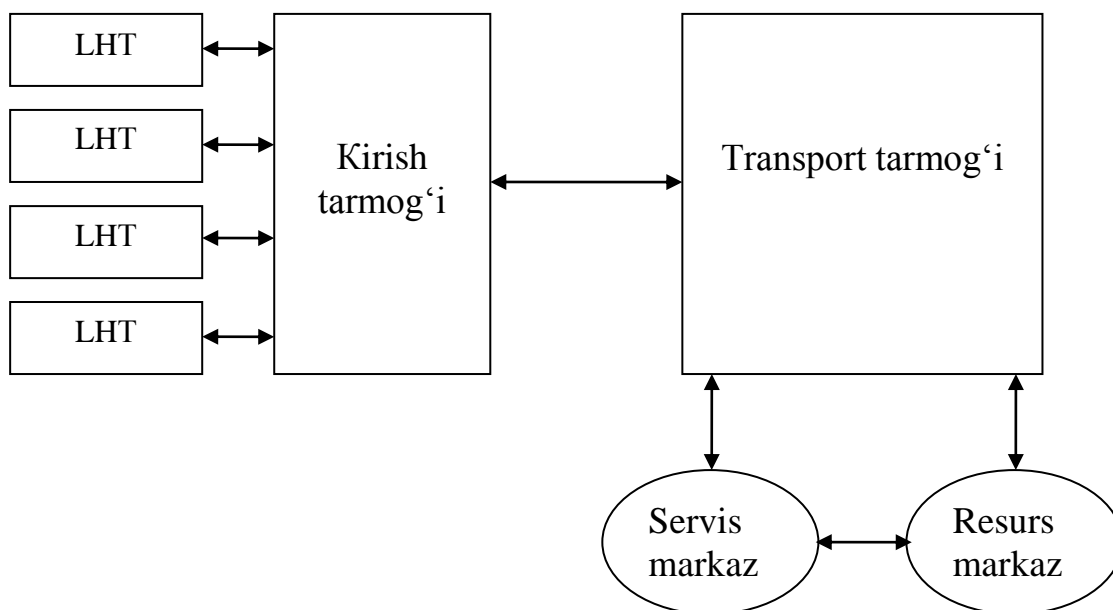
### **8.1. Korporativ tarmoqlar ishonchliligi**

Tarmoq va hisoblash infrastrukturasi 8.1-rasmda keltirilgan holda tasvirlar mumkin. Ishonchlikni son jixatdan raddiyasizlik deb aniqlaymiz, chunki kira bilishlik (kira olishlik) foydalanuvchi uchun eng muhim tushunchadir. Bu darajada detallashtirish korporativ tarmoqlar tizimi va quyi tizimlari ishonchlik modellarini tuzish uchun va ular bazasida ishonchlik ko'rsatkichlarini hisoblash bo'yicha masalalarni echish uchun etarlidir.

Korporativ tarmoq servislar (xizmatlar uchun hisob-kitoblar), resurslar (ma'lumotlar bazalariga, Internetga kirishlar), transport tarmog'i va kommunikatsiyalarga kirish komponentlaridan tuzilgan mijozlar uchun integrallangan tizimdir.

Ishonchlikning quyidagi modelini alohida tadqiq qilamiz:

- kirish tarmog'i – transport tarmog'i – servis markaz – resurslar markazi;
- kirish tarmog'i – transport tarmog'i;
- transport tarmog'i – servis markaz – resurslar markazi.



8.1-rasm. Tarmoq va hisoblash infrastrukturasi sxemasi

Bu tadqiqotlardan soʻng korporativ tarmoqning ishonchlilik toʻliq modelini tahlil qilamiz. Foydalanuvchi nuqtai nazaridan tarmoq ishonchliligining sonli oʻlchagichi quyidagicha aniqlanishi mumkin: tarmoq hamma xizmatlariga etishishlikning ehtimolligi qancha boʻladi? Bunday qarash amaliyotda juda koʻp uchraydi. Korporativ tarmoq xizmatlaridan foydalanish uchun uning hamma komponentlarining ishonchliligi ishlashi zarurdir. SHunday qilib, foydalanuvchi pozitsiyasidan korporativ tarmoq ishonchliligining modeli ketma-ket ulangan beshta funksional bloklardan iborat struktura orqali tavsiflanadi (8.2-rasm).

Faraz qilamiz, har bir blok raddiyalar va qayta tiklanishlarning oʻzgarmas intensivligiga ega boʻlsin. Korporativ tarmoqning ketma-ketlik modeli uchun raddiyasiz ishlash ehtimolligi koʻpaytma koʻrinishidagi komponentlarning ishonchlilik funksiyalari orqali aniqlanadi:

$$R(t) = \prod_{i=1}^5 R_i(t) \quad (8.1)$$



8.2-rasm. Korporativ tarmoqning ishonchlilik modeli

Har bir komponenta raddiyalarning o'zgaras intensivligiga  $\lambda_i$ , raddiyalar orasidagi vaqtlar ehtimolliklari va raddiyasiz ishlash orasidagi vaqtlar ehtimolliklari taqsimotning eksponensial funksiyasiga ega:

$$R(t) = \exp(-\lambda_i t), i = 1, 2, \dots, 5. \quad (8.2)$$

Bu holda ketma-ketlik modeli uchun ishonchlilik funksiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$R(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^5 \lambda_i t\right) \exp(-\lambda t), \quad (8.3)$$

bunda  $\lambda = \sum_{i=1}^5 \lambda_i$

Bu esa, 8.2-rasmda keltirilgan model raddiyalarning o'zgaras intensivlikka  $\lambda$  ega ekanini bildiradi va intensivlik beshta komponentlar intensivliklarining yig'indisiga teng ekanligini ko'rsatadi:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5. \quad (8.4)$$

Eksponensial model uchun tarmoqning raddiyaga ishlash o'rtacha vaqti (MTTF<sub>s</sub>) raddiyalar intensivligi orqali ifodalanadi:

$$\text{MTTF}_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5} \quad (8.5)$$

Bu turdagi model tarmoq iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash uchun qulaydir. Masalan, foydalanuvchini tarmoq resurslaridan foydalanish ehtimolligi 0.25 ga teng bo'lsa, korporativ tarmoq ehtimolligi – 0,95 (uning qiymati xizmat ko'rsatish



davomlilikiga bog‘liq) bo‘lsa, bir sutkadagi xizmatlarning o‘rtacha narxi - \$15 va foydalanuvchilar soni 400 nafar bo‘lsa, korporativ tarmoqning tarmoqning bir sutkada keltiradigan yalpi daromadi quyidagini tashkil etadi:

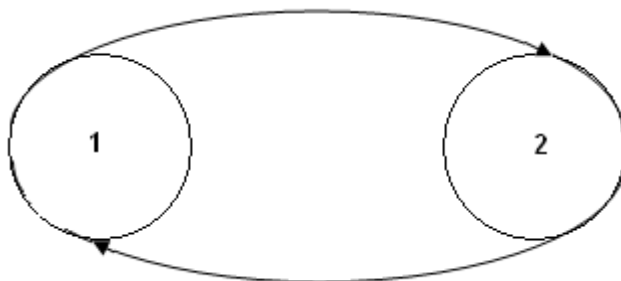
$$400 \cdot 0,25 \cdot 0,95 \cdot 15 = 1425 \text{ AQSH pul birligi}$$

Ishonchlilikni hisobga olganda korporativ tarmoqning bir yilda keltiradigan yalpi daromadi 520125 AQSH pul birligi tashkil etadi. Iqtisodiy samaradorlikni tarmoq ishonchliligini oshirilishiga bog‘liq holda baholash mumkin. Agar mijozlarga taqdim etilayotgan xizmatlar ishonchliligi 0,99 gacha oshirilishiga erishilsa, keltirilayotgan daromad bir yilga 21 900 dollarga o‘shishi mumkin.

## 8.2. Transport tarmog‘ining ishonchliligini hisoblash

Transport tarmog‘ini qayta tiklanuvchi (ortiqchaliksiz va rezervlashsiz) va ikkita holatli, raddiyalar va qayta tiklanishlar intensivliklari o‘zgarimas tizim deb tavsiflaymiz. Transport tarmog‘i holatlarining o‘zgarish diagrammasi 8.3-rasmda keltirilgan.

Transport tarmog‘ining boshlang‘ich holati yaroqli holatga 1 mos keladi. 1 dan 0 ga o‘tish tarmoqning raddiyasini bildiradi, 0 dan 1 ga o‘tish esa, teskari o‘tishni – tarmoq qayta tiklanishini bildiradi.



8.3-rasm. Transport tarmog‘i holatlarining o‘zgarish diagrammasi

Tarmoq holatini tavsivlovchi tenglamalar sistemasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\begin{bmatrix} -\mu & \lambda \\ \mu & -\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0(t) \\ P_1(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} P_0(t) \\ \frac{d}{dt} P_1(t) \end{bmatrix}, \quad (8.6)$$

bunda  $P_j(t)$  - transport tarmog‘i  $t$  vaqt intervali davomida  $j$  ( $j=0,1$ ) holatda bo‘lish ehtimolligini ko‘rsatadi.

Faraz qilamiz,  $t=0$  momentda tarmoq yaroqli bo‘lsin. U holda  $P_1(0)=1, P_0(0)=0$ . Bo‘ladi.

Tenglamalar sistemasiga Laplas o‘zgartirishlarini qo‘llab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{bmatrix} -\mu & \lambda \\ \mu & -\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0(s) \\ P_1(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sP_0(s) \\ sP_1(s)-1 \end{bmatrix} \quad (8.7)$$

Tenglamalar quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\begin{cases} -\mu P_0(s) + \lambda P_1(s) = sP_0(s); \\ \mu P_0(s) - \lambda P_1(s) = sP_1(s) - 1 \end{cases} \quad (8.8)$$

Hosil qilingan ikkita no‘malumli ikkita chiziqli tenglamalar sistemasini echib, quyidagilarni topamiz:

$$P_1(s) = \frac{1}{\lambda + \mu + s} \frac{1}{\lambda + \mu} + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \frac{1}{s} \quad (8.9)$$

$P_1(s)$  ga Laplas teskari o‘zgartirishlarini qo‘llab echimni ochiq ko‘rinishini olamiz:

$$P_1(t) = \frac{1}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (8.10)$$

$\mu=0$  (qayta tiklanmaydigan tizimlar vaziyati) bo'lganda transport tarmog'ining ishonchlilik funksiyasi (raddiyasiz ishlash ehtimolligi) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$R(t) = P_1(t) = \exp(-\lambda t) \quad (8.11)$$

Bu erda  $P_1(t)$  - transport tarmog'ining  $t$  vaqt davomida ishlashga qobiliyatli bo'lish ehtimolligi. Bu ehtimollik tarmoq etishishligini  $A(t)$  aniqlaydi. Transport tarmog'ining etishisha olmasligini qarama-qarshi hodisa ehtimolligi sifatida aniqlaymiz:

$$P_0(t) = 1 - P_1(t); P_0(t) = \frac{1}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (8.12)$$

$P_1(t)$  uchun ifodadagi chegaraviy qiymatga o'tib, etishishlik (tayyorlik koefitsienti) uchun statsionar qiymatni hosil qilamiz:

$$A = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (8.13)$$

$1/\lambda$  ga teng raddiyalar orasidagi intervallarning o'rtacha uzunligida (MTTF) va  $1/\mu$  ga teng qayta tiklanishlarning o'rtacha uzunligida etishishlikning statsionar qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{1/\lambda}{1/\lambda + 1/\mu} \quad (8.14)$$

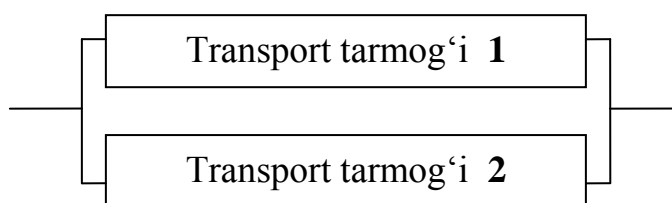
Masalan, transport tarmog'i uchun raddiyaga ishlash o'rtacha vaqti  $MTTF=240$  soat va tiklanishlarning o'rtacha vaqti  $MTTR=24$  soat deb faraz qilsak, transport tarmoq etishishligining (tayyorlik koefitsienti) statsionar qiymati hosil qilamiz:

$$A = \frac{240}{240 + 24} = 0,909 \quad (8.15)$$

Transport tarmogʻi korporativ tarmoqning hamma resurslarini bogʻlovchi zvenodir. Transport tarmogʻi raddiya berganda butun korporativ tarmoq ishdan chiqadi. Demak, transport tarmogʻining ishonchliligi mijozlarni korporativ tarmoq xizmatlari bilan taʼminlashda (servis markaziga va resurslar markaziga etishishda) juda ham muhimdir.

### 8.3. Korporativ tarmoqlar ishonchliligini oshirish yoʻllari

Bir xil ikkita bloklarni parallel ulash yoʻli bilan transport tarmogʻi uchun ortiqchalilik blok (maʼlumotlar uzatish ortiqchalilik kanallari) kiritamiz (8.4-rasm).



8.4-rasm. Transport tarmogʻi uchun ortiqchalilik blok

Faraz qilamiz, ikkala blok ham oʻzgarmas raddiyalar  $\lambda$  va qayta tiklanishlar  $\mu$  intensivligiga ega boʻlishsin. Qayta tiklanish vaqti eksponensial qonun boʻyicha taqsimlangan boʻlsin. SHuningdek, agar birinchi va ikkinchi tarmoqlar ishdan chiqadigan boʻlishsa, transport tarmoq ham ishdan chiqadi va qayta tiklanishi mumkin boʻlmaydi. Ikkita blok toʻrtta turli holatda boʻlishi mumkin. Quyidagi holatlarni koʻrib chiqamiz: birinchi va ikkinchi blok normal ishlab turgan xolat, ikkita blokdan faqat bittasi ishlab turgan holat va ikkala blok ham ishlamay turgan holat.

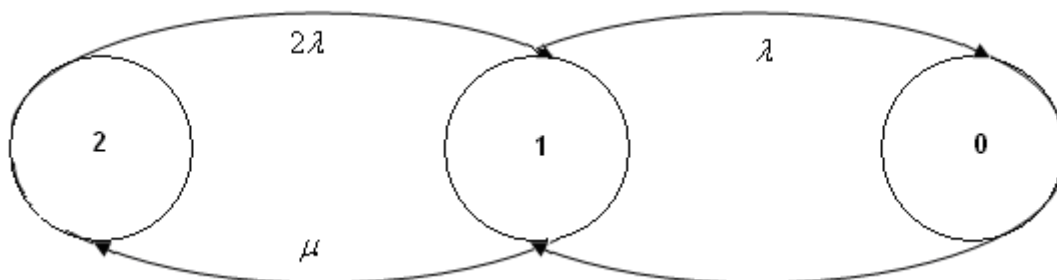
YUqorida bayon etilgan holatlarni quyidagicha tavsiflash mumkin:

0 - hamma bloklarning ishdan chiqish holati;

1 - bitta funksional ishlab turgan blok holati:

2 - to'liq funksional ishlab turish sxemasi.

O'tish holatlarining diagrammasi 8.5-rasmda keltirilgan.



8.5-rasm. O'tish holatlarining diagrammasi

Ikkala blok  $t = 0$  da dastlab ishlab turgan bo'lsin deb faraz qilamiz. Turli holatlar uchun tenglamalar sistemasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{bmatrix} 0 & \lambda & 0 \\ 0 & -(\lambda + \mu) & 2\lambda \\ 0 & \mu & -2\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0(t) \\ P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} P_0(t) \\ \frac{d}{dt} P_1(t) \\ \frac{d}{dt} P_2(t) \end{bmatrix} \quad (8.16)$$

bu erda 0 (yutilish holati) holatdan chiqish ehtimolligi nolga teng.

O'tish ehtimolliklari matritsasining (to'liq tartibli bo'lmagan matritsa sifatida) birinchi qatorini o'chirib, quyidagini xosil qilamiz:

$$\begin{bmatrix} 0 & -(\lambda + \mu) & 2\lambda \\ 0 & \mu & -2\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0(t) \\ P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} P_1(t) \\ \frac{d}{dt} P_2(t) \end{bmatrix} \quad (8.17)$$

Matritsalarini ko‘paytirish natijasida  $P_0(t)$  bo‘lmagan ifodalar tizimini xosil qilamiz, chunki birinchi ustunning hamma elementlari nolga teng. Demak, matritsa darajasini kamaytirish mumkin:

$$\begin{bmatrix} -(\lambda + \mu) & 2\lambda \\ \mu & -2\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{dt} P_1(t) \\ \frac{d}{dt} P_2(t) \end{bmatrix} \quad (8.18)$$

Hosil qilingan tenglamalar tizimiga Laplas o‘zgartirishlarini qo‘llaymiz:

$$\begin{bmatrix} -(\lambda + \mu) & 2\lambda \\ \mu & -2\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1(s) \\ P_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sP_1(s) \\ sP_2(s) - 1 \end{bmatrix} \quad (8.19)$$

Agar  $t=0$  momentda tizim 2 holatida bo‘lsa, u holda  $P_2(0)=1$ , shuningdek  $P_1(0)=0$ .  $P_j(s)$  - Laplas o‘zgartirishlarini  $P_j(t)$  funksiyaga qo‘llash natijasi. O‘zgartirishlardan keyin tenglamalar tizimi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\begin{cases} -(\lambda + \mu)P_1(s) + 2\lambda P_2(s) = sP_1(s); \\ \mu P_1(s) - 2\lambda P_2(s) = sP_2(s) - 1 \end{cases} \quad (8.20)$$

Tenglamalar sistemasini echib, quyidagilarni olamiz:

$$\begin{aligned} P_1(s) &= \frac{2\lambda}{s^2 + (3\lambda + \mu)s + 2\lambda^2}; \\ P_2(s) &= \frac{2\lambda}{s^2 + (3\lambda + \mu)s + 2\lambda^2}. \end{aligned} \quad (8.21)$$

Endi tizimning ishonchlilik funksiyasini  $R(t)$  aniqlash mumkin. Agar sistema 1 yoki 2 holatlarda bo'lsa, ishlab turgan bo'ladi, u holda raddiyasiz ishlash ehtimolligi:

$$R(t) = P_1(t) + P_2(t) = 1 - P_0(t) \quad (8.22)$$

$R(t)$  ga Laplas o'zgartirishlarini qo'llab, quyidagini olamiz:

$$R^*(s) = P_1(s) + P_2(s) = \frac{3\lambda + \mu + s}{s^2 + (3\lambda + \mu)s + 2\lambda^2} \quad (8.23)$$

Aniqlanmaga mos holda, raddiyaga o'rtacha ishlash MTTF raddiyasiz ishlash ehtimolligi orqali ifodalanadi, ya'ni  $\int_0^{\infty} R(t) dt$ .  $R(t)$  ga Laplas o'zgartirishlarini qo'llab, quyidagini olamiz:

$$R^*(s) = \int_0^{\infty} R(t) \exp(-st) dt \quad (8.24)$$

MTTF =  $R^*(0)$  bo'lgani uchun,  $R^*(s)$  ifodaga  $s = 0$  qiymatni qo'yib, ko'rib chiqilayotgan model uchun raddiyaga o'rtacha ishlashni aniqlaymiz:

$$R^*(s) = \frac{3\lambda + \mu + s}{s^2 + (3\lambda + \mu)s + 2\lambda^2} \quad (8.25)$$

$$MTTF = \frac{3\lambda + \mu}{2\lambda^2} = \frac{3}{2\lambda} + \frac{\mu}{2\lambda^2} = \frac{1}{\lambda} \left( 1,5 + 0,5 \frac{\mu}{\lambda} \right)$$

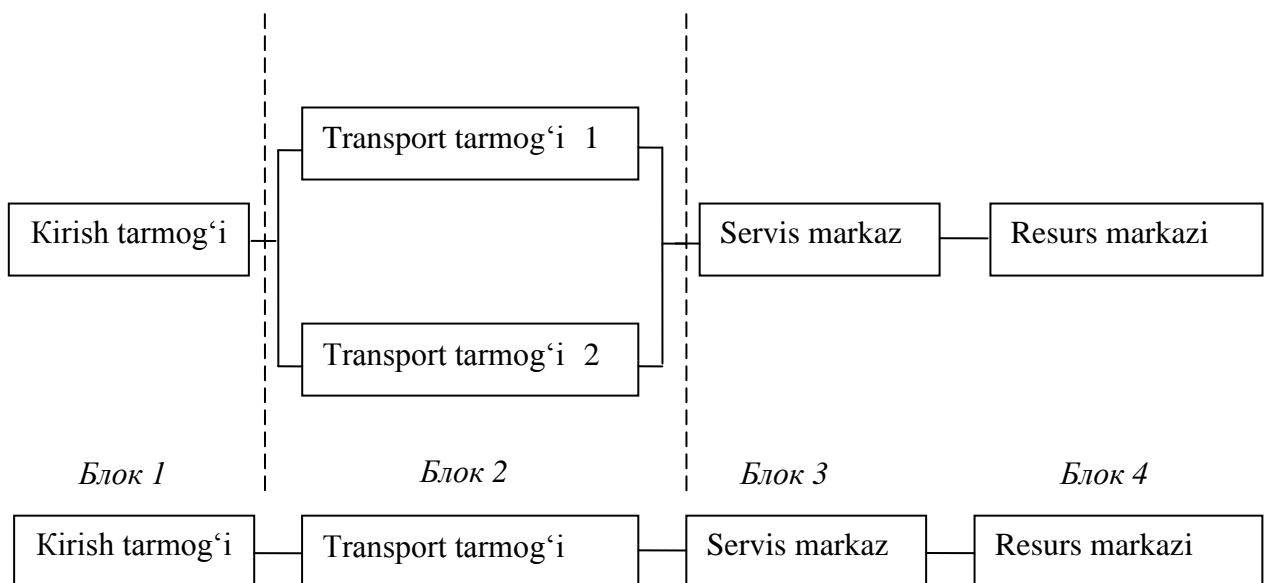
Bloklarning turlicha ishonchlilik xarakteristikalarida raddiyaga o'rtacha ishlash vaqtini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$MTTF_s = \frac{\frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2 + \mu_1} + 1}{\lambda_1 \lambda_2 \left( \frac{1}{\lambda_1 + \mu_2} + \frac{1}{\lambda_2 + \mu_1} \right)} \quad (8.26)$$

Ikkita parallel ulangan transport tarmoqlari qoʻllanilgan korporativ tarmoqning ishonchlilik modeli 8.6-rasmda keltirilgan.

$\lambda_i$  -raddiyalar oqimining intensivligi,  $\mu_i$  esa  $i$ -nchi blokning qayta tiklanish intensivligi boʻlsin deb faraz qilamiz, bunda  $i = 1, 2, 3, 4$ . Toʻrtta blokdan bittasining raddiyasi hamma tizimning raddiyasiga olib kelishi sababli, keltirilgan ketma-ketlik modelda raddiyalar oqimining intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = \sum_{i=1}^4 \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 \quad (8.27)$$



8.6-rasm. Ikkita parallel ulangan transport tarmoqlari qoʻllanilgan korporativ tarmoqning ishonchlilik modeli

Real korporativ tarmoqlarda koʻp boʻlmagan davrda ekspluatatsiya qilingan bloklarni almashtirish koʻzda tutilgan, shuning uchun bunday tarmoq



raddiyalarining intensivligi o‘zgarmas tizim sifatida tutadi. Demak, raddiyaga ishlash o‘rtacha MTTF vaqtini raddiyalar umumiy intensivligining teskari qiymati sifatida (raddiyalar intensivligi o‘zgarmas bo‘lgan sharoitlarda) aniqlash mumkin:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\sum_{i=1}^4 \lambda_i} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \quad (8.28)$$

1-blok (kirish tarmog‘i), 3-blok (servis-markaz), shuningdek 4-bloklar (resurslar markazi) raddiyalarining intensivligi korporativ tarmoqning ekspluatatsion injenerlik hujjatlaridan aniqlanishi mumkin. Har bir transport tarmog‘ining  $i$  ( $i = 1, 2$  bo‘lganda) raddiyalari intensivligi ham ekspluatatsion hujjatlardan aniqlash mumkin. Faraz qilamiz, ikkala tarmoqning raddiyalari  $\lambda_c$  va qayta tiklanishlarining  $\mu_c$  intensivligi bir xil bo‘lsin. 1 va 2 transport tarmoqlarining parallel ulanishidagi 2 blokning raddiyalar intensivligini aniqlaymiz.

Avval olingan natijalardan kelib chiqib, 2 blokning raddiyaga ishlash o‘rtacha vaqti  $MTTF_c$  quyidagicha aniqlanadi:

$$MTTF_c = \frac{3}{2\lambda_c} + \frac{\mu_c}{2\lambda_c^2} \quad (8.29)$$

U holda 2 blokning raddiyalar intensivligi:

$$\lambda_2 = \frac{1}{MTTF_c} = \frac{1}{\frac{3}{2\lambda_c} + \frac{\mu_c}{2\lambda_c^2}} \quad (8.30)$$

Endi har bir blokning raddiyalar intensivligini  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ), bilgandan keyin, korporativ tarmoq uchun raddiyaga o‘rtacha ishlashning ifodasini umumiy xolda aniqlaymiz:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4}. \quad (8.31)$$

Faraz qilamiz, kirish tarmog‘i bitta raddiyasi 3000 soatga teng bo‘lgan, raddiyalar intensivligiga ega bo‘lsin. Transport tarmog‘ida raddiyalar intensivligi bitta raddiyasi 300 soatga teng bo‘lsin, bu holda qayta tiklanish raddiyalar intensivligi bitta raddiyasi 20 soatga teng bo‘lsin. Servis-markazda raddiyalar intensivligi – 600 soatga bitta raddiya, resurslar markazida esa – 1500 soatga bitta raddiya bo‘lsin. Bunday dastlabki ma’lumotlarda 1 blok uchun  $\lambda_1 = 1/300 = 3,3 \cdot 10^{-4}$  1/soat, transport tarmog‘i uchun  $\lambda_c = 1/300 = 33,3 \cdot 10^{-4}$  1/soat, qayta tiklanish intensivligi  $\mu_c = 1/20 = 500 \cdot 10^{-4}$  1/soat qiymatlarni hosil qilamiz. Bundan 2 blok raddiyalar intensivligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\lambda_2 = \frac{1}{\frac{3}{2\lambda_c} + \frac{\mu_c}{2\lambda_c}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \quad 1/y \quad (8.32)$$

3-blok uchun  $\lambda_3 = 1/16 = 6,25 \cdot 10^{-2}$  1/soat, 4 blok uchun  $\lambda_4 = 1/1500 = 6,6 \cdot 10^{-4}$  1/y. 1/soat qiymatlarga ega bo‘lamiz. SHunday qilib, korporativ tarmoq uchun raddiyaga ishlash o‘rtacha vaqti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} = \frac{10^4}{3,3 + 3,6 + 16 + 6,6} = 339y. \quad (8.33)$$

Korporativ tarmoq uchun qayta tiklanish o‘rtacha vaqti quyidagi ifodadan aniqlanishi mumkin:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^4 \lambda_i}{\sum_{i=1}^4 \mu_i} = MTF \left( \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \frac{\lambda_3}{\mu_3} + \frac{\lambda_4}{\mu_4} \right) \quad (8.34)$$

Kirish tarmog‘i, transport tarmog‘i, servis-markazi va resurslar markazlarining qayta tiklanish intensivligining qiymati korporativ tarmoqqa xizmat ko‘rsatadigan injenerlik markazining ma’lumotlari asosida aniqlanishi mumkin.

Faraz qilamiz, qayta tiklanish intensivligining qiymatidan kelib chiqib, korporativ tarmoq qayta tiklanish o‘rtacha vaqti MTTR, 5 soatga teng bo‘lsin. Bu holda korporativ tarmoqqa kirishlik (etishishlik) quyidagi qiymatga teng bo‘ladi:

$$A = \frac{MTF}{MTF + MTTR} = \frac{339}{339 + 5} = 0,98 \quad (8.35)$$

Korporativ tarmoq abonentlariga xizmat ko‘rsatish ishonchligini oshirish uchun rezervdagi servis-markazdan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rib chiqamiz. 1 servis-markaz aktiv holatda bo‘ladi va  $t = 0$  vaqt momentida ekspluatatsiyaga kiritiladi, bu vaqtda 2 servis-markaz qizdirilgan holdagi almashtirish rejimida bo‘ladi. 1 servis-markaz raddiyasida, 2 servis-markaz 1 ga teng ehtimollik bilan aktivlashadi.  $i$ -nchi servis-markazlar raddiyalar intensivligi o‘zgarmas va  $\lambda_i$  teng, bunda  $i = 1, 2$ . Asosiy servis-markazning raddiyasi ro‘y berganida uni qayta tiklash jarayoni zudlik bilan ishga tushiriladi. Qayta tiklanish vaqti ehtimolligining taqsimot funksiyasi qayta tiklanish intensivligiga  $\mu_i$  mos holda eksponensial taqsimotga ega bo‘ladi. Asosiy servis-markaz ta‘miri tugallangandan so‘ng rezervdagi servis-markaz qaytadan qizdirilgan holdagi almashtirish rejimiga o‘tkaziladi. Bu holda qizdirilgan holdagi rezervli servis-markazning raddiyaga o‘rtacha ishlashi MTFs quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned}
MTTF_s &= R(0) = P_1(0) + P_2(0) + P_3(0) + P_4(0) = \\
&= \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{\mu_1}{\lambda_2} \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_2 + \mu_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \mu_2} \right) \quad (8.36)
\end{aligned}$$

Servis-markazlarning va qizdirilgan xoldagi modeli uchun qayta tiklanmaslik xususiy xoli ( $\mu_1 = \mu_2 = 0$  bo'lganda) uchun tizimning raddiyaga o'rtacha ishlashini quyidagi ko'rinishda hosil qilamiz:

$$MTTF_s = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \quad (8.37)$$

#### 8.4. Ishonchlilikning kombinatorik modeli

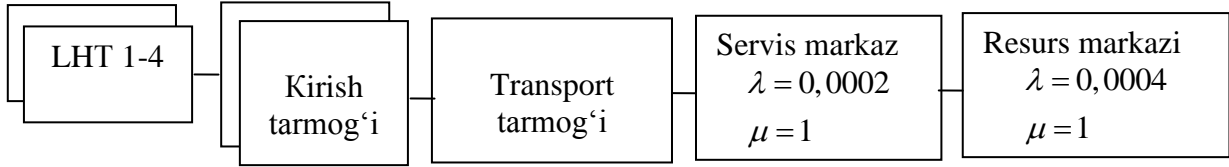
Faraz qilamiz, agar kirish liniyalarining 100% dan 90% ishlasa, korporativ tarmoq funkcionalli deb hisoblanadi. Transport tarmog'i qayta tiklanayotgan tizim sifatida modellashtiriladi. Korporativ tarmoqda mijozlar guruhi bir nechta (o'rtacha to'rtta) lokal hisoblash tarmog'i (LHT) ulangan bitta kirish liniyasidan tashkil topadi. Agar guruxda to'rtta LHTdan kamida uchasi ishlab tursa, guruh yaroqli xolda ishlab turibdi va mijozlarga korporativ tarmoqlarning xizmatlari etishishli deb hisoblaymiz.

8.7-rasmda keltirilgan ishonchlilik modelining funksiyasini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$R_s(t) = [R_{3uz4}(t)][R_{90uz100}(t)][R_c(t)][R_4(t)][R_5(t)] \quad (8.38)$$

$R_{3uz4}(t)$  ning qiymatini topamiz. Hamma LHT bir xil raddiyalar intensivligiga ega bo'lishsin. U holda:

$$R_{3u34}(t) = \sum_{i=0}^1 \binom{4}{i} R^{4-i}(t) [1-R(t)]^i = 4[R(t)]^3 - 3[R(t)]^4 \quad (8.39)$$



8.7-rasm. Ishonchlilik modelining funksiyasi

LHT raddiyalar intensivligi o'zgaras deb qabul qilinganligi uchun, har bir LHT ishonchliligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (8.40)$$

bundan

$$R_{3u34}(t) = 4\exp(-3\lambda t) - 3\exp(-4\lambda t) \quad (8.41)$$

LHTning mijozlar guruhi uchun raddiyaga o'rtacha ishlashi  $MTTF_{3iz4}$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} MTTF_{3u34} &= \int_0^{\infty} R_{3u34}(t) dt = 4 \int_0^{\infty} \exp(-3\lambda t) dt - 3 \int_0^{\infty} \exp(-4\lambda t) dt = \\ &= \frac{4}{3\lambda} - \frac{3}{4\lambda} = \frac{1}{\lambda} 0,583333 \end{aligned}$$

$\lambda = 0,001$  1/soat bo'lganda LHTning mijozlar guruhining raddiyaga o'rtacha ishlashi quyidagini tashkil etadi:

$$MTTF_{3u34} = \frac{4}{3\lambda} - \frac{3}{4\lambda} = 583333 \text{ } \mu$$

Bunday  $\lambda$  da 12 soat uchun raddiyasiz ishlash ehtimolligi:

$$R_{3u34}(12\mu) = 4\exp[-3(0,001 \cdot 12)] - 3\exp[-4(0,001 \cdot 12)] = 0,9992$$

SHunday qilib, tarmoqning hamma tashkil etuvchilari uchun ishonchliliklari quyidagilardir:

$$R_{3u34}(t), R_{90u3100}(t), R_c(t), R_4(t), R_5(t). \quad (8.42)$$

8.7-rasmda keltirilgan tarmoq modelining yakuniy ishonchliligi quyidagi ko'paytma sifatida hisoblanishi mumkin:

$$R_s(t) = [R_{3u34}(t)][R_{90u3100}(t)][R_c(t)][R_5(t)][R_6(t)] \quad (8.43)$$

Bu ifodadagi tashkil etuvchilarning son qiymatlarini yuqorida qabul qilingan farazlar va keltirilgan formulalar yordamida ma'lum aniqlik bilan hisoblash mumkin.

#### Nazorat savollari

1. Korporativ tarmoqlarning maqsadi va vazifalari.
2. Telekommunikatsiya korporativ tarmoqlari tarkibi va vazifalari.
3. Telekommunikatsiya korporativ tarmoqlari ishonchliligini tadqiqlash modellarini tushintiring.
4. Korporativ tarmoqlar ishonchliligini oshirish yo'llari
5. Korporativ tarmoqning transport tarmog'i uchun ortiqchalilik bloki.
6. Korporativ tarmoqning transport tarmog'ining ortiqchalilik bloklari qanday holatlarda bo'lishi mumkin?
7. Ikkita parallel ulangan transport tarmoqlari qo'llanilgan korporativ tarmoqning ishonchlilik modeli.
8. Korporativ tarmoqning ishonchlilikning kombinatorik modeli.
9. Korporativ tarmoqda to'rtta mijozlar guruhi lokal hisoblash tarmog'i ulangan bitta kirish liniyasidan tashkil topsa, qanday sharoitda korporativ tarmoqlarning xizmatlari mijozlarga etishishli bo'lishini isbotlang.

10.Korporativ tarmoqning ishonchlilik modelining funksiyasi orqali yakuniy ishonchliligi hisoblash.

## **9. TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING UMUMLASHGAN ISHONCHLILIK KO'RSATKICHLARI**

Turli xil telekommunikatsiya tarmoqlarini qurishda optimal variantni tanlash turli xil mezonlar asosida amalga oshadi, va eng muhim omillardan biri bu – tarmoq ishonchliligidir. Ammo, hozirgacha aloqa tarmoqlarining ishonchliligi murakkab tizimlar kabi aniq o'lchaydigan tushuncha mavjud emas. Bu aloqa tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlarini tanlashda, qoida bo'yicha oddiy tizimlar nazariyasi tushunchalaridagi ko'rsatkichlardan foydalanish bilan bog'liq. Murakkab tizimlar uchun ushbu ko'rsatkichlar amaliy mantiqqa ega emas. Murakkab tizimlarni baholashda asosiy ko'rsatkich sifatida, alohida elementlarning ishdan chiqishida, tizimning asosiy funksionalligi qay darajada bo'lishi olinadi. Murakkab tizimlarining ishonchlilik ko'rsatkichlarini baholash dolzarb masalalardan biridir.

### **9.1. Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligi**

Biror bir ob'ekt (tizim, inshoot, qurilma)ning ishonchliligi deb ma'lum ekspluatatsiya sharoitlarida ma'lum vazifani bajarish qobiliyatiga aytiladi. Ob'ektni meyo'riy-texnik xujjatlashtirishda, asosiy parametrlarini saqlagan holda berilgan funksiyalarini bajara olish qobiliyati – ishga yaroqliligi deyiladi, ob'ekt ko'rsatilgan talablarni qoniqtira olish qobiliyati uning sozligi deyiladi. Ob'ektning ishga yaroqlilik qobiliyatining buzilishi – rad etish deyiladi. Ekspluatatsiya shartlari va bajariladigan funksiyalariga qarab ishonchlikka bog'liq bo'lgan bir qator ob'ektning hususiyatlarini ajratish mumkin:

- a) rad etishsizlik – ishga yaroqlilik holatini uzluksiz saqlash hususiyati;
- b) uzoq davriylik – ishga yaroqlilikni ma'lum holatgacha saqlash;
- v) ta'mirga yaroqlilik – texnik xizmat va ta'mirlash ishlarini amalga oshirish imkoniyati;



g) qayta tiklanuvchanlik – rad etishdan so‘ng ishga yaroqlilik holatini qayta tiklanish hususiyati;

d) xizmat muddati.

Muhim ko‘rsatkichlardan biri sifatida tayyorlik koeffitsienti hisoblanadi. Bu ob‘ektni ekspluatatsiya jarayoni o‘rnatilgan holda vaqtning istalgan onida ishga yaroqlilik holatida bo‘lishi tushiniladi.

Aloqa tarmog‘i uchun yagona funksional tizimlar sifatida, holatlar bo‘yicha turli bo‘lgan elementlardan tuzilgan tizim tushiniladi. Apparatli yo‘nalish deganda apparatura alohida qurilmalar va ularning elementlari, shuningdek kanallar va liniyaviy traktlar, ya‘ni tarmoq uzeli va qirralariga kiruvchi alohida elementlar ishonchliligi muammosi tushiniladi.

Tarmoqning ko‘p funksionalligini e‘tiborga olib, unda  $N$  uzellar mavjud bo‘lganda  $N(N-1)$  aloqalar tashkil etilishi, turli xildagi (telefon, tovushli yoki televizion eshittirish va hokazo) axborotni uzatishni tashkil etish zarur bo‘lganda, tarmoqni rad etishligi tushunchasini aniqlash, ya‘ni tarmoq umuman olganda, amalda o‘z funksiyalarini bajara olmasligini aniqlashimiz zarur.

Ba‘zida tarmoqning rad etishligi deganda, bog‘lanishning yo‘qotilishi tushiniladi, biroq bu ko‘rsatkich ba‘zi xususiy hollarda qo‘llanilishi mumkin, chunki u ayrim bog‘lanishlarning muhimligini hisobga olmaydi.

Boshqa hollarda berilgan uzellar juftligi uchun tarmoqdagi yo‘llar yoki bog‘lanishlarning tayyorlik koeffitsienti kattaligining “o‘rtacha” qiymatini xarakterlaydigan tarmoqning ishonchliligi tushiniladi. Tarmoqning ishonchliligini tarmoq qirralari (liniyalar, kanallar) ishonchliligi ro‘yhati yoki matritsa, vektor yoki tarmoqning bir juft punktlari uchun – eng qisqa yoki mumkin bo‘lgan yo‘llar (bog‘lanishlarning “real” ishonchliligi) yoki barcha imkon bo‘lgan yo‘llarning (potensial ishonchlilik) ishonchlik ko‘rsatkichlari bilan ham xarakterlash mumkin va nihoyat, tarmoq ishonchliligini  $L$  qirralar,  $\Lambda$  kanallar va  $D$  bog‘lanishlarning umumiy uzunligi yoki yo‘llari yoki bog‘lanishlaridan, qirralarning umumiy sonidan

ma'lum bir qismi saqlanib qolish ehtimolligi funksiyalari (grafiklari) bilan xarakterlanishi mumkin.

Ishonchlilik tushunchasini umuman butunlay tarmoqqa emas, balki yo'llar yoki berilgan punktlar juftligi o'rtasidagi yo'llar majmuasiga (uzellar) qaratish mumkin, ya'ni qirralar va uzellarning ishonchlilik ko'rsatkichlarini ma'lum deb hisoblab, shu punktlar o'rtasidagi bog'lanishlarning ishonchliligini ko'rib chiqamiz. Ishonchlilikka talablar bu ma'noda turlicha bo'lishi mumkin: ko'rilayotgan punktlarning muhimligiga, ular o'rtasidagi masofaga, ularning o'zaro bog'liqligiga hamda bog'lanishning turi va vazifasiga bog'liq bo'lishi mumkin.

SHuni ta'kidlash lozimki, "G<sub>1</sub> tarmoq G<sub>2</sub> tarmoqqa nisbatan ishonchli" deyilganda, bir xil funksiyalar bajarilganda G<sub>1</sub> tarmoqda barcha berilgan uzellar juftligi o'rtasidagi bog'lanishlar G<sub>2</sub> tarmoqdagiga nisbatan past emasligi, ba'zi birlari o'rtasida esa hatto yuqoriligi tushuniladi.

Tarmoqda  $a_s$  va  $a_t$  uzellar (punktlar) o'rtasidagi bog'lanishlar  $\sum_{st}$  uchun barcha mumkin bo'lgan yo'llar yoki biror-bir alomat bo'yicha tanlangan yo'llar to'plami  $m_{st}, M_{st}, m_{st}^x$  va hokazo ishlatiladi. Har bir  $\mu_{st}^k$  ( $a_3$  dan  $a_t$  gacha yo'llar to'plamining  $K$ -yo'li) yo'l u o'tadigan qirralar va uzellardan iborat. Yo'lning ishonchliligi ko'rsatkichi (qisqacha yo'lning ishonchliligi deymiz)  $\int_{st}^k - \int(\mu_{st}^k)$  deganda ushbu yo'l ixtiyoriy vaqt mobaynida ishlash qobiliyatli holatda bo'lish ehtimolligiga tushuniladi, bu degani, shu yo'lga kiruvchi barcha  $b_{ij}$  qirralar va  $a_{ij}$  uzellar ishlash qobiliyatiga ega bo'lishlari zarur. Bog'lanishning ishonchliligini  $\sum_{st}$  bog'lanishni tashkil etuvchi ya'ni berilgan  $m_{st}$  to'plamga kiruvchi yo'llar to'plamidan hech bo'lmasa bittasini ishlash qobiliyati ehtimolligi bilan baholaymiz. SHunday qilib, bog'lanishning buzilishi shu bog'lanishga kiruvchi  $\sum_{st}$  yo'llarni tashkil etuvchi tarmoqning uzellari va qirralarining raddiyalari bilan aniqlanadi.

*Qirraning raddiyasi*  $b_{ij}$  deb shunday holatga aytiladiki, bunda ko‘rilayotgan qirrani tashkil etuvchi kanallar (liniyalar) yohud butunlay ishdan chiqqan, yohud ularning parametrlari shunchalik yomonlashganki, mazkur aloqa turi uchun amalda ularni ishlatib bo‘lmaydi (masalan, qabul punktidagi katta halaqitlar, buzilishlar).

*Qirraning ishonchliligi* – uning raddiyasiz ishlash qobiliyati – bir tomondan uning elementlarining apparatli ishonchliligi, ikkinchi tomondan esa, liniyaviy qurilmalarning mexanik sozligi bilan belgilanadi. Liniyalar raddiyasining asosiy sabablariga qurilish ishlarini olib borish (60-65%) yoki tabiiy ofatlar oqibatida (10-15% gacha), hamda turli mexanik buzilishlar kiradi. Kam uchraydigan hollarga (8-15%) shu liniyalarni qurish yoki montaj nuqsonlari tufayli va xizmat xodimlarining loqaydligi (2-10%) kiradi.

Bunday buzilishlarning soni va davomiyligi liniyalarning turi va qurilmalaridan, ularning geografik joylashuvidan hamda ekspluatatsion xizmatni tashkil etish darajasiga sezilarli ravishda bog‘liqdir. Teng sharoitlarda ularning soni liniya uzunligiga to‘g‘ri proporsionaldir.

*Uzelning raddiyasi* – axborotni kiruvchi kanallardan chiquvchilarga uzatish imkoniyati yo‘qligidir. Bunday raddiya ushbu uzalga insident bo‘lgan barcha qirralarning bir vaqtdagi raddiyasiga ekvivalentdir. U, odatda, uskunaning bir qismi yoki butunlay mexanik buzilish oqibatida yuz beradi (yong‘in, tabiiy ofat va hokazo sababli). Uzelning raddiyasi, qirraning raddiyasiga qaraganda, katta sondagi yo‘llarning buzilishiga olib keladi, biroq bunday voqeaning sodir bo‘lishi qirra raddiyasining ehtimolligidan ancha kamdir.

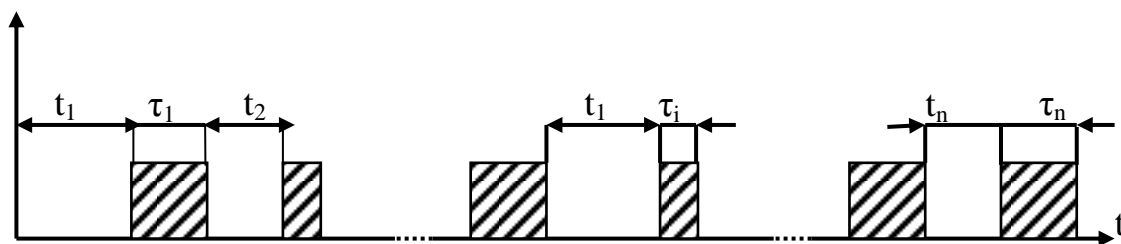
SHuning uchun bog‘lanishlarning strukturaviy ishonchliligini baholashda, uzellar ishonchliligini  $P_i \approx 1$  deb hisoblab, faqat qirralar ta’sirini ko‘ramiz. Agar uzellar ishonchliligini ham inobatga olish zaruriyati tug‘ilsa, unda u quyida keltirilgan usullar va tavsiyalar yordamida bajarilishi mumkin.

Kanal tashkil etuvchi va kanallarga tegishli uzelnig ba'zi boshqa apparaturasining ishonchliligi, odatda, liniyalar (qirralar) ishonchliligini baholashga kiradi.

Ishonchlilik nuqtai nazaridan tarmoq liniyalari (qirralar) tiklanuvchi elementlarga kiradi. Tiklanuvchan elementning ishlash jarayonini ishlash qobiliyati  $t_i$  oraliqlari va ishlamay turib qolish (tiklanish)  $\tau_i$  oraliqlari ketma-ketligi ko'rinishida tasvirlash mumkin. (9.1-rasm).

Bu oraliqlarning uzunligi yuqorida keltirilgan barcha omillar bilan belgilanadi. Birinchi yaqinlashuvda ularni o'zaro bir-biriga bog'liq bo'lmagan tasodifiy kattaliklar deb hisoblash mumkin, ular raddiyasiz ishlash  $T = M(t_i) = (\sum_{i=1}^n t_i) / n$  (ba'zida bu kattalikni raddiyaga ishlash deb atashadi) va tiklanish  $\tau = M(\tau_i) = (\sum_{i=1}^n \tau_i) / n$  o'rtacha vaqtlarining ma'lum taqsimotiga ega.

Qirraning  $b_{ij}$  ishonchliligi  $P_{ij} = 1 - g_{ij}$  deb qirraning ishlash qobiliyati holatida bo'lish ehtimolligi yoki qirraning soz holatda bo'lish vaqti davomiyligining vaqt hissasining matematik kutilishi tushuniladi. (bu ta'rif tayyorlik koeffitsienti tushunchasiga ekvivalentdir):



9.1-rasm. Ishlash qobiliyati  $t_i$  va ishlamay turib qolish (tiklanish)  $\tau_i$  oraliqlari

$$P_{ij} = T / (T + \tau) = 1 / (1 + j) = \mu / (\lambda + \mu) \quad (9.1)$$

bu erda  $\lambda = 1/T$  - raddiyalar intensivligi;  $\mu = 1/\tau$  - tiklanishlar intensivligi;

$j = \tau/T = \lambda/\mu$ . Kichik  $j$  larda quyidagini qabul qilish mumkin.

$$P_{ij} \approx 1 - j = 1 - (\tau/T) \quad (9.2)$$

Xuddi shunga o'xshash qirraning raddiyasi aniqlanadi.

$$q_{ij} = 1 - P_{ij} \approx \tau/T \quad (9.3)$$

**Tarmoqning yashovchanligi** deyilganda bog'lanishlar soni juda ko'p bo'lganda tarmoqning o'z hususiyatlarini saqlab qolishi va bunda barcha yoki ko'pchilik, hech bo'lmasa sifati pasaygan punktlar o'rtasida bog'lanish ta'minlanishi tushuniladi. YAshovchanlikni baholash uchun ishonchlilikni baholovchi mezonlardan taqriban foydalanish mumkin, shuning uchun biz tarmoq yashovchanligi deyilganda strukturaviy bog'lanishni saqlash deb tushunamiz.

Tarmoq ishonchliligining asosiy ehtimollik ko'rsatkichlari – bu nisbatan aniq uzellar juftligining bog'lanish ishonchliligi hisoblanadi.

Ishonchlilikning yuqori chegarasini hisoblash.

$$P = \|P_{ij}\|; \quad P_i = \{P\}, \quad \text{berilgan bo'lsin:}$$

Qirra va uzellar ishonchliligi o'zaro bog'liq emas. Ishonchlilikning yuqori chegarasini yo'llar ko'pligi yordamida aniqlash mumkin.  $a_i$  uzeldan  $a_j$  uzalgacha bog'lanish ishonchliligi shu uzellar orasida hech bo'lmaganda bitta yo'l soz holati ehtimolligi kabi aniqlanadi.

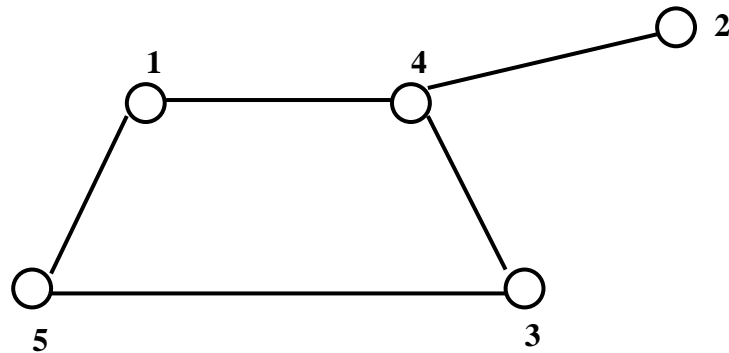
$$P(m_{ij}) = 1 - \prod_{\mu_{ij}^k \in m_{ij}} [(1 - p(\mu_{ij}^k))] \quad (9.4)$$

Boshlang'ich ma'lumotlar sifatida, qirralar uzunligi matritsasi, uzellar soni va  $N_3$  zaruriy qirralar soni hisoblanadi. Berilgan qirralar sonida minimal qirra uzunligiga ega bo'lgan tarmoqni sintez qilish kerak bo'lsin:

$L(III1)$  matritsasi dan minimal elementlarni tanlash kichik dasturi.  $III2$  sikl (berk tarmoq hosil bo'lmaganligi) mavjudligini tekshiruvchi kichik dastur.

A  $L(III3)$  matritsasini to'g'rilash kichik dasturi.

$$L = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 15 & 3 & 8 \\ 10 & 0 & 12 & 9 & 17 \\ 15 & 12 & 0 & 5 & 13 \\ 3 & 9 & 5 & 0 & 13 \\ 8 & 12 & 9 & 13 & 0 \end{vmatrix} \quad \begin{array}{l} l_{14} = 3 \\ l_{34} = 5 \\ l_{15} = 8 \\ l_{24} = 9 \\ l_{12} = 10 \end{array}$$



9.2-rasm.  $L$  matritsasini hisoblash uchun tarmoq grafi

2. Tarmoqni minimal kanallar uzunligi mezoni bo'yicha sintez qilish.

$L = \|l_{ij}\|$  - qirralar uzunligi matritsasi;

$V = \|g_{ij}\|$  - to'g'ridan-to'g'ri (bevosita) kanallar sig'imi;

$N$  - uzellar soni;

$N_3$  berilgan qirralar va minimum  $\wedge = \sum_i \sum_j I_{ij} g_{ij}$  ga ega bo'lgan tarmoqni

sintez qilish zarur bo'lsin. Minimal kanallar uzunligi mezoni bo'yicha tarmoqni qurish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

To'liq bog'langan tarmoq quriladi va bu tarmoq uchun kanallar uzunligi hisoblanadi, hosil qilingan  $\wedge_{\min} = \wedge$  kattalik, minimal kattalik hisoblanadi.  $N$  uzelga ega tarmoqdan bitta istalgan tarmoq ajratib olinadi. Bu uzellar orasidagi kanallar soni, yo'llar orasida taqsimlanadi. Taqsimotdan so'ng  $\wedge$  qiymati hisoblanadi.

3. Hosil qilingan kanalning uzunligi minimal qiymat bilan solishtiriladi. Agar  $\wedge < \wedge_{\min}$  bo'lsa, u holda minimum sifatida hisoblangan qiymat olinadi, aks holda qurilgan hamma qirralar tekshiriladi.

$P(\mu_{ij}^k)$  -  $K$ -chi yoʻlning ishonchliligi. Ishonchlilik bu berilgan yoʻlga kiruvchi barcha qirralarning soz holati ehtimolligi kabi aniqlanadi.

$$P(\mu_{ij}^k) = \prod_{kc \in \mu_{ij}^k} P_{kc} \quad P(\mu_{ij}^k) = \prod_{bkc \in \mu_{ij}^k} P_{kc} \cdot \prod P_k$$

Biroq real sharoitlarda yoʻllar koʻpincha bogʻliq, yaʼni umumiy qirraga ega. Bu holda (9,4) tenglik tengsizlikka aylanadi va ishonchlilikning yuqori bahosini beradi. Agar (9,4) ifodada qavslarni ochgandan keyin darajasi birdan katta boʻlgan barcha koʻrsatkichlarni birga almashtirilsa, haqiqiy qiymat olinadi. Bunday operatsiya E xarfi bilan belgilanadi.

$$P_{ij} = E \left\{ 1 - \prod_{\mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - \rho_{ij}^k) \right\} \quad (9.5)$$

4. Ishonchlilikning quyi chegarasini hisoblash.

Quyi chegara kesimlar koʻpligi asosida aniqlanadi.  $a_i$  va  $a_j$  uzellar orasida bogʻlanish buzilishi uchun hech boʻlmaganda bitta kesimda barcha qirralar ishdan chiqishi etarli.

$$\rho(\delta_{ij}) = \prod_{\sigma_{ij}^k \in S_{ij}} P(\sigma_{ij}^k) \quad (9.6)$$

$$\rho(S_{ij}^k) = 1 - \prod_{bkc \in S_{ij}^k} (1 - P_{kc}) \quad (9.7)$$

Har bir kesimning ishonchliligi

$$\rho(S_{ij}) = \prod_{\sigma_{ij}^k \in P_{ij}} \rho(\sigma_{ij}^k) \prod_{bk \in S_{ij}} P_k \quad (9.8)$$

Barcha kesimlar ketma-ket bogʻlanish sifatida quriladi va shuning uchun (8.4) ifoda ishonchlilikning quyi chegarasini beradi.

5. Ishonchlilikning xaqiqiy qiymati ishonchlilikning yuqori va quyi chegarasi orasida yotadi.

$$P(S_{ij}) \leq \rho_{ij} \leq \rho(m_{ij}) \quad (9.9)$$

Ishonchlilikning xaqiqiy qiymatini topish uchun E operatsiyasi ishlatiladi.

## 9.2. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishini tahlil qilish usuli

Transport (birlamchi) aloqa tarmog'ini qurishda: tarmoq tuzilishi, o'tkazish qobiliyati, fazo va vaqt bo'yicha dinamik rivojlanishi bilan bog'liq bo'lgan bir qator savollar hal qilinishi kerak. Tarmoq tuzilishini tanlash va o'tkazish qobiliyatini aniqlash uchun samaradorlik ko'rsatkichi va boshlang'ich ma'lumotlarga ega bo'lishi kerak.

Quyidagilar boshlang'ich ma'lumotlarga kiradi:

- Birlamchi tarmoqning joylashuvi va uzellar soni. Uzellar joylashuvi odatda  $L$  qirralar matritsasi orqali beriladi,  $L = \|l_{ij}\|$ .

- Qirralarni shakllantirishdagi mumkin bo'lgan trassa va ularning ishonchliligi. Qirralarni shakllantirishdagi trassalar mumkin bo'lgan bog'lanishlar grafigi ko'rinishida beriladi. Qirralar ishonchliligi  $P = \|p_{ij}\|$  matritsasi yordamida beriladi.

- Turli xil ikkilamchi tarmoqlarni tashkil qilish uchun zarur bo'lgan kanallar soni. Zarur kanallar sonining talab matritsasi  $\phi = \|\phi_{ij}\|$ .

- Birlamchi tarmoqni ko'rsatilgan o'tkazish qobiliyati, ishonchliligi va narxi bo'yicha qurish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan uzatish tizimi, liniyalar majmuasi.

Aloqa tarmoqlarini tahlil qilishda mezonlar sifatida quyidagi ko'rsatkichlar ishlatiladi:

$$\text{Qirralarning umumiy uzunligi } L_B = \sum_i^n \sum_j^n l_{ij}$$

$$\text{Kanallar umumiy uzunligi } \wedge = \sum_i^n \sum_j^n v_{ij} l_{ij}$$

$$\text{Tarmoqning umumiy quvvati } C = \sum_i^n \sum_j^n c_{ij} l_{ij}$$

$$\text{Tarmoqning umumiy narxi } \varphi = \alpha L + \beta \wedge$$

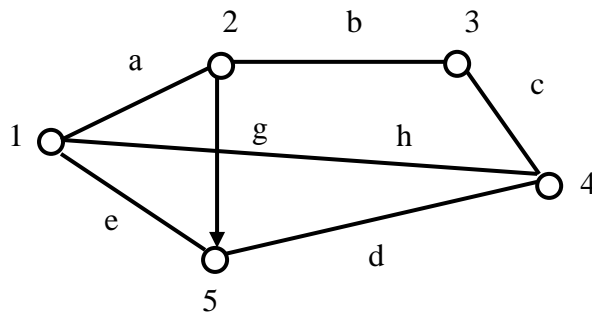


Matritsani darajaga ko‘tarish uchun quyidagi qoidadan foydalanamiz.

Uzellarning ma’lum juftlari o‘rtasidagi yo‘llar to‘plamini, strukturaviy matritsaning  $j$  li satrdan  $I$  li ustunini o‘chirish yo‘li bilan olish mumkin.

$$AB = C = \left\| r_{ij} \right\| \quad r_{ij} = \alpha_{i1} \beta_{ij} \quad \alpha_{i2} \beta_{2j} \quad \alpha_{in} \beta_{nj} \quad B = \left\| \beta_{ij} \right\| \quad A = \left\| \alpha_{ij} \right\| \quad (9.10)$$

5 uzelli tarmoq asosida misolni ko‘rib chiqamiz.



9.3 –rasm. 5 uzelli tarmoq strukturasi

$$B = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & a & 0 & h & e \\ a & 1 & b & 0 & g \\ 0 & b & 1 & c & 0 \\ 0 & 0 & c & 1 & d \\ e & 0 & 0 & d & 1 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$m_{14} = \begin{vmatrix} a & 0 & h & e \\ 1 & b & 0 & g \\ b & 1 & c & 0 \\ 0 & 0 & d & 1 \end{vmatrix} = a \begin{vmatrix} b & 0 & g \\ 1 & c & 0 \\ 0 & d & 1 \end{vmatrix} - h \begin{vmatrix} 1 & b & g \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + e \begin{vmatrix} 1 & b & 0 \\ b & 1 & c \\ 0 & 0 & d \end{vmatrix} = ab \begin{vmatrix} c & 0 \\ d & 1 \end{vmatrix} - ag \begin{vmatrix} 1 & c \\ 0 & d \end{vmatrix}$$

$$- h \begin{vmatrix} 1 & c \\ 0 & d \end{vmatrix} + e \begin{vmatrix} b & c \\ 0 & d \end{vmatrix} = abc - adg - hcd + ed$$

Yo‘llar daraxtini tuzish yo‘llar to‘plamini aniqlashning grafik ekvivalenti hisoblanadi. Yo‘llar daraxti strukturaviy matritsadan quyidagicha tuziladi. Daraxtni

tuzishda bitta yo‘lda uzellar takrorlanmasligini e‘tiborga olish kerak. Daraxt tuzilishi yo‘lning maksimal rangi olingunga qadar davom ettiriladi.

Kesimlar to‘plami quyidagicha aniqlanadi:

1. Yo‘llar to‘plami tuziladi, bunda har bir yo‘l qavsga olinadi.
2. Ko‘paytiruv belgilari qo‘shish belgilariga va qo‘shish belgilari ko‘paytiruv belgilariga almashtiriladi.
3. Qavslar ochilgandan so‘ng ifodalar soddalashtiriladi. Har bir olingan qo‘shilma kesimni beradi.

$$1) S_{14} = (abc) + (agd) + (h) + (ed);$$

$$2) S_{14} = (a + b + c) * (a + g + d) * (h) * (e + d);$$

$$3) S_{14} = aheV ahdV bgheV eghcV dcheV bghdV cghdV dbhV$$

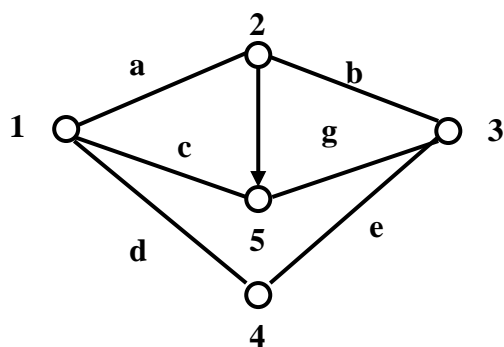
- yo‘l

- kesim

1.  $a_s$  uzeldan  $a_t$  uzalgacha bo‘lgan  $\mu_{st}$  yo‘l – bu aynan bitta uzeldan ikki marta o‘tmaydigan  $a_s$  uzeldan boshlanib,  $a_t$  uzelda tugallanuvchi, hamda har bir oldingi qirraning oxiri oraliq uzelda navbatdagi qirraning boshlanishi bilan tutashib ketadi. U yoki bu axborotlarni berilgan punktlar juftligi orasida etkazish uchun belgilangan yo‘lni marshrut deb ataymiz, bunday marshrutlarni o‘rnatish jarayonini esa marshrutlash deb yuritimiz.

2. Yo‘lning rangi  $r(\mu_{st})$  deb yo‘lning uzunligi yoki shu yo‘lni tashkil etuvchi qirralar soniga aytiladi. Yo‘l barcha uzellardan o‘tgan holda yo‘lning minimal rangi 1, maksimal rangi esa  $N-1$  bo‘ladi.

YOzuvni soddalashtirish uchun alohida qirralar turli belgilar, masalan:  $a, b, c, \dots$  va hokazo xarflar bilan belgilanishi mumkin. Yo‘nalish katta raqamli uzeldan kichik raqamli uzelga bo‘lgan holda belgi ustiga chiziq qo‘yiladi. Agar qirrani 1 va yo‘lni ( $R$ -yo‘lning tartib raqami) shu yo‘lni tashkil etuvchi raqamlar ro‘yhati bilan yozsak, ular quyida keltirilgan.



$$\mu_{13}^1 = \mu_{ab} \text{ yoki } b_a b_b$$

$$\mu_{13}^2 = \mu_{ac} \text{ yoki } de$$

$$\mu_{13}^3 = cd \text{ yoki } a_t g$$

9.4-rasm. Kesimlar to‘plamini aniqlash uchun tarmoq misoli

Unda  $a_s$  dan  $a_t$  gacha boruvchi barcha yo‘llar  $m_{st}$  yo‘llar to‘plamini tashkil etadi, bundan tashqari yo‘lning o‘tkazish qobiliyati  $C(\mu_{ij})$ , yo‘lning sig‘imi  $V(\mu_{ij})$ , yo‘lga kiruvchi qirra sig‘imi bilan xarakterlanadi.

Tarmoqning ikkita istalgan uzeli hech bo‘lmasa bitta yo‘l bilan bog‘langan bo‘lsa, bunga bog‘langan tarmoq deb ataladi. Agar ikkita uzeli bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan yo‘llar bilan bog‘langan bo‘lsa, tarmoq  $h$  - bog‘langan deb ataladi. Kesim  $r(\sigma_{ij})$  rang bilan xarakterlanadi.

Yuqoridagi bayon etilganlardan ko‘rinib turibdiki, tarmoqning nisbatan sodda variantida uning strukturaviy ishonchliligini aniqlash ko‘p hisob kitoblarni talab qiladi. Bu esa boshqacha yondashuvni talab qiladi.

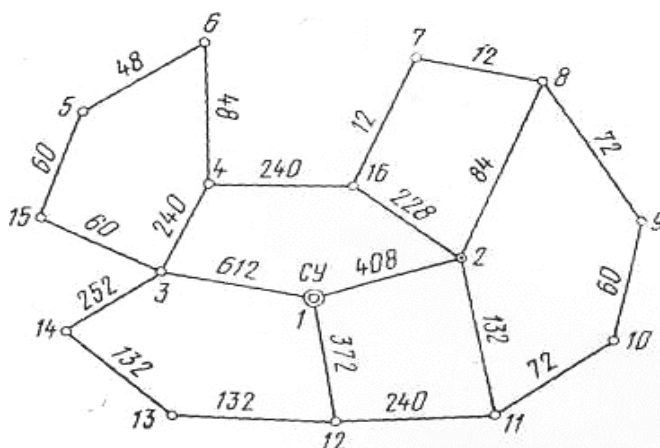
### 9.3. Strukturaviy murakkab tarmoqlarining ishonchlilik ko‘rsatkichlarini aniqlash

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko‘rsatkichlarini ularning strukturaviy murakkabligi asosida aniqlash usullarini ko‘rib chiqamiz.

Birlamchi ichki tarmoq ishonchliligi. Misol tariqasida quyida keltirilgan tarmoqni olamiz. Uning strukturasi 9.5-rasmda keltirilgan. Har bir P nuqtadan tarmoq uzeli SU ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri va aylanib o‘tuvchi kanallar miqdori jadvalda

keltirilgan. Soddaroq bo‘lishi uchun faqatgina (asosiy)  $SU_1$  gacha bo‘lgan kanallarni qaraymiz.

Agar xatolik kelib chiqqan bo‘lsa, misol tariqasida,  $SU$  va  $P_2$  (408 ta kanallarni ishdan chiqaradigan) oralig‘ida deb olsak,  $P_2$  va  $SU$  oralig‘idagi aloqalar 36 ta aylanib o‘tuvchi kanallar orqali ta‘minlanadi,  $P_8$  va  $SU$  – 24 kanallar va x.z.. SHunday qilib, 1-2 liniyalaridagi xatolik  $SU$  bilan biron bir nuqta orasidagi aloqaniing butunlay yo‘qolishiga olib kelmaydi, ammo tizim butunlay ishdan chiqmasa ham, uning samaradorligi pasayadi. Liniyalardagi xatolarning kelib chiqishi natijasida samaradorlikning pasayishiga miqdoriy baho berish kerak.



9.5-rasm. Transport tarmoq strukturasi

Mavjud usullardan biri bu, tarmoqning funksionaligining samaradorligini, ish holatida bo‘lgan kanallar miqdori bilan o‘lchashdir. SHunda tarmoqda 1452 kanal bo‘lgan, 1-2 liniyalarning ishdan chiqishi natijasida 408 ta kanal ishdan chiqqan bo‘lsa, ushbu holatda tarmoqning funksionalligi va samaradorligi,

$$(1452-408)/1452 = 0,719 \text{ ga teng,}$$

bu faqatgina tarmoqdagi barcha liniyalarning ishlash samaradorligi 1,0 ga deb olinganda teng hisoblanadi. Ikki liniyaning ishdan chikishi natijasida bir nechta liniyalarning  $SU$  bilan aloqasi uzilishi mumkin, ammo bu butun tarmoqning ishdan chiqishiga olib kelmaydi, chunki boshqa liniyalar  $SU$  bilan aloqada bo‘ladi.

SHunday qilib, har bir tarmoqning holati (aniqlanayotgan liniya holati) qandaydir bir tarmoq samaradorligini aniqlovchi o‘lchov – ushbu holatda ishga yaroqli kanallarning soni bilan aniqlanadi. Ishonchlilik ko‘rsatkichi sifatida samaradorlik ko‘rsatkichlarining arifmetigini (matematik kutilmasi) hisoblash maqsadga muvofiq va uning maksimal ko‘rsatkichiga nisbatan munosabati (samaradorlikni saqlovchi koeffitsient E) hamda samaradorlikni tavsiflovchi ko‘rsatkich hohlagan vaqtda o‘zining maksimal ko‘rsatkichi berilgan a ( $R_a$  ning a-foizli funkcionallik ehtimoli)ning kamida a % tashkil etishi kerak. YUqorida qarab o‘tilgan misolda E qiymat – bu tarmoqdagi umumiy kanallarning ishga yaroqlilarining o‘rtacha ko‘rsatkichi,  $R_a$  esa a% kanallarning ishlash qobiliyati ehtimoli.

9.1-jadval

Uzel raqami	Yo‘nalishdagi kanallar soni	
	To‘g‘ridan-to‘g‘ri	Aylanib o‘tadigan
2	60	36
3	120	60
4	120	72
5	24	12
6	24	24
7	12	12
8	24	24
9	36	24
10	24	12
11	96	60
12	36	36
13	12	12
14	240	120
15	12	12
16	48	48

***Murakkab tizimlarning ishonchlilik ko'rsatkichini matematik aniqlanishi.***

Tizim holati, uning elementlarining ishlash qobiliyati,  $x = (x_1, \dots, x_n)$  vektor bilan ta'riflanadi, bu erda  $n$ -elementlar soni va  $x_i$  1 ga teng agar  $i$ -element ishlash qobiliyatiga ega bo'lsa, agar ishlash qobiliyatiga ega bo'lmasa 0 ga teng. Har bir  $x$  uchun tizimning funksionalligining samaradorligini ko'rsatadigan ko'rsatkich ushbu holatda  $F(x)$  mos keladi. Elementlarning ishlamay qolishi taxminiy ravishda sodir bo'lar ekan,  $F(x)$  ning vaktning taxminiy vaqtida taxminiy qiymatga ega.

Tarmoqning samaradorligini faqatgina kanallar soni bilan, birlamchi ichki tarmoqdagidek o'lchanmaydi. Tarmoqqa qo'yiladigan aniq talablar asosida, funksionallikning samaradorligi nuqtalarning miqdori, ularning bir biri bilan aloqaning taminlay olishi, tarmoq orqali uzatish mumkin bo'lgan axborot miqdori va x.z. SHu bilan birga barcha mavjud bo'lishi mumkin bo'lgan ehtimollarni bir xil tizim orqali ifodalash mumkin, ya'ni tarmoqning har bil holati funksionallik samaradorligi ko'rsatkichi bilan xarakterlanadi. Ushbu ko'rsatkich tarmoqning bajarilganlik sifatini ifodalovchi xarakteristikani beradi, bitta shart bilan, uning o'zi ushbu holatda bo'lishi kerak.

Xaqiqiy  $F(x)$  va ideal (umuman xatosiz ishlaydigan) tizimlar  $F_0 = F(1, \dots, 1)$  ni funksional samaradorligini taqqoslash orqali tizimning ishonchliligiga baho beriladi. Taxminiy qiymat  $f(x) = f(x)/f_0$  – tizimning ishonchliligini ifodalaydi, shuningdek u  $0 \leq \varphi(x) \leq 1$  ga teng.  $F(x)$ -bu  $x$  holatdagi samaradorlikning nisbiy ko'rsatkichidir.

Samaradorlik funksiyasi  $f(x)$ , tizimning barcha holatlarida aniqlangan  $\{x\}$  uchun, funksiyasning umumlashtirilgani hisoblanadi, u oddiy tizimlar uchun aniqlangan bo'lib ikkita funksionallik darajasiga ega – to'liq ishlay olish qobiliyati va to'liq ishlay olmaslik qobiliyati. Oddiy tizimlar uchun  $f(x)$  – ikki qiymat qabul qiladi: 1 agar  $x$  – to'liq ishlay olish qobiliyatiga ega bo'lsa, aks xolda 0.

Umumiy holatda  $f(x)$ -taxminiy qiymat taqsimot funksiyasi  $F(u) = P\{\varphi(x) < u\}$ , orqali to'liq ifodalanadi, va funksionallikning a-foizli taxminiy  $R_a = P\{\varphi(x) \geq 0,01a\} = 1 - P\{\varphi(x) < 0,01a\} = 1 - F(0,01a)$  aniqlanadi.

Ishonchlilikning asosiy raqamli ko'rsatkichi sifatida matematik kutilma  $f(x) - E = M[\varphi(x)]$  ning samaradorlikni saqlay olish koeffitsienti olinadi. E atrofida  $f(x)$  qiymatlarning taqsimlanishi dispersiya  $D = D[\varphi(x)]$  orqali aniqlanadi. D qiymat taxminiy bo'lgan  $R_a$  ni aniqlash imkonin beradi. Ikki o'lchamli  $f(x)$  funksiyali oddiy tizimlar uchun E ko'rsatkich ishonchlilikning ko'rsatkichlaridan bo'lgan-tayyorlik koeffitsientiga o'tadi.

**Samaradorlik funksiyalarini aniqlash.** Xar bir aloqa tarmoqlarining m ta nuqtadan tashkil topgan,  $i, j (i, j = 1, \dots, m; i \neq j)$  juftlilari uchun ushbu nuqtalar orasidagi bog'langanlik samaradorligi  $f_{ij}(x)$  aniqlanadi. Butun tarmoqni har bir juft nuqtalar orasidagi aloqani ta'minlash kerak bo'lgan ko'p funksionalli tizim sifatida qarash mumkin. Tushuncha orqali  $f(x)$  uchun o'lchangan yig'indi  $\varphi_{ij}(x)$  ni hisoblaymiz:

$$\varphi(x) = \sum_{i \neq j} a_{ij} \varphi_{ij}(x) \quad (9.11)$$

Bu erda  $a_{ij}$  - o'lchanayotgan koeffitsientlar ( $a_{ij} \geq 0, \sum a_{ij} = 1$ ).

YUqorida aytib o'tilgan birlamchi ichki tarmoq uchun barcha nuqtalarning SU bilan aloqasi ta'minlangan bo'lish kerak, shuning uchun  $a_{ij} = 0, i \neq 1$  va  $a_{1j} \neq 0 (j = 2, \dots, 16)$ .  $a_{1j}$ , koeffitsienti SU bilan  $P_i$  o'rtasidagi aloqani qiymatini ifodalaydi, va  $P_j$  dan SUGacha bo'lgan umumiy kanallar soni  $N_j$  ga to'g'ri proporsional. Bu erdan  $a_{1j} = N_j \left| \sum_{k=2}^{16} N_k \right|$  kelib chikadi.  $\varphi_{1j}(x)$  - SU dan P gacha bo'lgan umumiy kanallar sonidan ishlash qobiliyatiga ega bo'lgan kanallar soni. Misol uchun,  $\varphi_{1,2} (0,1, \dots, 1) = 36 / (60 + 36) = 0,375$  (1 raqami SU bilan  $P_2$  oralig'idagi liniya

uchun belgilangan).  $F(x)$  aniqlashda ishlash qobiliyatga ega kanallar sonini umumiy kanallar soni  $x$  ga nisbatiga teng.

Samaradorlik funksiyasi (2) orqali aloqa tarmog'ining ishonchlilik ko'rsatkichlari aniqlanadi. Berilgan nuqtalar orasidagi aloqaning mavjudligi; o'zaro bog'langan "nuqtalar" o'rtasidagi juftlarning o'rtacha qiymati; barcha nuqtalar juftligi orasidagi aloqaning mavjudlik ehtimoli va boshqalar. Alohida olingan aloqalarning ikki o'lchamli funksiyalarning samaradorligini olaylik:  $\varphi_{ij}(x)=1$ , agar  $x$  holatida  $i$  va  $j$  o'zaro bog'langan nuqtalar, aks holda  $\varphi_{ij}(x)=0$ . Agar ba'zibir  $a_{ij}=1$  lardan tashqari barcha  $a_{ij}$  larni 0 ga teng deb olsak,  $E$  qiymat  $s$  va  $t$  nuqtalar orasidagi aloqa mavjudligining ehtimoli. Agar barcha  $a_{ij}$  lar o'zaro teng bo'ladigan bo'lsa,  $E$  bog'langan nuqtalar juftligining o'rtacha qiymatidir. Aloqa tarmoqlarining ko'p tarqalgan ko'rsatkichlaridan biri – barcha mavjud nuqtalar orasidagi aloqaning mavjudlik ehtimoli. Uni shuningdek (2) funksiyadan olish mumkin. Barcha nuqtalar orasidagi aloqaning mavjudligi, barcha  $\varphi_{ij}(x)=1$ , va shunda  $\varphi(x)=1$  buladi. SHuning uchun:

$$P = P\{\varphi(x)=1\} = R_{100} \quad (9.12)$$

Ushbu usul ko'rsatkichlarni tanlashda mantiqqa ega deb qaraladi. SHunday kilib,  $P$  ko'rsatkich turli xil kamchiliklarga ega, shunda butun tarmoqning ishlay olmaslik qobiliyati – turli xil holatlarda kuzatilishi mumkin – unga bir juft nuqtalarning orasidagi aloqaning yo'qolishi bilan birga barcha juftliklarning orasidga aloqaning yo'qolishi ham bo'lishi mumkin. (9.11) va (9.12) munosabat orqali  $R = R_{100} = 1 - F(1)$ . Fakatgina bitta nuqtada aniqlanuvchi funksiyaning ehtimoli uning xususiyati haqida juda kam ma'lumot beradi. Agar  $f(x)$  taxminiy qiymatni 1 ta raqam bilan xarakterlaydigan bo'lsak,  $E$  matematik kutilmaning qiymati mos keladigan ko'rsatkich bo'ladi.

(9.12) dan kelib chiqqan holda matematik kutilmaning qiymati kuyidagicha bo'ladi:



$$E = M[\varphi(x)] = \sum_{i \neq j} a_{ij} M[\varphi_{ij}(x)] = \sum_{i \neq j} a_{ij} E_{ij}, E = M[F(x)] = 2 \text{ ats } M[\langle r//(x) \rangle] \quad (9.13)$$

Bu erda  $E_{ij}$  –  $i$  va  $j$  nuqtalar orasidagi samaradorlik koeffitsienti. Ikki o‘lchamli funksiya  $\varphi_{ij}(x)$  bo‘lganda esa,  $E_{ij}$  qiymati  $i$  va  $j$  nuqtalar orasidagi qiymatning ehtimoliga teng bo‘ladi. SHunday qilib, tarmoqning samaradorlik koeffitsientini hisoblashda, butun tarmoqning samaradorlik funksiyasi, alohida olingan nuqtalar orasidagi bog‘lanish funksiyasiga teng bo‘lsa, ushbu aloqalar mustakil deb qaralishi mumkin va hisob kitobni engillashtiradi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarini qurishda optimal variantni tanlash turli xil mezonlar asosida amalga oshiriladi, va eng muhim omillardan biri bu–tarmoq ishonchliligidir. Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligi, tarmoq graf shaklida tasvirlanganda, uning qirralari raddiyalari va ishonchliligi, uzelnig raddiyasi va ishonchliligi orqali baholanadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarida bog‘lanishlarning strukturaviy ishonchliligini baholashda, uzellar ishonchliligini  $P_i \approx 1$  deb hisoblab, faqat qirralar ta’sirini ko‘rish mumkin. Agar uzellar ishonchliligini ham inobatga olish zaruriyati tug‘ilsa, unda u murakkab usullar va tegishli tavsiyalar yordamida bajarilishi mumkin.

Murakkab tizimlardagi kabi aloqa tarmoqlarining ishonchliligini tahlil qilishda va samaradorlik ko‘rsatkichlarini hisoblashda haqiqiy va ideal tizimlarni solishtiriladi.

Butun tarmoqning samaradorlik ko‘rsatkichlarini tanlashda alohida aloqalarning ko‘rsatkichlari yig‘indisi hisoblanishi kerak. Barcha aniq bo‘lgan ishonchlilik ko‘rsatkichlari ushbu holatda alohida ehtimollar orqali o‘lchanadi.

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko‘rsatkichi sifatida samaradorlik ko‘rsatkichlarining arifmetigini (matematik kutilmasi) hisoblash maqsadga muvofiqdir, samaradorlik funksiyalarini aniqlash mumkin.

Aloqa tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlari sifatida samaradorlikni saqlash koeffitsienti va funkcionallikning a-foizli ehtimolini ishlatishi kerak.

#### Nazorat savollari

1. Telekommunikatsiya tarmoqlarini ekspluatatsiya sharoitlari va bajariladigan funksiyalariga qarab ishonchlilikka bog'liq hususiyatlarini tushintiring.

2. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishini tanlashda qanday ko'rsatkichlarga ega bo'lish kerak?

3. Telekommunikatsiya tarmoqlarini tahlil qilishda qanday ko'rsatkichlar boshlang'ich ma'lumotlarga kiradi?

4. Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligi

5. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini qanday ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi?

6. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini qanday ehtimolligi funksiyalarni orqali xarakterlanadi?

7. Telekommunikatsiya tarmoqlari qirralarining raddiyasini va ishonchliligini tushintiring.

8. Telekommunikatsiya tarmoqlari uzelineing raddiyasini izoxlang.

9. YAshovchanlikni baholash uchun ishonchlilikni baholovchi mezonlardan foydalanish mumkinmi?

10. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishini tahlil qilish usulini tushintiring

## **10. DISPETCHERLIK BOSHQARISH TARMOG‘INING ISHONCHLILIGI**

### **10.1. Hududiy operativ dispetcherlik boshqarishning xarakteristikasi**

Istalgan hudud infratuzilmasining zamonaviy holati unda favqulodda vaziyatlarni (FV) vujudga kelishi uchun zarur ob’ektiv ko‘zda tutishlar to‘plamiga ega bo‘lishi bilan xarakterlanadi. Yirik hududda xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarini ishlatadigan, ishlayotgan va rivojlanayotgan, katta resurslarni talab qiladigan, sohaning o‘z radioaktiv va kimyoviy ifloslantirishlari bilan xavfli bo‘lgan 500 dan ortiq korxonalar joylashgan deb olamiz. Eng xavfli moddalar, materiallar va texnologiyalar qo‘llaniladigan mudofaa dasturlari yaratiladigan va ishlatiladigan bo‘lsin. SHunga ko‘ra, hududning aholisi va atrof-muhiti kuchli antropogen bosimga uchraydi. Bahorgi ob-havo o‘zgarishlari tufayli 200 ming kishi aholili 650 kv. Km maydonda toshqindan tabiiy xarakterdagi FV, shuningdek 40 kv km (50 ming kishi) atrofidagi maydonda yong‘inlar bo‘lishi mumkin. Barcha sanab o‘tilganlar bo‘lishi mumkin oqibatlarini og‘irligini va tabiiy, texnogen va ijtimoiy xarakterdagi FVni vujudga kelishining yuqori ehtimolligi, aholining hayoti va sog‘lig‘iga oshirilgan xavfni aniqlaydi.

Tabiiy-texnik sohadagi o‘sib borayotgan tahdidlar va alohida ob’ektlar, shaharlar, tumanlar va butun viloyatning bu tahdidlarga qarshi tura olish qobiliyati orasidagi mavjud uzilishni tuzatish zarur. Bu muammo ko‘plab tomonlarga ega va ham konseptual, ham ilmiy va ishlab chiqarish tashkil etuvchilariga ega. FV xavflari oqibatlarini yumshatish va kamaytirish masalalari viloyatning aholisi va territoriyasining xavfsizligi elementi sifatida mos viloyatning hokimiyatlari qarorlari orqali yaratilgan FVdan ogohlantirish va uni bartaraf qilish hududiy tizimlarining vazifalariga kiritilgan.

Hududda mavjud bo‘lgan barcha doimiy tayyorgarlik kuchlari va vositalarini markazlashtirilgan boshqarishni tashkil etish, FV tahdidlarini tuzatish va bartaraf qilishda ularning samarali o‘zaro ta’sirlashi va birgalikda bahamjihat harakat

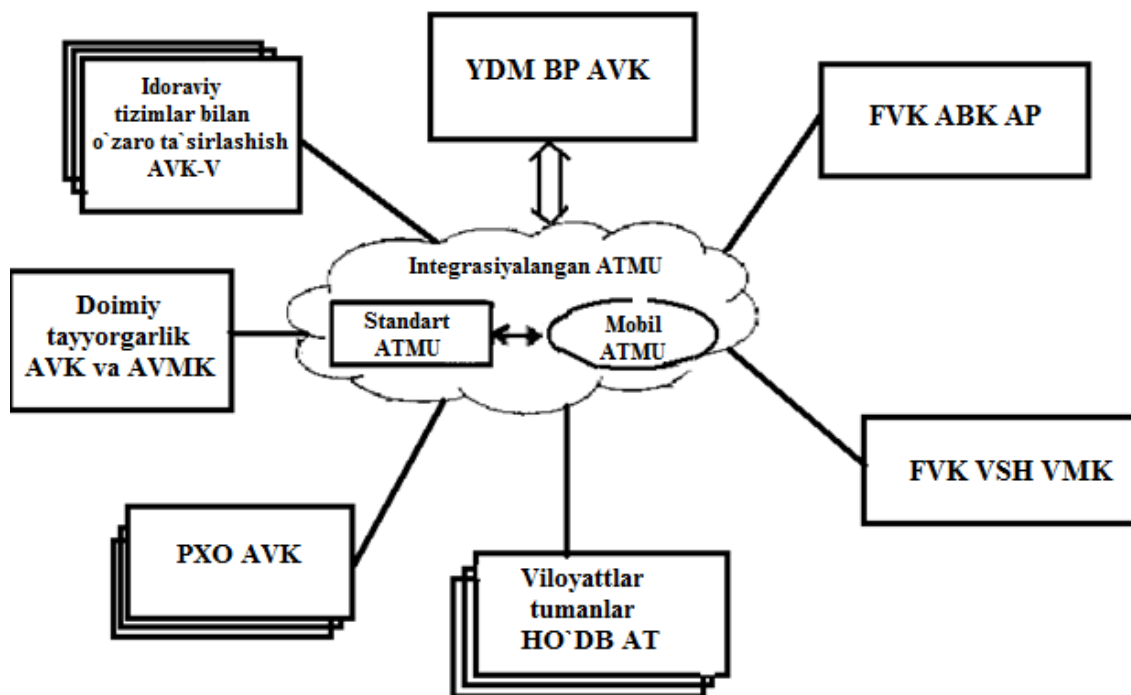
qilishlari uchun hokimiyatning qaroriga muvofiq hududda FV tarkibida FVda operativ-dispatcherlik boshqarish hududiy birlashtirilgan tizimini yaratish koʻzda tutiladi. Favqulodda vaziyatlar boʻyicha bu tizim doirasida hududning yongʻin aloqasi markaziy punktiga maxsus telefon nomeridan foydalanish bilan nafaqat yongʻinlar haqidagi xabarlarni qabul qilish uchun, balki FV tahdidlari va vujudga kelishi haqidagi maʼlumotlar uchun navbatchi xizmatlarning integratsiyalanishini amalga oshirish topshiriladi.

Hududiy operativ-dispatcherlik boshqarishning (HODB) samarali hududiy ishlashi, uning oldiga qoʻyilgan vazifalarni bajarilishi faqat FVni boshqarish turli darajalari (obʼektlar) boshqarish personalining koʻplab funksiyalarini kompleks avtomatlashtirish asosida taʼminlanishi mumkin, bu HODBni boshqarish avtomatlashtirilgan tizimlarini (AT) yaratish zaruratiga olib keladi.

Vazifa HODB ATning tuzilmaviy ishonchliligini FV sharoitlarida tezkor harakat qilish va harakatlarni boshqarish uchun qoʻllaniladigan tizim sifatida tahlil qilish hisoblanadi. Ishonchlik HODB ATning asosiy xossalardan biri sifatida uning ishlashining asosiy sifat stoxastik tizimli tarmoq xarakteristikalariga toʻgʻridan-toʻgʻri taʼsir qiladi.

***HODBning qisqacha xarakteristikasi.*** Avtomatlashtirilishi kerak boʻlgan HODBning tashkiliy tuzilmasi 10.1-rasmda tasvirlanganidek boʻlsin. HODB tarkibiga quyidagilar kiradi:

- hudud boʻyicha FVV yagona dispatcherlik markazi (YADM);
- viloyatlar (shaharlar, tumanlar) HODB;



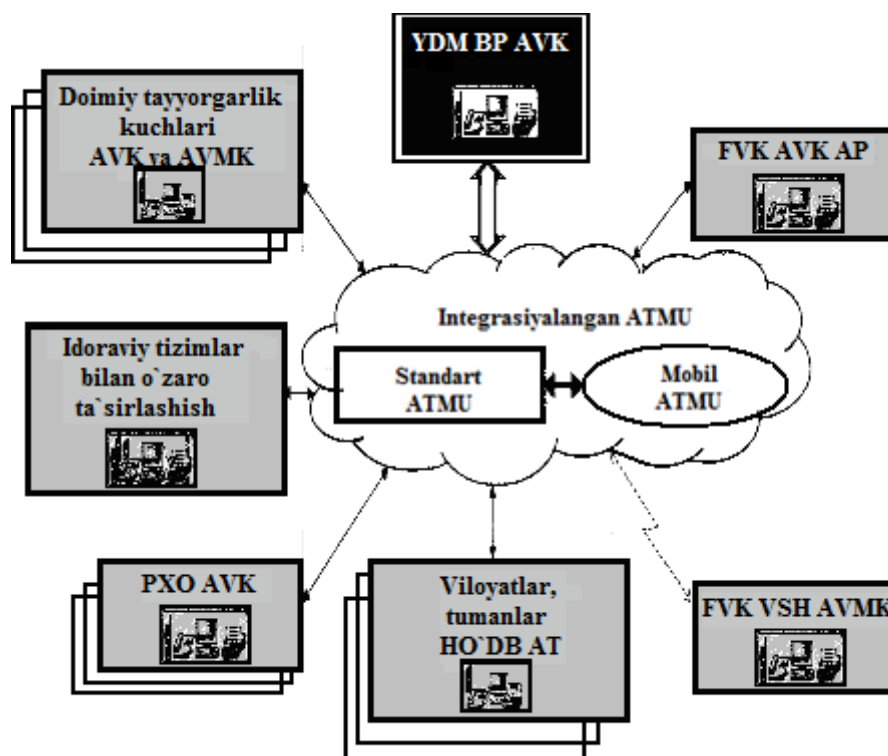
10.1-rasm. HODBning tashkiliy tuzilmasi

- MV idoraviy navbatchi-dispatcherlik xizmatlari (NDX);
- MV qidiruv-qutqaruv xizmatining (MVQQX) operativ navbatchilik xizmatlari (ONX);
- yong'in bo'linmalari va xavfli ob'ektlar punktlari;
- potensial xavfli ob'ektlar (PXO) va aholining hayot faoliyatini ta'minlash ob'ektlari dispatcherlik xizmatlari.

HODBning avtomatlashtirilishi natijasida 10.2-rasmda tasvirlangan texnik tuzilma hosil bo'ladi. HODB bu quyidagilarni ta'minlaydigan kunu-tun ishlaydigan tizim hisoblanadi:

- aholining va tashkilotlarning tezkor harakat qilish xizmatlariga murojaat qilish imkoniyatlarini kengaytirish va soddalashtirish;

- aholi, tashkilotlar va tuman(shahar) DDSdan insonlar va tabiiy muhitga noxush ta'sirlarning vujudga kelishi xavflari, xarakteri va ko'lamlari haqidagi to'liq va ishonchli ma'lumotlarni olish vaqtini qisqartirish;



10.2-rasm. HODBning texnik tuzilmasi

- FVni vujudga kelishi xavflarini oldindan aniqlash va oldini olish;
- tuman (shahar) ma'muriyati va xizmatlarini yong'inlarga, FV xavflariga yoki vujudga kelishiga harakat qilish tezkorligini oshirish;
- FV xavflari yoki oqibatlarini bartaraf qilishda doimiy tayyorgarlik kuchlari va vositalarining samarali o'zaro t'sirlashishi, ularning birgalikda bahamjihat harakat qilishini tashkil etish;
- hudud hokimiyati, idoraviy xizmatlar rahbariyati va o'zaro faoliyat olib boradigan DDSlarni viloyat hududiga holat va FVdan ogohlantirish va bartaraf qilish bo'yicha qabul qilingan birinchi navbatdagi choralar haqida xabardor qilish.

HODBga quyidagi tuzilmaviy komponentlar kiradi:

- YADM boshqarish punktining avtomatlashtirilgan vositalar kompleksi (AVK);
- YADM BP AVKning FVK va viloyat ma'muriyati bilan aloqasi uchun chiqarilgan ish joylari (abonentlar punkti – AP);
- viloyat FVK operativ guruhining avtomatlashtirilgan vositalar mobil kompleksi (AVMK);
- tizimning pasti bo'g'inlari, ya'ni shaharlar va tumanlar HODB AT;
- FVdan ogohlantirish va oqibatlarini bartaraf qilish bo'yicha harakatlarga doimiy tayyorgarlik kuchlari va vositalariga ega bo'lgan viloyat idoraviy tizimlari (AVK-V) bilan o'zaro ta'sirlashish AVK;
- potensial xavfli ob'ektlar va aholining hayot faoliyatini ta'minlash ob'ektlari DDSlari bilan o'zaro ta'sirlashish AVK;
- qidiruv-qutqaruv xizmati (MV QQX) hudud AVK;
- hudud FVK yong'in bo'linmalari va qismlari, aloqa punktlarining olisdagi ish joylari (abonentlar punktlari);
- integratsiyalangan aloqa va ma'lumotlarni uzatish tizimi (ATMU).

HODB avtomatlashtirilgan tizimi etarlicha tarmoqlangan topologiyali murakkab axborot tizimlari sinfiga kiradi. Tizim doimo rivojlantirilmoqda va kengaytirilmoqda. Uning tarkibiga ko'p sonli ATlar (50 ta atrofida) kiradi, ulardan har biri, o'z navbatida ma'lum o'zaro bog'langan tuzilmaviy elementlar majmuidan iborat. Istiqbolda HODB AT kamida viloyat ahamiyatdagi shaharlarga kiradigan (70 t tartibda) va u erda bo'lgan potensial xavfli ob'ektlarni (500 dan ortiq) qamrab olishi kerak. HODB AT tuzilmaviy qismlaridan har biri markaziy kompleks AT bilan va qo'shni tuzilmalar orasida ishonchli va barqaror aloqani talab qiladi. HODB AT kabi bunday hajmli va tuzilmaviy-murakkab tizimni hisoblash va baholash nisbatan yangi va juda sermashaqqat masala hisoblanadi.

AT uzluksiz rivojlantirish va modernizatsiyalashda emasligini, doimiy nazorat qilish va zarur ishonchlilikni saqlashga muhtoj ekanligini hisobga olganda tizimli

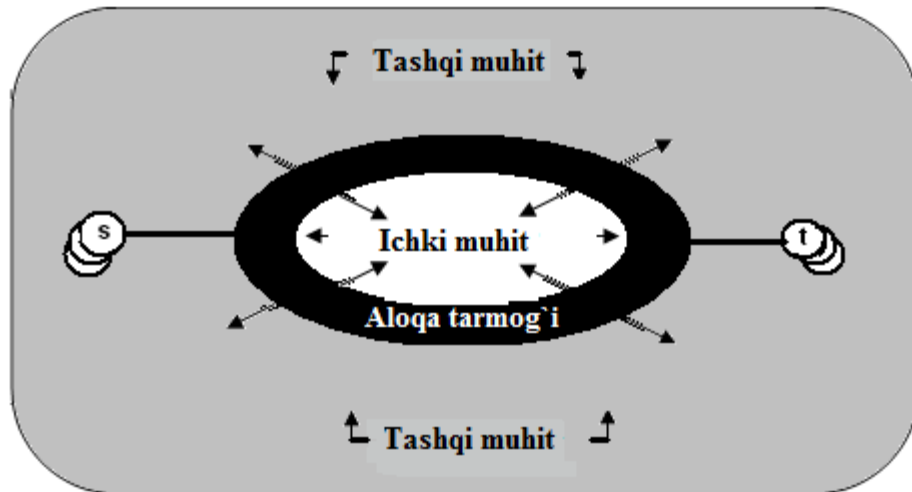
ishonchlilikni aniqlash uchun amaliy qo‘llashga qulay hisoblash usulini yaratishga alohida ehtiyoj vujudga keladi.

## **10.2.Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining ishonchlilik aspektlari**

HODB ATning (umuman tarmoq tuzilmasi ega bo‘lgan istalgan texnik tizimning) ishonchliligi deganda atrof-muhitning noqulay ta’siri sharoitlarida berilgan sifatda uning ishlash xususiyati tushuniladi. HODB AT ichki va tashqi komponentlarga bo‘linadi. HODB AT va atrof-muhitning shartli bunday o‘ziga xos o‘zaro ta’sirlashishi 10.3-rasmda keltirilgan. Bu erda HODB AT boshqarishni tashkiliy-texnik avtomatlashtirilishi va mos boshqarish punktlarining mansabdor shaxslari orasida ma’lumotlarni almashlashni ta’minlaydigan ATMU ( $s, t$ ) hisoblanadi. Aloqa tarmog‘i istalgan boshqarish tizimining, shu jumladan HODB ATning ham moddiy texnik asosi hisoblanishi qabul qilingan.

Tizimlarni loyihalashtirishda tizimli yondashish aksiomasi ma’lum: *“Ishonchli elementlarda qurilgan har qanday tizim (keng ma’noda) ishonchli hisoblanavermaydi va aksincha, ishonchsiz elementlardan (ya’ni ishonchli bo‘lmagan) ishonchli tizim qurish mumkin”*. Va bu haqiqatan ham shunday, chunki elementlar tashkil bo‘lish bilan mavjud yangi tuzilma – tizimning tuzilmasini hosil qiladi. Bunda tizim uning alohida elementlaridan hech biri ega bo‘lmagan prinsiplial yangi xossa – tuzilmaning bog‘langanlik xossasiga ega bo‘ladi.





10.3-rasm. HODB AT va atrof-muhitning o‘zaro ta’sirlari

SHu tufayli tizimlarning ishonchliligi muammosini ikkita jihatlar – elementli va tuzimaviy ishonchlilik jihatlari ajratiladi. Bunday ajratish mos masalalarni echilishining ma’lum teng huquqliligi bilan, tadqiqotlar predmetining farqi va uning metodologik ta’minoti bilan ham shartlanadi. Umuman olganda ishonchlilik elementli jihati masalalarini echish natijalari loyihalashtiriladigan tizimning tuzimaviy jihati masalalarini echish uchun dastlabki ma’lumotlar hisoblanadi.

HODB AT elementining ishonchliligi ko‘rsatkichi sifatida  $K_g$  tayyorlik koeffitsienti ishlatiladi, u bu elementni istalgan vaqt momentida yaroqli holatda bo‘lishi ehtimolligi sifatida qaraladi. Bu elementning turib qolish koeffitsientini  $K_p$  sifatida belgilaymiz, bunda  $K_g + K_p = 1$  bo‘ladi. Ba’zan  $K_G$  va  $K_p$  o‘rniga mos ravishda tizim elementining yaroqli  $p_i$  va yaroqsiz  $q_i$  holatlari ehtimolliklari ishlatiladi, ular uchun  $p_i + q_i = 1$  to‘g‘ri bo‘ladi.

Binobarin HODB ATning ishlashi jarayonida ma’lumotlarni  $s$  jo‘natuvchi va  $t$  oluvchi orasida ma’lumotlarni almashlash bo‘lib o‘tadi (bunday axborot yo‘nalishlari bir necha bo‘lishi mumkin, 3.3-rasmga qarang), tizimning

ishonchliligini hisoblashda asosiy o'lcham sifatida ikki qutbli tarmoqning bog'langanligi  $P_{s,t}$  ehtimolligi ishlatiladi.

$P_{s,t}$  deganda ihtiyoriy vaqt momentida  $s$  va  $t$  orasida kamida bitta ma'lumotlarni uzatish yo'li yaroqli holatda bo'lishi  $E_{s,t}$  hodisaning ehtimolligi tushuniladi. Bog'langanlikning  $P_{s,t}$  ehtimolligi mazmunan ikki qutbli tarmoqning  $K_g$  koeffitsienti bo'ladi.

Belgilash mumkinki, ikki qutbli tarmoqning bog'langanlik ehtimolligi tarmoq tuzilmasini texnik tizimlarning ko'plab stoxastik tuzilmaviy tarmoq xarakteristikalarining asosda yotadigan ko'rsatkichlari hisoblanadi (masalan, o'z vaqtidalik, operativlik, o'tkazish qobiliyati va h.k.).

### **10.3.Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining elementli aspekti**

Ishonchlilikni hisoblash xalqaro standartlarga muvofiq va HODB AT tuzilmasining o'ziga xos xususiyatlari, shuningdek uning dasturiy-texnik vositalarining xarakteristikalarini hisobga olish bilan amalga oshiriladi.

Tizim elementining ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash uchun matematik bog'liqliklarni aiqlashda quyidagi farazlar qabul qilingan:

- AT alohida elementlarining (texnik vositalarining) rad etishi tasodifiy mustaqil hodisalar – puasson taqsimot qonuni dispersiyasining tasodifiy kattaliklari hisoblanadi;

- ma'lumotlarni almashtirish texnik vositalari va traktlarining rad etishi va qayta tiklanishi vaqti uzluksiz tasodifiy kattaliklar hisoblanadi;

- HODB AT elementlarining rad etishlari bir-birlariga bog'liq emas, ya'ni tasodifiy mustaqil hodisalar hisoblanadi;

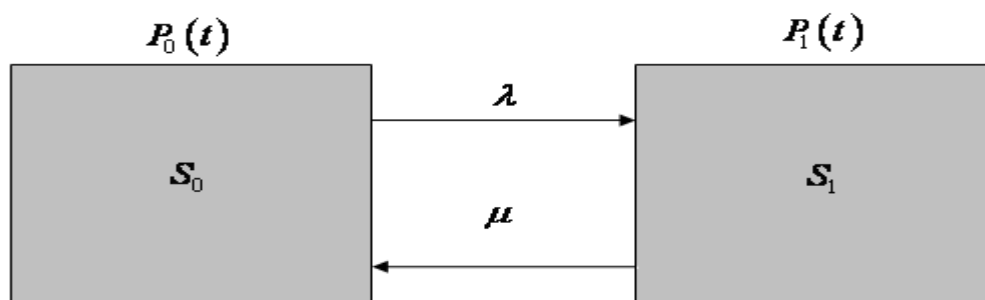
- HODB AT vositalarining dasturiy ta'minoti to'liq yaxshi yig'ilgan va rad etishlarga olib keladigan xatoliklarga ega emas.

Tuzilmaviy-murakkab tizimlar ishonchliligi elementli jihatlarining masalalarini echishning asosiy o‘ziga xos xususiyatlarini aytib o‘tamiz. Matematik tomondan texnik vositaning (TV)  $K_g$  tayyorlik koeffitsienti statsionar (o‘rnatilgan) ishlash jarayonida uning yaroqli holatining ehtimolligi hisoblanadi, u quyidagicha tavsiflanadi:

$$K_g = \lim_{t \rightarrow \infty} P_0(t) \quad (10.1)$$

$P_0(t)$  ehtimollikni topish uchun Markov tasodifiy jarayoni ishlatiladi. Agar diskret holatlarli va uzluksiz vaqtli tizimda kechadigan jarayon Markov jarayoni hisoblansa, u holda bu tizimning bo‘lishi mumkin ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) holatlarining  $P_0(t)$  ehtimolliklari uchun Kolmogorov chiziqli differensial tenglamalar tizimini tuzish mumkin.

Bu maqsad uchun HODB AT tarkibiga kiradigan zahiralanmaydigan qayta tiklanadigan TV belgilangan holatlar grafini ko‘rib chiqamiz. Bu grafning tuzilmasi 10.4-rasmida keltirilgan. Bu erda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:



10.4-rasm. Zahiralanmaydigan qayta tiklanadigan TV holatlar grafi

$S_0$  – TV ishlash qobiliyati holatda (rad etishgacha boshlang‘ich moment yoki qayta tiklashdan keyingi holat);

$S_1$  – TV ishlash qobiliyatini yo‘qotdi va uni qayta tiklash boshlandi;

$P_0(t)$  va  $P_1(t)$ - TVning mos ravishda  $S_0$  va  $S_1$  holatlarda bo‘lishi ehtimolliklari;

$\lambda$  -  $S_0$  holatdan  $S_1$  holatga o'tkazadigan TV rad etishlar oqimining intensivligi.  $\lambda$  parametr buzilmasdan o'rtacha ishlash vaqtidan foydalanish bilan quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{1}{T_0} \quad (10.2)$$

bu erda  $T_0$  – TVning buzilmasdan o'rtacha ishlash vaqti;  $\mu$  -  $S_0$  holatdan  $S_1$  holatga o'tkazadigan TVni qayta tiklanish intensivligi;  $\mu$  parametr o'rtacha qayta tiklanish vaqtidan foydalanish bilan quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{1}{T_B}, \quad (10.3)$$

bu erda  $T_v$  – TVning o'rtacha qayta tiklanish vaqti.

Bayon etilganlar va 10.4-rasmda tasvirlangan holatlar grafi hisobga olinganida Kolmogorov chiziqli differensial tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \end{aligned} \right\} \quad (10.4)$$

(10.4) ifoda orqali berilgan chiziqli differensial tenglamalar tizimini echish bilan  $P_0(0)=1$  va  $P_1(0)=0$  boshlang'ich shartlarda ehtimollik uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] \quad (10.5)$$

Binobarin, (3.136) ifodada  $t \rightarrow \infty$  bo'lganda  $\left( \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] \right) \rightarrow 0$  shart bajariladi:

$$K_r = \lim_{t \rightarrow \infty} P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (10.6)$$

Ma'lumki,  $\mu = 1/T_B$  va  $\lambda = 1/T_0$  bo'ladi. U holda (10.5) ifoda hisobga olinganida TV tayyorlik koeffitsienti yakuniy quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B} \quad (10.7)$$

SHunday qilib, HODB ATning ishonchliligi muammosi elementli jihatlarining asosiy masalalaridan biri tizim har bir elementining etarlicha katta kuzatish intervalida ((10.6) ifodadagi  $t \rightarrow \infty$ ) buzilmasidan o'rtacha ishlash vaqti va o'rtacha qayta tiklanish vaqti haqida statistik ma'lumotlarni to'plash va ishlov berish hisoblanadi.

#### **10.4.Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining strukturaviy aspekti**

Ikki qutbli tarmoqning bog'langanligi  $P_{s,t}$  ehtimolligini hisoblash usuli asosiga ma'lumotlarni s jo'natuvchi va t oluvchi orasidagi aloqa yo'li tushunchasi qo'yilgan (graflar nazariyasida aloqa yo'li tushunchasiga oddiy zanjir mos keladi). Aloqa yo'li (yoki ma'lumotlarni uzatish yo'li) deganda bir-birlari bilan ketma-ket ulangan, s jo'natuvchi va t oluvchini o'zaro bog'laydigan aloqa liniyalari va uzellari (halqalarsiz va parallellarsiz) tushuniladi.

Yo'lni  $n$  simvol bilan belgilaymiz. Umumiy holda ikki qutbli tarmoqda bunday yo'llar ko'plab bo'lishi mumkin, bu to'plamni quyidagi simvol bilan belgilaymiz:

$$H_{s,t} = \{\eta_n | n = 1, 2, 3, \dots, N\}, \quad (10.8)$$

bu erda  $|$  - "shartdagi" simvol,  $N$  – yo'llar soni. Binobarin, yo'l s va t punktlar orasidagi tarmoqning elementlarini ketma-ket ulanishidan iborat, u holda agar bu elementlarning barchasi yaroqli bo'lsa, yaroqli holatda bo'ladi. Bu erdan kelib chiqadiki, tarmoq elementlaridan kamida bittasi yaroqsiz bo'lsa, yo'l yaroqsiz bo'ladi.

$P_{s,t}$  ehtimollikni hisoblash asosiga yutilish samarasi hisobga olinadigan oddiy zanjirlarni birlashtirish usulini (OZBU) qo'yamiz. SHunda, OZBU  $P_{s,t}$  ehtimollikning aniq qiymatini hisoblashga imkon beradi.

Punktlarning bog‘langanligi  $E_{s,t}$  hodisasini tavsiflashni quyidagi so‘zli algoritm orali berish mumkin. Agar ixtiyoriy vaqt momentida  $\eta_{n=1}$  birinchi yo‘l yaroqli bo‘lsa, u holda ikki qutbli tarmoqda bog‘langanlik  $E_{s,t}$  hodisasi ro‘y beradi. Agar  $\eta_{n=1}$  birinchi yo‘l yaroqsiz bo‘lsa, u holda  $E_{s,t}$  hodisasi ro‘y berishi uchun  $\eta_{n=2}$  ikkinchi yo‘l yaroqli bo‘lishi kerak. Aks holda (ya‘ni  $\eta_{n=1}$  birinchi yo‘l va  $\eta_{n=2}$  ikkinchi yo‘l yaroqsiz bo‘lsa) s va t punktlarning bog‘langanligi hodisasi ro‘y berishi uchun ixtiyoriy  $t_0$  vaqt momentda  $\eta_{n=3}$  uchinchi yo‘l yaroqli bo‘lishi kerak. Bunday ketma-ket ko‘rib chiqish natijasida barcha N aloqa yo‘llari ixtiyoriy  $t_0$  vaqt momentda ikki qutbli tarmoqda  $E_{s,t}$  ro‘y beradi.

YUqorida keltirilgan ikki qutbli tarmoqni bog‘langanlik hodisasini tavsiflash algoritmini tahlil qilishdan kelib chiqadiki, bu hodisa  $n$ - nchi yo‘lning yaroqliligi hodisasi va barcha oldingi  $v = \overline{1, n-1}$  aloqa yo‘llarining yaroqsizlik hodisalarining mantiqiy ko‘paymasining N mantiqiy yig‘indisidan iborat.  $v = \overline{1, n-1}$  yozuv agar  $n$ - nchi yaroqli yo‘l qaralsa, u holda unga  $v$  tartib nomerlari 1 dan boshlanadigan va 1 qadam bilan  $n-1$  gacha ortadigan yo‘l turishini rasman ko‘rsatadi. SHuning uchun ba‘zan  $n$ - nchi yaroqli aloqa yo‘lini aniqlash quyidagicha bo‘ladi.

Umumiy holda ikki qutbli tarmoqning bog‘langanlik  $E_{s,t}$  hodisasi rasman mantiqiy munosabat sifatida quyidagi tarzda yozilishi mumkin:

$$E_{s,t} = \sum_{n=1}^N \overline{\eta_n} * \left( \overline{\eta_v} \mid \overline{\eta_n} \right), \quad (10.9)$$

bu erda  $\Sigma$  - mantiqiy yig‘indi ( $\vee$  o‘rniga),  $P$  – mantiqiy ko‘paytirish ( $\wedge$  o‘rniga),  $\overline{\eta_n}$  - k  $\overline{\eta_v}$ - oldingi  $n$ - nchi aloqa yo‘li yaroqsizligi hodisasi,  $(*)$  – tuzilmaviy bog‘liq hodisalarni mantiqiy ko‘paytirish simvoli.

Agar aloqa tarmog‘ining o‘sha bir elementi (yoki bir necha elementlari) kirs, u holda ular tuzilmaviy bog‘liq hisoblanadi. Binobarin, o‘sha bir element bir vaqtda yaroqli va yaroqli holatlarda bo‘lishi mumkin emas, u holda hodisalar ustida mos

operatsiyalarni bajarilishida bu tuzilmaviy bog‘liqlikni ma’lum qoidalar bo‘yicha echish zarur bo‘ladi.

Binobarin, keyingi  $p$ -nchi yaroqli yo‘lning yaroqliligi hodisasi shartsiz (8) hisoblanadi, u holda  $v$ -nchi oldingi yo‘ldan  $p$ -nchi yo‘lga kiradigan barcha elementlarni olib tashlash kerak. Kichik lotin harflari bilan aloqa yo‘llarini elementlarini belgilaymiz. U holda yuqorida tavsiflangan qoidani rasman quyidagicha berish mumkin:

$$\left. \begin{array}{l} \eta_n = \{a, b\} \\ (*) \\ \eta_v = \{a, c\} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \eta_n = \{a, b\} \\ (\bullet) \\ \eta_{v/n} = \{c\} \end{array} \right. \quad (10.10)$$

(10.10) ifodaning chap qismidan ko‘rinadiki, haqiqatan  $p$ - va  $v$ -nchi aloqa yo‘llari tuzilmaviy bog‘lik, chunki ularga o‘sha bir  $a$  element ulangan. SHuning uchun yo‘llar (operandlar) orasida (\*) simvoli turibdi. Binobarin,  $n$ -nchi aloqa yo‘lining yaroqliligi hodisasi ro‘y berishi uchun har ikkalla  $a$  va  $b$  elementlar yaroqli bo‘lishi zarur,  $a$  elementni  $v$ -nchi aloqa yo‘lidan olib tashlash kerak, chunki qolgan  $s$  elementning yaroqsiz holati  $v$ -nchi aloqa yo‘lining ham yaroqsizlik hodisasini ro‘y berishini ta’minlaydi. (10.10) ifodaning o‘ng qismida ko‘rsatilganki,  $n$ -nchi va  $v$ -nchi aloqa yo‘llari orasidagi o‘zaro tuzilmaviy bog‘liqlik muvaffaqiyatli echildi. SHuning uchun operandlar orasidagi (\*) simvol tuzilmaviy bog‘liq bo‘lmagan ko‘paytuvchilar ( $\bullet$ ) oddiy mantiqiy ko‘paytirishiga almashtirilgan. Bundan tashqari, (10.10) ifodaning o‘ng qismida  $v$ -nchi aloqa yo‘li  $v$ -nchi qoldiq aloqa yo‘liga almashtirilgan, unda  $\eta_{v/n}$  indeks bilan  $n$ -nchi aloqa yo‘liga kirmaydigan elementlar qolganligini ko‘rsatadi.

(10.10) ifodani hisobga olganda (10.9) munosabatni quyidagi tarzda yozish mumkin:

$$E_{s,t} = \sum_{n=1}^N \eta_n \bullet \prod_{v=1}^{n-1} \overline{\eta_{v/n}} \quad (10.11)$$

(10.9) ifodadan ko‘rinadiki, (\*) operatsiyasi faqat  $v$ -nchi qoldiq aloqa yo‘llari orasida saqlangan, chunki ular, o‘z navbatida, tuzilmaviy bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bu tuzilmaviy bog‘liqlik (\*) operatsiyasi bajarilishida quyida ko‘rib chiqiladigan ayrim rasman qoidalar bo‘yicha echilishi mumkin.

Agar operandlar bog‘liq bo‘lmasa, u holda (\*) operatsiyasi quyidagi qoida bo‘yicha bajariladi:

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{v/n} = \{a\} \\ \eta_{v+1/n} = \{b\} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\eta}_{v/n} * \bar{\eta}_{v+1/n} = \bar{a} * \bar{b} = \bar{a} \bullet \bar{b} = \bar{\eta}_{v/n} \bullet \bar{\eta}_{v+1/n} \quad (10.12)$$

Tuzilmaviy bog‘liq operandlar uchun (\*) operatsiyasi quyidagi qoidalar bo‘yicha bajariladi:

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{v/n} = \{a\} \\ \eta_{v+1/n} = \{a, b\} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\eta}_{v/n} * \bar{\eta}_{v+1/n} = \bar{a} * \overline{a \bullet b} = \bar{a} = \bar{\eta}_{v/n} \bullet \bar{\eta}_{v+1/n} \quad (10.13)$$

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{v/n} = \{a, b\} \\ \eta_{v+1/n} = \{a, c\} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\eta}_{v/n} * \bar{\eta}_{v+1/n} = \overline{a \bullet b} * \overline{a \bullet c} = \overline{a \bullet b \bullet c} = \bar{\eta}_{v/n} \bullet \bar{\eta}_{v+1/n} \quad (10.14)$$

$$\left. \begin{array}{l} \eta_{v/n} = \{a, (b \parallel c)\} \\ \eta_{v+1/n} = \{b, d\} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\eta}_{v/n} * \bar{\eta}_{v+1/n} = \overline{a \bullet \overline{b \bullet c}} * \overline{b \bullet d} = \overline{a \bullet b \bullet d} + \overline{a \bullet b \bullet c} = \bar{\eta}_{v/n} \bullet \bar{\eta}_{v+1/n} \quad (10.15)$$

(10.15) ifodada  $\parallel$  simvol bilan elementlarnig parallel ulanishi belgilangan. (10.13) qoida yutilish qoidasi deyiladi. Uning bajarilishi hisoblashlar hajmini sezilarli qisqarishiga olib keladi.

SHunday qilib, tuzilmaviy jihat masalasini echilishi tahlil qilinadigan ikki qutbli tarmoqda ma’lumotlarni uzatish yo‘llari to‘plamini aniqlashga va (10.10) munosabat va (10.13)-(10.15) rasman qoidalar yordamida  $s$  va  $t$  punktlarning bog‘langanlik  $E_{s,t}$  hodisalarini tavsiflashga keladi. Keyin  $E_{s,t}$  hodisani mantiqiy berilishi shakliga tayanish bilan tahlil qilinadigan ikki qutbli tarmoq bog‘langanlik  $P_{s,t}$  ehtimolligini hisoblash formulasini olish zarur bo‘ladi. Buning uchun



$E_{s,t}$  hodisadagi mavjud mantiqiy ifodalarni quyidagi qoidalar bo'yicha arifmetik ifodalarga almashtirish zarur:  $a$  ni  $p_a, \bar{a}$  ga,  $q_a, a \bullet b$  ni  $P_a \times P_b$  ga,  $\overline{a \bullet b}$  ni  $1 - P_a \times P_b$  ga,  $\overline{\overline{a \bullet b \bullet c}}$  ni  $1 - p_a \times (1 - q_b \times q_c)$  ga va h.k. (arifmetik ifodalarda «x» ko'paytirish simvolini yozmaslik mumkin). Aniq bir dastlabki ma'lumotlarni olingan formulaga qo'yish bilan va mos arifmetik operatsiyalarni bajarish bilan qidirilayotgan  $P_{s,t}$  ehtimollik qiymatini hisoblash mumkin bo'ladi.

### **10.5. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining ishonchliligini hisoblash**

Hududning birlamchi aloqa tarmoqlari sezilarli katta o'lchamlarga ega bo'ladi, katta uzunlikdagi (chiziqli turdagi) inshootlar ko'pincha yuzlab kilometrlarni tashkil etadi. SHuning uchun hududiy operativ-dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimini (HODB AT) va uning aloqa tarmog'ining ishonchliligini baholashda nafaqat texnik inshootlarning (aloqa uzellari va markazlarining), balki aloqa liniyalarining yakuniy ishonchliligini hisobga olish zarur.

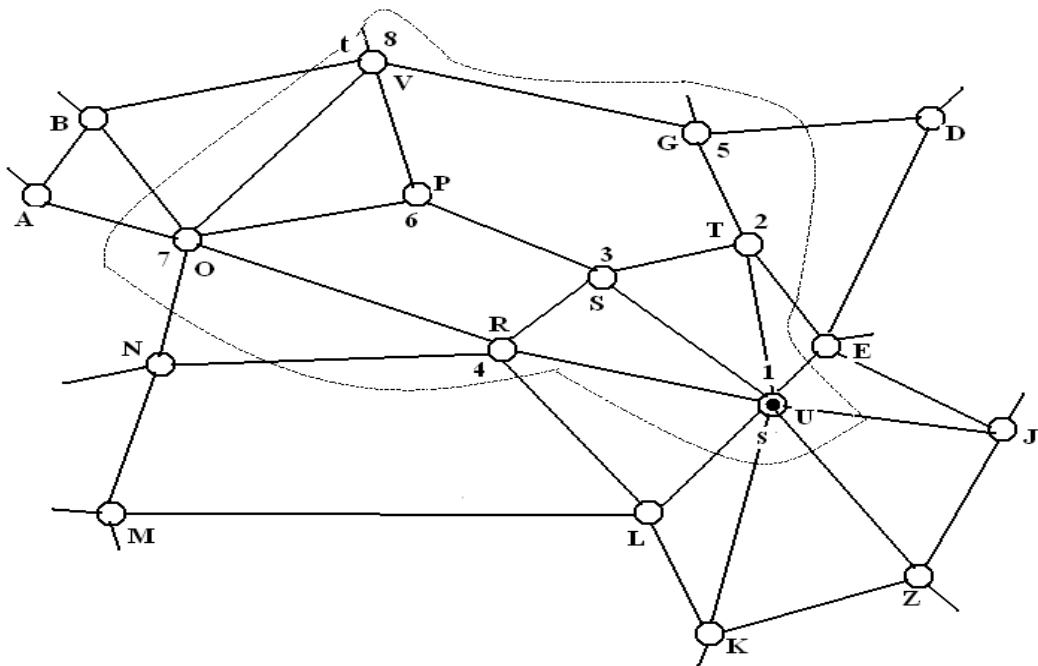
Quyida HODB ATning viloyat qaramog'idagi tumanlar va shaharlar aloqa uzellari, shuningdek bu uzellarni bog'laydigan aloqa uzellarini o'z ichiga oladigan markaz bilan birlamchi aloqa tarmog'i fragmentining tuzilmasi ko'rib chiqiladi.

HODB etarlicha katta (39 ta tuman darajasidagi HODB va 18 ta shahar taasarufidagi HODB) deb olamiz, hisoblashlarni quyidagi tarzda o'tkazish maqsadga muvofiq. Ishonchlilikni baholash uchun faqat bitta HODB markazidan qandaydir tuman HODBga axborot yo'nalishini aylanma (zahira) aloqa yo'llarini berish bo'yicha tarmoqning etarlicha katta potensial imkoniyatlarini ko'rsatish mumkin bo'ladigan tarzda tanlaymiz. Zarurat bo'lganida tahlil qilinadigan axborot yo'nalishlari ro'yxati kengaytirilishi mumkin.

10.4-rasmda HODB AT birlamchi aloqa tarmog'ining fragmenti tasivrlangan. Bu erda ton berilgan soha bilan birlamchi tarmoqning ayrim qismi ajratilgan bo'lib,

u bo'yicha HODB YADM va  $k$ -nchi tuman HODB YADM orasida o'zaro ta'sirlashish (ya'ni ma'lumotlarni almashlash) bo'lib o'tadi. Tarmoqning bu qismidagi aloqa uzellari 1 dan 8 gacha raqamlar bilan belgilangan. Aniqlik uchun ma'lumotlarni jo'natuvchi hududning markazida joylashgan (№ 1 aloqa uzeli  $s$  simvol bilan belgilangan), oluvchi esa  $k$ -nchi tuman HODB boshqarish punktida (BP) joylashgan (№ 8 aloqa uzeli  $t$  simvol bilan belgilangan) deb qabul qilamiz. № 2-7 aloqa uzellari bu axborot yo'nalishida tranzit uzellar sifatida qaraladi.

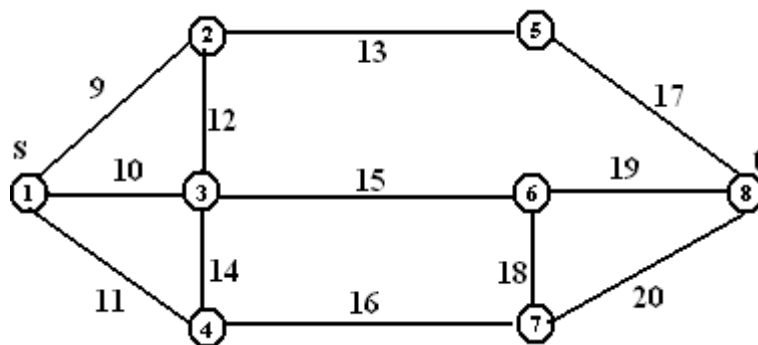
Binobarin, tarmoqning bu fragmentida aloqa uzellari va liniyalari ishonchsiz hisoblanadi, u holda tahlil qilinadigan axborot yo'nalishining matematik modeli sifatida mos ikki qutbli tarmoqning tasodifiy nomerlangan grafini qabul qilamiz. Grafning balandliklariga aloqa uzellari ( $s$ ,  $t$  va tranzit uzellar), grafning qirralariga esa mos ravishda ajratilgan aloqa uzellarini bog'laydigan liniyalar mos keladi.



10.5-rasm. HODB AT birlamchi aloqa tarmog'ining fragmenti

10.4-rasmda MOOSODU ATda tahlil qilinadigan axborot yo‘nalishi (10.5-rasmga qarang) birlamchi aloqa tarmog‘ining qismini rasman tavsiflaydigan tasodifiy nomerlangan ikki qutbli tarmoq grafining tuzilmasi tasvirlangan.

10.5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, tasodifiy graf 8 ta cho‘qqilar va 12 ta qirralardan tashkil topgan, ya’ni grafda hammasi bo‘lib 20 ta elementlarga ega. 10.1-jadvalda uzellar va aloqa liniyalarining rad etmasdan ishlash vaqti haqida ma’lumotlarga statistik ishlov berish va (10.12) ifodadan foydalanish bilan hisoblashlar natijasida olingan bu elementlar tayyorlik koeffitsientlarining sonli qiymatlari (yaroqlilik holati ehtimolliklari) keltirilgan.



10.6-rasm. Ikki qutbli tarmoq tasodifiy qayta nomerlangan grafining strukturasi

Ta’kidlash kerakki, odatda ilmiy-texnik maqolalarda mos hisoblashlarda tasodifiy graflar elementlarining  $p_i$  sonli qiymatlari soddalashtirish uchun bir xil olinadi. Masalan,  $p_i = 0,9$  olinadi. Bunda mualliflar “aga bu tushunmovchiliklarni keltirib chiqarmasda...” deyishga majbur bo‘ladi. Bu erda (10.1-jadvalda) MO aloqa tarmog‘ininng tahlil qilinadigan fragmenti elementlarining  $p_i$  ehtimolliklari keltirilgan bo‘lib, ularning sonli qiymatlari bu elementlarning rad etmasdan ishlash vaqti haqidagi statistik ma’lumotlarining to‘liq emasligi orqali aniqlanadigan xatoliklar hisobiga bir-birlaridan sezilarli farqlanadi. SHuningdek yana ta’kidlash kerakki, OZBU elementli jihat masalalarini echilishi aniqligi (ya’ni  $p_i$  ehtimollikni

hisoblash) OZBU aniqligi kafolatlari chegaralaridan tashqarida yotishi koʻzda tutilishi bilan  $P_{s,t}$  ehtimollikning aniq qiymatini hisoblashga imkon beradi.

Tahlil qilinadigan axborot yoʻnalishining ishonchliligiga quyidagi talab qoʻyilgan boʻlsin: istalgan vaqt mobaynida HODB BPni  $k$ -nchi tuman HODB BP bilan bogʻlanganlik ehtimolligi quyidagidan kichik boʻlmasligi kerak:

$$P_{s,t_{TP}} = 0,999, \quad (10.16)$$

bu erda  $P_{s,t_{TP}}$  - mos ikki qutbli tarmoq bogʻlanganlik ehtimolligining talab qilinadigan qiymati

10.1-jadval

Aloqa tarmogʻining tahlil qilinadigan fragmenti elementlarining  $p_i$  ehtimolliklari

Elementning nomeri, $i$	Yaroqli holat ehtimolligi, $p_i$	Elementning nomeri, $i$	Yaroqli holat ehtimolligi, $p_i$
1	0,997	11	0,973
2	0,990	12	0,996
3	0,994	13	0,939
4	0,987	14	0,994
5	0,956	15	0,956
6	0,999	16	0,978
7	0,998	17	0,942
8	0,992	18	0,959
9	0,994	19	0,978
10	0,954	20	0,983

Koʻrinib turibdiki, maʼlumotlarning  $p_i$  ehtimolligi (ikki qutbli tarmoqni bogʻlanganligi joʻnatuvchi va oluvchining (yaʼni  $s$  va  $t$  balandliklarning) ishonchliligi deb koʻzda tutish bilan hisoblanadi).  $S$  va  $t$  balandliklarning ishonchsizligini hisobga olish zurratida ikki qutbli tarmoqning bogʻlanganligi

bunday  $P_{s,t}^{\oplus}$  ehtimolligini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanish kerak bo‘ladi:

$$P_{s,t}^{\oplus} = p_s \times p_{s,t} \times p_t, \quad (10.17)$$

bu erda  $R_s$  va  $p_t - s$  va  $t$  balandliklar tayyorlik koeffitsientlari.

Aloqani o‘rnatilishi algoritmini  $A_{s,t}$  simvol bilan belgilaymiz.  $A_{s,t}$  algoritmgga quyidagi talab qo‘yilsin:

$$\{A_{s,t} : (\delta_{s,t} \geq 0)\} \Rightarrow \forall \eta_n \in H_{s,t} \left[ \frac{|\eta_n - 1|}{2} \leq \delta_{s,t} \right] \quad (10.18)$$

bu erda  $\delta_{s,t}$  - u yoki bu aloqa yo‘liga kiradigan tranzit aloqa uzellari soniga cheklash. Ko‘rib chiqilayotgan hol uchun  $6,1 = 3$  berilgan bo‘lsin (10.5-rasmga qarang). Umumiy holda ( $0 \leq \delta_{s,t} \leq K - 2$ ) ekanligini hisoblash olish kerak bo‘ladi, bu erda  $K$  – ikki qutbli tarmoqdagi uzellar soni.

Aloqani o‘rnatilishi algoritmgiga muvofiq tahlil qilinadigan axborot yo‘nalishida  $s$  va  $t$  balandliklar orasida ko‘plab aloqa yo‘llarini shakllantiramiz. Ma’lumotlarni uzatish traktida uchtdan ortiq bo‘lmagan tranzit uzellarga ruxsat etadigan aloqa yo‘llarining ro‘yhati 10.2-jadvalda keltirilgan.

10.2-jadval

Tranzit uzelli aloqa yo‘llarining ro‘yhati

Aloqa yo‘lining nomeri, $p$	Aloqa yo‘liga kiradigan graf elementlari
1	9,2,13,5,17
2	9,2,12,3,15,6,19
3	10,3,12,2,13,5,17
4	10,3,15,6,19
5	10,3,15,6,18,7,20
6	10,3,14,4,16,7,20
7	11,4,14,3,15,6,19

8	11,4,16,7,18,6,19
9	11,4,16,7,20

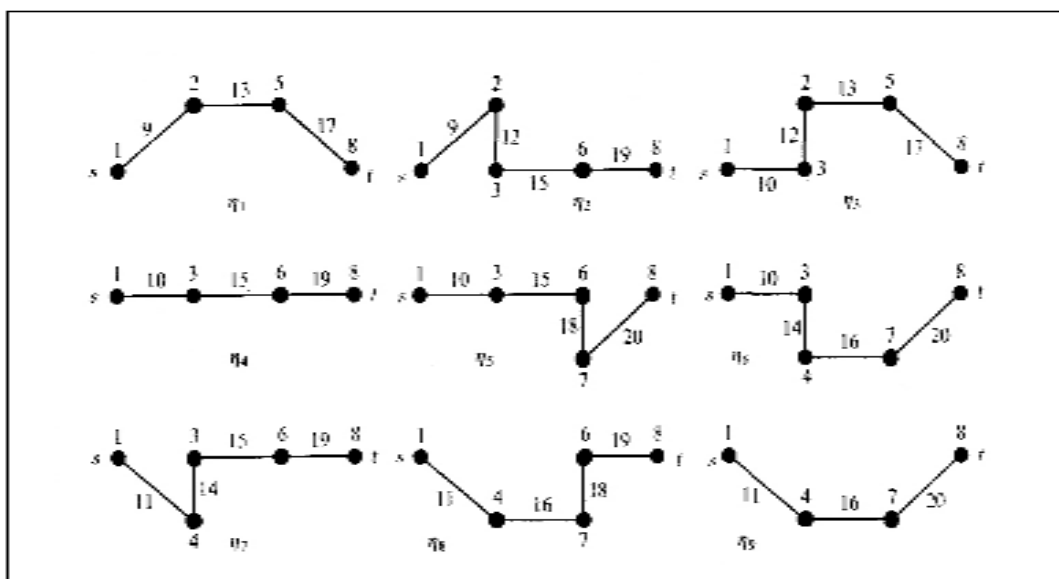
10.6-rasmda elementlari 10.2-jadvalda keltirilgan aloqa yo‘llari tuzilmalari keltirilgan. Ko‘rish mumkinki, barcha yo‘llarning tuzilmalari o‘zar kesishadi. SHuning uchun tahlil qilinadigan bog‘langanlik hodisasini to‘g‘ri tavsiflash uchun yutilish samarasi hisobga olinadigan yuqorida keltirilgan OZBUda foydalanish zarur.

(10.17) asosiy munosabat, 10.2-jadvaldan aloqa yo‘llari to‘plami (bu erda  $n=\overline{1,9}$  va  $N=9$ )  $v-x$  qoldiq yo‘llarni shaklantirish (10.16) qoidasi va ularni ko‘paytirish (10.13)-(10.15) qoidalaridan foydalanish bilan tahlil qilinadigan ikki qutbli tarmoqda bog‘langanlik  $E_{s,t}$  hodisasini quyidagi tarzda tavsiflash mumkin:

$$\begin{aligned}
E_{s,t} = & 9 \bullet 2 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 + 9 \bullet 2 \bullet 12 \bullet 3 \bullet \\
& \bullet 15 \bullet 6 \bullet 19 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 + 10 \bullet 3 \bullet 12 \bullet \\
& \bullet 2 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 9 + 10 \bullet 3 \bullet 15 \bullet 6 \bullet 19 \bullet \\
& \bullet \left( \overline{\overline{\overline{\overline{2 \bullet 9 \bullet 12 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 + 9 \bullet 2 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 12}}}} \right) + 10 \bullet \\
& \bullet 3 \bullet 15 \bullet 6 \bullet 18 \bullet 7 \bullet 20 \bullet 19 \bullet \left( \overline{\overline{\overline{\overline{2 \bullet 9 \bullet 12 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 + 9 \bullet 2 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 12}}}} \right) + \\
& + 10 \bullet 3 \bullet 14 \bullet 4 \bullet 16 \bullet 7 \bullet 20 \bullet 15 \bullet 6 \bullet 19 \bullet 18 \bullet \left( \overline{\overline{\overline{\overline{2 \bullet 9 \bullet 12 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 + 9 \bullet 2 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17}}}} \right) + \\
& + 11 \bullet 4 \bullet 14 \bullet 3 \bullet 15 \bullet 6 \bullet 19 \bullet 10 \bullet \overline{2 \bullet 9 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 12} + 11 \bullet 4 \bullet 16 \bullet \\
& \bullet 7 \bullet 18 \bullet 6 \bullet 19 \bullet \left( \overline{2 \bullet (3 \bullet 10 \bullet 14 \bullet 15 + 10 \bullet 3 \bullet 15 \bullet 14 \bullet 20)} \right) \\
& + 2 \bullet \overline{9 \bullet (3 \bullet 10 \bullet 14 \bullet 15 + 10 \bullet 3 \bullet 15 \bullet 14 \bullet 20)} \\
& \bullet \overline{12 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 14 \bullet 20} + 9 \bullet \overline{13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet} \\
& \bullet \overline{\overline{\overline{\overline{3 \bullet 15 \bullet 10 \bullet 14 \bullet 20}}} + 3 \bullet 15 \bullet 12 \bullet
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \bullet \overline{10 \bullet 14})) + 11 \bullet 4 \bullet 16 \bullet 7 \bullet 20 \bullet (\overline{2 \bullet (3 \bullet} \\
& \bullet \overline{18 \bullet 6 \bullet 19} + 3 \bullet (\overline{10 \bullet 6 \bullet 19 \bullet 14 \bullet 15 \bullet 18} + \\
& + 10 \bullet \overline{14 \bullet (6 \bullet 15 \bullet 18 \bullet 19} + 15 \bullet 16 \bullet \\
& \bullet \overline{19 \bullet 18 \bullet})) + 2 \bullet 9 \bullet (3 \bullet \overline{18 \bullet 6 \bullet 19} + \\
& + 3 \bullet (\overline{10 \bullet 6 \bullet 19 \bullet 14 \bullet 15 \bullet 18} + 10 \bullet \\
& \bullet \overline{12 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet 14 \bullet (6 \bullet 15 \bullet 18 \bullet 19} + \\
& + 15 \bullet 6 \bullet \overline{19 \bullet 18 \bullet})) + 9 \bullet 13 \bullet 5 \bullet 17 \bullet \\
& \bullet (\overline{3 \bullet 18 \bullet 6 \bullet 19} + 3 \bullet (\overline{6 \bullet 15 \bullet 18 \bullet 19 \bullet} \\
& \bullet \overline{10 \bullet 14} + 15 \bullet 6 \bullet (\overline{19 \bullet 10 \bullet 18 \bullet 14} + \\
& + 19 \bullet \overline{12 \bullet 10 \bullet 14 \bullet 18 \bullet}))
\end{aligned} \tag{10.19}$$

(10.19) tavsifga muvofiq  $E_{s,t}$ , hodisa, ikki qutbli tarmoq bog‘langanligi  $P_{s,t}$ , ehtimolligining sonli qiymati quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:



10.7-rasm. 10.2-jadval bo‘yicha aloqa yo‘llari tuzilmalari

(10.19) formulaga  $p_i$  va  $q_i = 1 - p_i$  sonli qiymatlarni qo‘yamiz (10.1-jadvalga qarang) va mos hisoblashlarni bajaramiz. Natijada tahlil qilinadigan ikki qutbli tarmoq bog‘langanlik ehtimolligining sonli qiymatini olamiz:

$$\begin{aligned}
P_{s,t} = & p_9 p_2 p_{13} p_5 p_{17} + p_9 p_2 p_{12} p_3 p_{15} p_6 p_{19} (1 - p_{13} p_5 p_{17} + \\
& + p_{10} p_3 p_{12} p_2 p_{13} p_5 p_{17} q_9 + p_{10} p_3 p_{15} p_6 p_{19} ((1 - p_2 (1 - \\
& - p_{12} p_{13} p_5 p_{17}))) + p_9 p_2 (1 - p_{13} p_5 p_{17}) q_{12}) + \\
& + p_{10} p_3 p_{15} p_6 p_{18} p_7 p_{20} q_{19} ((1 - p_2 (1 - q_9 (1 - p_{12} p_{13} p_5 p_{17}))) + \\
& + p_9 p_2 (1 - p_{13} p_5 p_{17})) + p_{10} p_3 p_{14} p_4 p_{16} p_7 p_{20} (1 - p_{15} p_6 (1 - q_{19} q_{18})) \times \\
& \times ((1 - p_2 (1 - q_9 (1 - p_{12} p_{13} p_5 p_{17}))) + p_9 p_2 (1 - p_{13} p_5 p_{17})) + \\
& + p_{11} p_4 p_{14} p_3 p_{15} p_6 p_{19} q_{10} (1 - (1 - p_{13} p_5 p_{17}) q_{12})) + p_{11} p_4 p_{16} p_7 p_{18} p_6 p_{19} \times \\
& \times (q_2 ((1 - p_3 (1 - q_{10} (1 - p_{14} p_{15}))) + p_{10} p_3 q_{15} (1 - p_{14} p_{15}))) + p_{10} p_3 q_{15} (1 - p_{14} p_{20})) + \\
& + p_9 (1 - p_{13} p_5 p_{17}) ((1 - p_3 (1 - q_{15} (1 - p_{10} p_{14} p_{20}))) + p_3 p_{15} p q_{12} q_{10} q_{14}))) + \\
& + p_{11} p_4 p_{16} p_7 p_{20} (q_2 (q_3 (1 - p_{18} p_6 p_{19})) + p_3 (q_{10} (1 - p_6 p_{19} (1 - (1 - p_{14} p_{15}) q_{18}))) + \\
& + p_{10} q_{14} ((1 - p_6 (1 - q_{15} (1 - p_{18} p_{19}))) + p_{15} p_6 q_{19} q_{18}))) + p_2 q_9 (q_3 (1 - p_{18} p_6 p_{19})) + \\
& + p_3 (q_{10} (1 - p_6 p_{19} (1 - (1 - p_{14} p_{15}) q_{18}))) + p_{10} (1 - p_{12} p_{13} p_5 p_{17}) q_{14} ((1 - p_6 (1 - q_{15} (1 - \\
& - p_{18} p_{19}))) + p_{15} p_6 q_{19} q_{18}))) + p_9 p_2 (1 - p_{13} p_5 p_{17}) (q_3 (1 - p_{18} p_6 p_{19})) + p_3 ((1 - p_{10} p_{14}) + \\
& + p_{15} p_5 (q_{19} (1 - p_{10} (1 - q_{18} q_{14})) + p_{19} q_{12} q_{10} q_{14} q_{18})))
\end{aligned} \tag{10.20}$$

$$P_{s,t} = 0,999539 \tag{10.21}$$

(10.21) ifodadan olingan natija bo'yicha ko'rish mumkinki,  $s$  va  $t$  balandliklar ishonchliliklarini hisobga olmaganda ikki qutbli tarmoq bog'langanlik ehtimolligi talab qilinadigan (10.20) qiymatni qoniqtiradi, chunki

$$(P_{s,t} = 0,999539) > (P_{s,t} = 0,999) \tag{10.22}$$

Agar  $s$  va  $t$  balandliklar yakuniy ishonchliliklari hisobga olinsa, u holda 10.1-jadvalda keltirilgan ularning  $p_i$  va  $p_8$  yaroqlilik holatlari ehtimolliklarini sonli qiymatlari, (10.22) tahlil qilinadigan ikki qutbli tarmoq bog'langanlik ehtimolligi  $P_{s,t}^{\oplus} = 0,988568$ , ya'ni HODB BP –  $k$ -nchi tuman HODB BP axborot yo'nalishi ishonchliligiga talablar bajarilmaydi. Keltirilgan holda o'zgarmas  $s$  va  $t$  balandliklar ishonchliliklarida  $P_{s,t} = 0,999$  talabni bajarilishiga hatto tuzilmaviy murakkab tizimlar ishonchliliklarini oshirishning har qanday prinsiplari ishlatilganda ham erishib bo'lmaydi.



## Nazorat savollari

1. Operativ dispetcherlik boshqarishning maqsadi va vazifalari.
2. Favqulodda vaziyatlarda telekommunikatsiya tarmoqlarining o'ri va roli.
3. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarishning (HODB) ishonchliligini tushintiring.
4. HODB ning avtomatlashtirilgan tizimini (AT) ekspluatatsiyalashda, birinchi navbatda nimaga e'tibor berish lozim?
5. Tizimlarni loyihalashtirishda tizimli yondashishning ma'lum aksiomasini keltiring.
6. HODB AT elementining ishonchliligi ko'rsatkichi sifatida niani qabul qilish mumkin?
7. HODB AT ishonchliligining elementli aspektini tushintiring.
8. HODB AT ishonchliligining strukturaviy aspektini tushintiring.
9. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimi ishonchliligini hisoblashga yondashuvlarni tushintiring.
10. HODB AT ishonchliligini hisoblash Markov tasodifiy jarayoni va Kolmogorov chiziqli differensial tenglamalar tizimini roli nimada?

## XULOSA

Rivojlangan mamlakatlarning telekommunikatsiya tizim va tarmoqlaridan foydalanish tajribasining taxlili, shuningdek ITU-T va bir qator yirik, etakchi kompaniyalar bajargan tadqiqotlar telekommunikatsiya soxasining texnik va texnologik rivojlanishi yangi bosqichga ko'tarilganligini aniqlaydi. Bunda quyidagilarga katta e'tibor berilmoqda:

- “transport tarmog‘i – kirish tarmog‘i” konsepsiyasining rivojlantirish;
- transport tarmog‘ida yuqori tezlikli optik-tolali uzatish tizimlarini joriy etish;
- tarmoqda xalqali strukturani joriy etish;
- multimedia xizmatlarini keng joriy etish, rivojlantirish va x.k.

Telekommunikatsiya soxasining ko'rsatilgan rivojlanish tendensiyalarini amalga oshirish uchun mos texnik vositalardan foydalanish zarur, ular bir tomondan, axborotni uzatish, saqlash va qayta ishlash bo'yicha foydalanuvchilarning zamonaviy talablarini qondirishi, boshqa tomondan esa, xam foydalanuvchilar, xam aloqa operatorlari uchun rentabellik bo'yicha talablarni qondirishi lozimdir.

Turli xil telekommunikatsiya tarmoqlarini qurishda optimal variantni tanlash turli xil mezonlar asosida amalga oshiriladi, va eng muhim omillardan biri bu – tarmoq ishonchliligidir. Ammo, hozirgacha aloqa tarmoqlarining ishonchliligi murakkab tizimlar kabi aniq o'lchaydigan tushuncha mavjud emas. Bu aloqa tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlarini tanlashda, qoida bo'yicha oddiy tizimlar nazariyasi tushunchalaridagi ko'rsatkichlardan foydalanish bilan bog'liq. Murakkab tizimlarni baholashda asosiy ko'rsatkich sifatida, alohida elementlarning ishdan chiqishida, tizimning asosiy funkcionalligi qay darajada bo'lishi hisobga olinadi. Murakkab tizimlarining, xususan telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlarini baholash dolzarb masalalardan biridir.

Xozirda ishonchlilik masalalariga jiddiy e'tibor berilishi kerak bo'ladi. Chunki, telekommunikatsiyani hayotning barcha jabhalariga faol kirib bormoqda va

bozor erkinlashtirishi tufayli ortib borayotgan raqobat, foydalanuvchilar tomonidan sifatga talablar ortishi, aloqa operatorlarini xizmat ko'rsatish sifati (Quality of Service, QoS) haqida o'ylash ko'proq tashvishga solmoqda. Ham oxirgi foydalanuvchilar bilan, ham operatorlar o'rtasida tuzilgan xizmat ko'rsatish darajasi bo'yicha kelishuvlar (Service Level Agreement, SLA), zamonaviy bozor munosabatlarida muhim atribut bo'lib bormoqda. Ishonchlilik esa QoS ga ta'sir etuvchi o'ta muhim omilga aylanmoqda, shu sababli ishonchlilikka (ko'p xollarda tayyorlik) talablar amalda deyarli barcha SLA ga kiritilgan. Bu holda, SLA da "me'yordan ortiqcha" uzilishlar uchun, qoida tariqasida, shtraf sanksiyalari ko'zda tutilgan.

Mijozlarning noroziligi va kompaniyalarning imidji yomonlashishiga bog'liq bo'lgan yo'qotishlar haqida unutmasligimiz kerak, ular quyidagilar bilan o'zaro bog'liq:

- norozi mijozlarni raqobatchilarga o'tib ketishi;
- potensial mijozlar nazarida operator jozibadorligining kamayishi;
- mavjud va potensial hamkorlar, aktsiyadorlar va investorlar uchun kompaniyaning jozibadorligini kamayishi.

Bugungi kunda aloqa texnologiyalari sohasida tub o'zgarishlar (radikal) yuz bermoqda. Kanallar kommutatsiyasi o'rniga paketlar kommutatsiyasi kirib kelmoqda, transport va kirish tarmoqlarida yangi texnologiyalari joriy etilmoqda, yangi protokollar qo'llanilmoqda. Bunday yangilanishlar, odatda tezkor sur'atlar bilan olib borilmoqda, bu esa yo'qotishlar bilan, jumladan ishonchlilida yo'qotishlar bilan bog'liqdir. Bu bir tomondan, aloqa tarmoqlarida etarlicha sinovdan o'tmagan, xom mahsulotlar va echimlardan foydalanish, boshqa tomondan esa, kompaniyalar-operatorlarning xizmat ko'rsatish xodimlari yangi texnologiyalarga xizmati ko'rsatishga tayyorlangan emasligi bilan bog'liqdir. SHu munosabat bilan yangi uskunalarni yana bir bor puxta va keng qamrovli sinovlardan o'tkazishga, unga xizmat ko'rsatadigan mutaxassislarni o'qitish va umuman olganda yangi

texnologiyalarni ekspluatatsion jarayonlarini takomillashtirishga e'tibor qaratish zarur.

Jaxonda jamiyatni global axborotlashtirish g'oyasi xayotning xamma jabxalarini maksimal axborotlashtirishni talab qiladi. Zamonaviy axborotlashtirilgan dunyoda axborotlashtirish darajasi mamlakatning raqobatbardoshligi va xavfsizlikni ta'minlaydi. Mamlakatni axborotlashtirish darajasi ko'p jixatdan telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishiga bog'liqdir. Zamonaviy telekommunikatsiya soxasi mutaxassisi – nafaqat malakali bakalavr va magistr, balki yangi jamiyat quruvchisidir va uning mexnati maxsuliga mamlakat xalqining ravnaqi bog'liqdir.

## NAZORAT TESTLARI

### 1. Telekommunikatsiya bu .....

A.....uzoqqa yuborish

B.....uzoqdan bogʻlanish

S.....uzoqdan keltirish

D.....uzoqqa tashish

### 2. Telekommunikatsiya tarmoqlari bu .....

A..... axborotlarni istalgan masofada saqlash imkonini beradigan texnik qurilmalar majmui

B.....axborotlarni istalgan vaqt va masofada almashtirish imkonini beradigan texnik qurilmalar majmui

S.....axborotlarni istalgan masofada almashtirish imkonini beradigan texnik qurilmalar majmui

D.... axborotlarni istalgan vaqtgacha saqlash imkonini beradigan texnik qurilmalar majmui

### 3. Telekommunikatsiya tarmoqlari tarkibi....

A..... oxirgi qurilmalar, aloqa kanallari va liniyalar, bufer uzellari va boshqarish tizimlari

B..... oxirgi qurilmalar, aloqa kanallari va liniyalar, kommunikatsiya uzellari va hisob-kitob tizimlari

S.... oxirgi qurilmalar, aloqa kanallari va liniyalar, xotira uzellari va boshqarish tizimlari

D....oxirgi qurilmalar, aloqa kanallari va liniyalar, kommunikatsiya uzellari va boshqarish tizimlari

#### **4. Telekommunikatsiya tarmoqlari tarmoqlarning asosiy klassifikatsion xarakteristikalarini**

**A.** Uzatiladigan xabarlar turi. Xabarlarni uzatish tezligi. Kommutatsiya turlari. Ishlatiladigan aloqa kanallari turi.

**B.** Uzatiladigan xabarlar turi. Xabarlarni qabul qilish tezligi. Kommutatsiya turlari. Ishlatiladigan aloqa kanallari turi

**S.** Uzatiladigan xabarlar turi. Xabarlarni taqsimlash tezligi. Kommutatsiya turlari. Ishlatiladigan aloqa kanallari turi.

**D.** Uzatiladigan xabarlar turi. Xabarlarni tuzatish tezligi. Kommutatsiya turlari. Ishlatiladigan aloqa kanallari turi.

#### **5. Telekommunikatsiya uzatish tizimi strukturasi quyidagi uzellar kiradi:**

**A.** Xabar manbai va iste'molchisi, xabarni signalga va signalni xabarga o'zgartirgichlar, uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalar.

**B.** Xabar manbai va iste'molchisi, xabarni signalga va signalni xabarga o'zgartirgichlar, uzatuvchi va qabul qiluvchi qurilmalar, yo'naltiruvchi tizim.

**S.** Xabar manbai, signalni xabarga o'zgartirgich, uzatuvchi qurilma, yo'naltiruvchi tizim, xabarni nazoratlash qurilmasi

**D.** Xabar iste'molchisi, xabarni signalga o'zgartirgich, qabul qiluvchi qurilma, yo'naltiruvchi tizim, xabarni nazoratlash qurilmasi

#### **6. Zamonaviy aloqa tizim va tarmoqlarining nazariy asoslarini ..... aniqlaydi.**

**A.** Aloqaning taqsimlangan sathli arxitekturasi

**B.** Aloqaning mono sathli arxitekturasi

**S.** Aloqaning ko'p sathli arxitekturasi

**D.** Aloqaning sathsiz arxitekturasi

#### **7. Telekommunikatsiya tizimining asosiy funksional vazifasi .....**

**A.....** tushgan xabarlarni vaqtga e'tibor bermasdan, talab etilgan xavfsizlik va aniqlilik bilan etkazishdir.

**B.....**tushgan xabarlarni kechikish bilan, talab etilgan xavfsizlik va aniqlilik bilan etkazishdir.

**S....**tushgan xabarlarni o'z vaqtida, talab etilgan xavfsizlik va aniqlilikka rioya qilmasdan etkazishdir.

**D....** tushgan xabarlarni o'z vaqtida, talab etilgan xavfsizlik va aniqlilik bilan etkazishdir.

### **8. Ishonchlilik nazariyasi quyidagilarni o'rganadi:**

**A.....** Ishonchlilikning mezonlari va vaqtli xarakteristikalarini, ishonchlilikni tahlil qilish metodlarini, ishonchlilikni oshirish usullarini, ishonchlilik mezonlari bo'yicha sodda tizimlarni sintezlashni va x.k.

**B.** Ishonchlilikning mezonlari va sonli xarakteristikalarini, ishonchlilikni tahlil qilish metodlarini, ishonchlilikni oshirish usullarini, ishonchlilik mezonlari bo'yicha murakkab tizimlarni sintezlashni va x.k.

**S....**Ishonchlilikning mezonlari va kechikish xarakteristikalarini, ishonchlilikni tahlil qilish metodlarini, ishonchlilikni oshirish usullarini, ishonchlilik mezonlari bo'yicha murakkab tizimlarni analizlashni va x.k.

**D....** Ishonchlilikning mezonlari va sonli xarakteristikalarini, ishonchlilikni tahlil qilish metodlarini, ishonchlilikni kamaytirmaslik usullarini, ishonchlilik mezonlari bo'yicha murakkab tizimlarni sintezlashni va x.k.

### **9. Ishonchlilik nazariyasi atamalari ko'rsating**

**A.** Ishonchlilik, element, tizim, ob'ekt (element) holati, buzilmagan (soz) holat, ishlashga yaroqsiz holat, ishlash qobiliyati holatiga qayta tiklanish vaqti, raddiyaga bardoshlik.

**B.** Ishonchlilik, element, tizim, ob'ekt (element) holati, buzilgan (nosoz) holat, ishlashga qobiliyatli holat, ishlash qobiliyati holatiga qayta tiklanish vaqti, raddiyaga bardoshlik.

**S.** Ishonchlilik, element, tizim, ob'ekt (element) holati, buzilmagan (soz) holat, ishlashga qobiliyatli holat, ishlash qobiliyati holatiga qayta tiklanish vaqti, raddiyaga bardoshlik.

**D.** Ishonchlilik, element, tizim, ob'ekt (element) holati, buzilmagan (soz) holat, ishlashga qobiliyatli holat, ishlash qobiliyati holatiga tiklanmaslik vaqti, raddiyaga bardoshlik.

#### **10. Texnik tizimning ishonchliligi bu .....**

**A....**texnik tizimning (ob'ektning) ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida o'z kirish xarakteristikalarini (parametrlarini) belgilangan chegaralarda saqlay olish xususiyatidir.

**B....**texnik tizimning (ob'ektning) ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida o'z chiqish xarakteristikalarini (parametrlarini) belgilangan chegaralarda o'zgartirish xususiyatidir.

**S....**texnik tizimning (ob'ektning) ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida o'z kirish xarakteristikalarini (parametrlarini) belgilangan chegaralarda o'zgartirish xususiyatidir.

**D....** texnik tizimning (ob'ektning) ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida o'z chiqish xarakteristikalarini (parametrlarini) belgilangan chegaralarda saqlay olish xususiyatidir.

#### **11. Ishonchlilikni hisoblash usullarini ko'rsating:**

**A.** Ehtimollar nazariyasiga asoslangan usul, mantiqiy-ehtimolli usullar, topologik usullar, integral tenglamalar usullari, statistik modellashtirish usullari va x.k.



**B.** Ehtimollar nazariyasiga asoslangan usul, ehtimolli usullar, topologik usullar, differensial-qiyosiy tenglamalar usullari, statistik modellashtirish usullari va x.k.

**S.** Ehtimollar nazariyasiga asoslangan usul, mantiqiy-ehtimolli usullar, topologik usullar, ko'rsatkichli tenglamalar usullari, statistik modellashtirish usullari va x.k.

**D.** Ehtimollar nazariyasiga asoslangan usul, mantiqiy-ehtimolli usullar, topologik usullar, logarifmik tenglamalar usullari, statistik modellashtirish usullari va x.k.

### **12. Ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikalarini ko'rsating**

**A.** Raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyalar orasidagi eng kam vaqt, raddiyalar intensivligi, raddiyalar amplitudasi, ishonchlilik koeffitsienti.

**B.** Raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyalar orasidagi o'rtacha vaqt, raddiyalar intensivligi, raddiyalar chastotasi, ishonchlilik koeffitsienti.

**S.** Raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyalar orasidagi eng ko'p vaqt, raddiyalar intensivligi, raddiyalar fazasi, ishonchlilik koeffitsienti.

**D.** Raddiyasiz ishlash ehtimolligi, raddiyalar orasidagi minimal vaqt, raddiyalar intensivligi, raddiyalar kechikishi, ishonchlilik koeffitsienti.

### **13. Ishonchlilikni tahlil qilish mantiqiy - ehtimollik usuli nimani beradi?**

**A.** YAxshi ta'sir ko'rsatmaydigan gipotezalarni aniqlash va ma'nosini formallashtirish imkonini beradi.

**B.** Kam ta'sir ko'rsatadigan gipotezalarni aniqlash va ma'nosini formallashtirish imkonini beradi.

**S.** YAxshi ta'sir ko'rsatadigan gipotezalarni aniqlash va ma'nosini formallashtirish imkonini beradi.

**D.** YAxshi ta'sir ko'rsatadigan aksiomalarni aniqlash va ma'nosini formallashtirish imkonini beradi.

**14. Qachon tarmoqda faqat yuqori imtiyozli xabarlarni uzatishga ruxsat beriladi?**

**A.** Favquldodda vaziyatlarda, ishlash uchun yaroqsiz kanallar ko‘p bo‘lgan paytida, telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti qarori bo‘yicha.

**B.** Favquldodda vaziyatlarda, ishlash uchun yaroqli kanallar etishmasligi paytida, telekommunikatsiya tizimining ijrochi punkti qarori bo‘yicha.

**S.** Ekstremal vaziyatlarda, ishlash uchun yaroqli kanallar ko‘p bo‘lgan paytida, telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti qarori bo‘yicha.

**D.** Ekstremal vaziyatlarda, ishlash uchun yaroqli kanallar etishmasligi paytida, telekommunikatsiya tizimining boshqarish punkti qarori bo‘yicha.

**15. Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modeli nimani tavsiflaydi?**

**A.** Tarmoq strukturasi, rad etish algoritmlarini, ichki xarakteristikalarini, elementlar ishonchliligini, tashqi ta’sirlar, foydalanuvchilar talablari va x.k.

**B.** Tarmoq strukturasi, ishlash algoritmlarini, ichki xarakteristikalarini, elementlar ishonchliligini, tashqi ta’sirlar, foydalanuvchilar talablari va x.k.

**S.** Tarmoq strukturasi, ishlash algoritmlarini, tashqi xarakteristikalarini, elementlar ishonchliligini, tashqi ta’sirlar, foydalanuvchilar talablari va x.k.

**D.** Tarmoq strukturasi, ishlash algoritmlarini, ichki xarakteristikalarini, elementlar ishonchliligini, ichki ta’sirlar, foydalanuvchilar talablari va x.k.

**16. Telekommunikatsiya tarmoqlarining umumiy ko‘rinishdagi  $G(A, V)$  grafi nimani aks ettiradi?**

**A.** Graf cho‘qqilari-telekommunikatsiya qutblari va tranzit uzellarni, graf yoylari telekommunikatsiya liniyalarini.

**B.** Graf cho‘qqilari-telekommunikatsiya qirralari va tranzit uzellarni, graf yoylari telekommunikatsiya liniyalarini.

**S.** Graf cho‘qqilari-telekommunikatsiya qirralari va oxirgi uzellarni, graf yoylari telekommunikatsiya liniyalarini.

**D.** Graf cho‘qqilari-telekommunikatsiya liniyalari va tranzit uzellarni, graf yoylari telekommunikatsiya qutblarini.

**17.Telekommunikatsiya tarmoqlari grafning elementlari nimaga mos keladi?**

**A.** Grafning har bir elementi ma’lum sonlar bilan xarakterlanadi, ular to‘plamlari tarmoqning ekspluatatsion-moslik ishonchliligi, bardoshligi, o‘tkazuvchanlik qobiliyati va qiymatiga mos keladi.

**B.** Grafning har bir elementi ma’lum sonlar bilan xarakterlanadi, ular to‘plamlari tarmoqning ekspluatatsion-texnik ishonchliligi, yashovchanligi, o‘tkazuvchanlik qobiliyati va qiymatiga mos keladi.

**S.** Grafning har bir elementi ma’lum sonlar bilan xarakterlanadi, ular to‘plamlari tarmoqning ekspluatatsion-texnik ishonchliligi, raddiyalariga, uzluksizlik qobiliyati va qiymatiga mos keladi.

**D.** Grafning har bir elementi ma’lum sonlar bilan xarakterlanadi, ular to‘plamlari tarmoqning ekspluatatsion-texnik ishonchliligi, chidamasligiga, tezlanish qobiliyati va qiymatiga mos keladi.

**18.Telekommunikatsiya tarmoqlari samaradorligini qanday xususiy ko‘rsatgichlar bo‘yicha baholash mumkin?**

**A.** Mobillik, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ishlash barqarorligi, boshqaruvchanlik va x.k.

**B.** Mobillik, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ishlash samaradorligi, boshqaruvchanlik va x.k.

**S.** Mobillik, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, ishlash chidamliligi, boshqaruvchanlik va x.k.

**D.** Mobillik, tezlatish qobiliyati, ishlash barqarorligi, boshqaruvchanlik va x.k.

**19. Telekommunikatsiya tarmoqlarining *ishonchliligi* nima?**

**A....** ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida avvaldan oʻrnatilgan sifat koʻrsatgichlari qiymatlarini vaqt boʻyicha oʻzgartirgan holda aloqani taʼminlash xususiyatidir.

**B....**ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida avvaldan oʻrnatilgan sifat koʻrsatgichlari qiymatlarini vaqt boʻyicha saqlagan holda aloqani taʼminlash xususiyatidir.

**S....** ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida keyin oʻrnatiladigan sifat koʻrsatgichlari qiymatlarini vaqt boʻyicha saqlagan holda aloqani taʼminlash xususiyatidir.

**D....** ekspluatatsiyaning berilgan sharoitlarida avvaldan oʻrnatilgan sifat koʻrsatgichlari qiymatlarini chastota boʻyicha saqlagan holda aloqani taʼminlash xususiyatidir.

**20. Telekommunikatsiya tarmoqlarining *yashovchanligi* nima?**

**A....** tarmoqdan ichkarisida yotuvchi sabablar natijasida tarmoqning elementlari buzilishiga qarshi bardoshligini xarakterlaydi.

**B....** tarmoqdan yon tomonda yotuvchi sabablar natijasida tarmoqning elementlari buzilishiga qarshi bardoshligini xarakterlaydi.

**S..** tarmoqdan tashqarida yotuvchi sabablar natijasida tarmoqning elementlari buzilishiga qarshi bardoshligini xarakterlaydi.

**D....** tarmoqdan old tomonda yotuvchi sabablar natijasida tarmoqning elementlari buzilishiga qarshi bardoshligini xarakterlaydi.

**21. Telekommunikatsiya tarmoqlarining *ishonchliligi* va *yashovchanligi* farqlari nimada?**

**A.** Ishonchlilik tizim tashqi ta'sirlari, yashovchanlik ichki ta'sirlar orqali namoyon bo'ladi.

**B.** Ishonchlilik tizim ichki ta'sirlari, yashovchanlik xam ichki ta'sirlar orqali namoyon bo'ladi.

**S.** Ishonchlilik tizim tashqi ta'sirlari, yashovchanlik xam tashqi ta'sirlar orqali namoyon bo'ladi.

**D..** Ishonchlilik tizim ichki ta'sirlari, yashovchanlik tashqi ta'sirlar orqali namoyon bo'ladi.

## **22. Telekommunikatsiya tarmoqlari raddiyasi nima?**

**A.....** tarmoqning o'z funksiyalarini bajarilishini xaftasiga bir marta davom ettira olmaslik holatidir.

**B.....** tarmoqning o'z funksiyalarini bajarilishini oyiga bir marta davom ettira olmaslik holatidir.

**S....** tarmoqning o'z funksiyalarini bajarilishini davom ettira olmaslik holatidir.

**D....** tarmoqning o'z funksiyalarini bajarilishini uzluksiz davom ettira olmaslik holatidir.

## **23. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmog'ining raddiyasi nima?**

**A.** Tarmoq qutblari orasida o'tkazuvchanlik qobiliyati va aloqa sifati berilgan chegaraviy qiymatdan (talablardan) past bo'ladigan xolat.

**B.** Tarmoq qutblari orasida o'tkazuvchanlik qobiliyati va aloqa sifati berilgan chegaraviy qiymatdan (talablardan) yuqori bo'ladigan xolat.

**S.** Tarmoq qutblari orasida o'tkazuvchanlik qobiliyati va aloqa sifati berilgan chegaraviy qiymatdan (talablardan) o'rtacha yuqori bo'ladigan xolat.

**D.** Tarmoq qutblari orasida o'tkazuvchanlik qobiliyati va aloqa sifati berilgan chegaraviy qiymatdan (talablardan) o'rtacha past bo'ladigan xolat.

**24. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tayyorlik koeffitsienti  $K_T$  qanday ko‘rsatkichlar orqali aniqlanadi?**

- A. Tarmoqni raddiyadan keyin ishlash vaqti  $T_0$  va uning qayta tiklanish o‘rtacha vaqti  $T_{QT}$  orqali.
- B. Tarmoqni raddiyagacha ishlash vaqti  $T_0$  va uning qayta tiklanish o‘rtacha vaqti  $T_{QT}$  orqali.
- S. Tarmoqni raddiyadan oldin ishlash vaqti  $T_0$  va uning qayta tiklanish o‘rtacha vaqti  $T_{QT}$  orqali.
- D. Tarmoqni raddiyagacha ishlash vaqti  $T_0$  va uning qayta buzilish o‘rtacha vaqti  $T_{QT}$  orqali.

**25. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini baholashda qachon operativ tayyorlik koeffitsientidan foydalaniladi?**

- A. Telekommunikatsiya tarmog‘ini ma’lum bir vaqt mobaynida  $t_p$  ishga yaroqsizligini bilish lozim bo‘lganida.
- B. Telekommunikatsiya tarmog‘ini ma’lum bir o‘zgaras vaqt mobaynida  $t_p$  ishga yaroqliligini bilish lozim bo‘lganida.
- S. Telekommunikatsiya tarmog‘ini ma’lum bir vaqt mobaynida  $t_p$  ishga yaroqliligini bilish lozim bo‘lganida.
- D. Telekommunikatsiya tarmog‘ini ma’lum bir o‘zgaruvchan vaqt mobaynida  $t_p$  ishga yaroqliligini bilish lozim bo‘lganida.

**26. Ikki qutbli tarmoqlarda “tayyorlik koeffitsienti” atamasi o‘rniga unga ekvivalent qanday atama keng qo‘llaniladi.**

- A. “Bog‘lanmaslik ehtimolligi” atamasi.
- B. “Qaytarishlik ehtimolligi” atamasi.
- S. “Qaytarmaslik ehtimolligi” atamasi.
- D. “Bog‘langanlik ehtimolligi” atamasi.

**27. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining raddiyasi nima?**

- A. Ko‘p qutbli tarmoqda majburiy ishlaydigan ikki qutbli tarmoqning birontasida raddiya qayd etilgan xolatda.
- B. Ko‘p qutbli tarmoqda majburiy ishlaydigan ikki qutbli tarmoqning yarmida raddiya qayd etilgan xolatda.
- S. Ko‘p qutbli tarmoqda ixtiyoriy ishlaydigan ikki qutbli tarmoqning birontasida raddiya qayd etilgan xolatda.
- D. Ko‘p qutbli tarmoqda istalgan vaqtda ishlaydigan ikki qutbli tarmoqning birontasida raddiya qayd etilgan xolatda.

**28. Ko‘p qutbli telekommunikatsiya tarmog‘ining ishonchlilik ko‘rsatkichi qanday aniqlanadi?**

- A. Bog‘langan qutblar juftliklarining ulushi ( $d_{B,Q}$ ) talab etilgandan  $d_T$  ortiqcha bo‘lmash ehtimolligi  $r$  orqali.
- B. Bog‘langan qutblar juftliklarining ulushi ( $d_{B,Q}$ ) talab etilgandan  $d_T$  kam bo‘lmash ehtimolligi  $r$  orqali.
- S. Bog‘langan qutblar juftliklarining ulushi ( $d_{B,Q}$ ) talab etilgandan  $d_T$  yuqori bo‘lmash ehtimolligi  $r$  orqali.
- D. Bog‘langan qutblar juftliklarining ulushi ( $d_{B,Q}$ ) talab etilgandan  $d_T$  o‘rtacha bo‘lmash ehtimolligi  $r$  orqali.

**29. Telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanlik ko‘rsatkichlarini qachon ishonchlilik ko‘rsatkichlariga o‘xshash xolda aniqlash mumkin?**

- A. Tashqi faktorlar ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishlashini nisbatan uzoq muddatga buzgan xolatida.
- B. Tashqi faktorlar ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishlashini nisbatan o‘ta uzoq muddatga buzgan xolatida.

**S.** Tashqi faktorlar ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishlashini nisbatan qisqa muddatga buzgan xolatida.

**D.** Tashqi faktorlar ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishlashini umuman ma'lum muddatga buzgan xolatida.

**30. Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?**

**A.** Tashqi ta'sirlar oqibatidagi to'xtab qolish ehtimolligi  $R_v$ , shuningdek, aloqani qayta tiklanish davomliligi  $T_v$  orqali.

**B.** Tashqi ta'sirlar oqibatidagi yashab qolish ehtimolligi  $R_v$ , shuningdek, aloqani qayta buzilish davomliligi  $T_v$  orqali.

**S.** Tashqi ta'sirlar oqibatidagi qayta ulanish ehtimolligi  $R_v$ , shuningdek, aloqani qayta tiklanish davomliligi  $T_v$  orqali.

**D.** Tashqi ta'sirlar oqibatidagi yashab qolish ehtimolligi  $R_v$ , shuningdek, aloqani qayta tiklanish davomliligi  $T_v$  orqali.

**31. Ko'p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?**

**A.** Tashqi ta'sirlar oqibatida saqlanib qolgan aloqalarning o'rtacha ulushi orqali.

**B.** Tashqi ta'sirlar oqibatida saqlanib qolgan aloqalarning 100% ulushi orqali.

**S.** Tashqi ta'sirlar oqibatida saqlanib qolgan aloqalarning 80% o'rtacha ulushi orqali.

**D.** Tashqi ta'sirlar oqibatida saqlanib qolgan aloqalarning yarmi ulushi orqali.

**32. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash niq analitik usullarini ko'rsating.**

**A.** Tizim holatini bilvosita saralash, jamlash nazariyasini qo'llash, Bul algebrasidan foydalanish, korrelyasion usullar.



**B.** Tizim holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash, yoyish nazariyasini qo‘llash, Bul algebrasidan foydalanish, korrelyasion usullar.

**S.** Tizim holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash, qo‘shish nazariyasini qo‘llash, Bul algebrasidan foydalanish, differensial usullar.

**D.** Tizim holatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri saralash, ko‘paytirish nazariyasini qo‘llash, Bul fizikasidan foydalanish, nokorrelyasion usullar.

**33. Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari holatini to‘g‘ridan – to‘g‘ri saralash usullari bo‘yicha ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblashda qanday farazlar qabul qilinadi?**

**A.** Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari raddiyalari bir-biriga bog‘liq bo‘lishligi, hamda har bir element faqat soz bo‘lish xolati.

**B.** Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari raddiyalari bir-biriga korrelyasion bog‘liq bo‘lmasligi, hamda har bir element faqat to‘la nosoz bo‘lish xolati.

**S.** Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari raddiyalari bir-biriga bog‘liq bo‘lmasligi, hamda har bir element soz yoki to‘la nosoz bo‘lish xolati.

**D.** Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari raddiyalari bir-biriga qarab o‘zgaruvchan bo‘lmasligi, hamda yarim elementlar soz yoki to‘la nosoz bo‘lish xolati.

**34. Telekommunikatsiya tarmoqlari yo‘llari holatini to‘g‘ridan – to‘g‘ri saralash usullari bo‘yicha ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblashda qanday masala qo‘yiladi?**

**A.** Ikki qutbli tarmoq mavjud yo‘llar to‘plamidan hech bo‘lmasa yarmining sozlik ehtimolligini hisoblash.

**B.** Ikki qutbli tarmoq mavjud yo‘llar to‘plamidan hech bo‘lmasa uchdan ikki qismining sozlik ehtimolligini hisoblash.

**S.** Ikki qutbli tarmoq mavjud virtual yo‘llar to‘plamidan hech bo‘lmasa uchtasining sozlik ehtimolligini hisoblash.

**D.** Ikki qutbli tarmoq mavjud yo‘llar to‘plamidan hech bo‘lmasa bittasining sozlik ehtimolligini hisoblash.

### **35. Ajratish teoremasi bo‘yicha ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblash qanday asoslanadi?**

**A.**  $N$  ta ishonchsiz elementli tizimning ishonchlilik funksiyasi  $r(E)$ ,  $i$ -nchi elementning yaroqlilik holati ehtimolligini,  $i$ -nchi element qisqa tutashtirilgan sharoitda  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga, plus  $i$ -nchi element raddiyasi ehtimolligini,  $i$ -nchi element uzilgan sharoitda,  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga teng bo‘lishiga asoslanadi.

**B.**  $N$  ta ishonchsiz elementli tizimning ishonchlilik funksiyasi  $r(E)$ ,  $i$ -nchi elementning yaroqsizlik holati ehtimolligini,  $i$ -nchi element qisqa tutashtirilgan sharoitda  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga, plus  $i$ -nchi element raddiyasi ehtimolligini,  $i$ -nchi element uzilgan sharoitda,  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga teng bo‘lishiga asoslanadi.

**S.**  $N$  ta ishonchsiz elementli tizimning ishonchlilik funksiyasi  $r(E)$ ,  $i$ -nchi elementning yaroqsizlik holati ehtimolligini,  $i$ -nchi element qisqa tutashtirilgan sharoitda  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga, plus  $i$ -nchi element raddiyasi ehtimolligini,  $i$ -nchi qisqa tutashtirilgan sharoitda,  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga teng bo‘lishiga asoslanadi.

**D.**  $N$  ta ishonchsiz elementli tizimning ishonchlilik funksiyasi  $r(E)$ ,  $i$ -nchi elementning yaroqlilik holati ehtimolligini,  $i$ -nchi element uzilgan sharoitda  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga, plus  $i$ -nchi element raddiyasi ehtimolligini,  $i$ -nchi element uzilgan sharoitda,  $N-1$  elementli tizim ishonchlilik funksiyasiga ko‘paytmasiga teng bo‘lishiga asoslanadi.

**36. Bog‘langanlik ehtimolligini ajratish teoremasini qo‘llab hisoblash nimaga asoslanadi?**

**A.** Tarmoqning tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket bo‘lishi, murakkab tarmoqlangan strukturani ko‘paytirish natijasida oddiy parallel ketma-ket ulanish ko‘rinishda tasvir etilishiga qadar davom etadi deb faraz qilinadi.

**B.** Tarmoqning tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket bo‘lishi, murakkab tarmoqlangan strukturani bo‘lish natijasida oddiy parallel ketma-ket ulanish ko‘rinishda tasvir etilishiga qadar davom etadi deb faraz qilinadi.

**S.** Tarmoqning tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket bo‘lishi, murakkab tarmoqlangan strukturani bo‘lish natijasida faqat oddiy ketma-ket ulanish ko‘rinishda tasvir etilishiga qadar davom etadi deb faraz qilinadi.

**D.** Tarmoqning tanlangan elementlarga (uzellar) nisbatan ketma-ket bo‘lishi, murakkab tarmoqlangan strukturani taqsimlash natijasida oddiy parallel ulanish ko‘rinishda tasvir etilishiga qadar davom etadi deb faraz qilinadi.

**37. Telekommunikatsiya tarmoqlar ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hisoblash mantiqiy usullarining mohiyati nimada?**

**A.** Elementlar holatlarining ehtimolliklarining sonli qiymatlari va “nol” yoki “bir” qiymatlarga ega bo‘luvchi Bul o‘zgaruvchilari orasidagi farqlarni belgilashdir.

**B.** Elementlar holatlarining ehtimolliklarining sonli qiymatlari va “nol” yoki “bir” qiymatlarga ega bo‘luvchi Bul o‘zgaruvchilari orasidagi o‘zararo ta’sirlarni belgilashdir.

**S.** Elementlar holatlarining ehtimolliklarining sonli qiymatlari va “nol” yoki “bir” qiymatlarga ega bo‘luvchi Bul o‘zgaruvchilari orasidagi mosliklarni belgilashdir.

**D.** Elementlar holatlarining ehtimolliklarining sonli qiymatlari va “nol” yoki “bir” qiymatlarga ega bo‘luvchi Bul o‘zgaruvchilari orasidagi ekvivalent emaslikni belgilashdir.

**38. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblashda qo'llanadigan saralash va mantiqiy usullarning farqi nimada?**

**A.** Mantiqiy usullarda saralash prinsipi inkor etilmaydi va har bir qadamda operatsiyalar sonlar ustida emas, Bul o'zgartiruvchilari ustida bajariladi.

**B.** Mantiqiy usullarda saralash prinsipi inkor etilmaydi va har bir qadamda operatsiyalar sonlar ustida, Bul o'zgartiruvchilari ustida esa bajarilmaydi.

**S.** Mantiqiy usullarda saralash prinsipi inkor etiladi va har bir qadamda operatsiyalar iteratsiya ustida, Bul o'zgartiruvchilari ustida esa dez'yunksiya bajariladi.

**D.** Mantiqiy usullarda saralash prinsipi inkor etiladi va har bir qadamda operatsiyalar sonlar ustida emas, Bul o'zgartiruvchilari ustida bajariladi.

**39. Tarmoq uzellari juftligining bog'langanlik ehtimolligini hisoblash mantiqiy-ehtimolli usuli nimaga asoslanadi?**

**A.** Bul algebrasi va ehtimollar nazariyasini kompleks qo'llanishi asosida tuzilgan analitik usullargi ishlatishga.

**B.** Bul algebrasi va ehtimollar nazariyasini kompleks qo'llanishi asosida tuzilgan statistik usullargi ishlatishga.

**S.** Bul fizikasi va ehtimollar nazariyasini iterativ qo'llanishi asosida tuzilgan analitik usullargi ishlatishga.

**D.** Bul fizikasi va ehtimollar nazariyasini kompleks qo'llanishi asosida tuzilgan analitik usullargi ishlatishga.

**40 Tarmoq uzellari juftliklarining bog'langanlik ehtimolligi (TUJBE)ni mantiqiy-ehtimolli usul (MEU) algoritmi bo'yicha hisoblash nechta bosqichda amalga oshiriladi?**

**A.** Beshta.

**B.** Uchta.

S. O'nta.

D. Ettita.

**41. Tarmoq uzellari juftliklarining bog'langanlik ehtimolligi (TUJBE)ni mantiqiy-ehtimolli usul (MEU) algoritmi bo'yicha hisoblash birinchi bosqichida amalga oshiriladigan ishlarni ko'rsating.**

**A.** Telekommunikatsiya tarmog'idagi uzellar juftligi orasidagi yo'llar mavjud emasligida, tarmoq elementlarining to'liq yaroqliligida, kamida uchta yaroqli yo'lning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasi  $F$  tuziladi.

**B.** Telekommunikatsiya tarmog'idagi uzellar juftligi orasidagi yo'llar mavjudligida, tarmoq elementlarining to'liq yaroqliligida, kamida beshta yaroqli yo'lning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasi  $F$  tuziladi.

**S.** Telekommunikatsiya tarmog'idagi uzellar juftligi orasidagi yo'llar to'plamida, tarmoq elementlarining to'liq yaroqliligida, kamida bitta yaroqli yo'lning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasi  $F$  tuziladi.

**D.** Telekommunikatsiya tarmog'idagi uzellar juftligi orasidagi yo'llar to'plamida, tarmoq elementlarining yaroqli emasligida, kamida ettita yaroqli yo'lning mavjudlik shartini tavsiflovchi Bul funksiyasi  $F$  tuziladi.

**42. Tarmoq uzellari juftliklarining bog'langanlik ehtimolligi (TUJBE)ni mantiqiy-ehtimolli usul (MEU) algoritmi bo'yicha hisoblash ikkinchi bosqichida amalga oshiriladigan ishlarni ko'rsating.**

**A.** Birinchi bosqichda tuzilgan Bul funksiyalarini  $F$ , TUJBE ni hisoblash uchun Bul funksiyasidan integral formula ko'rinishga o'tish imkonini beradigan, iterativ o'zgartirish amalga oshiriladi.

**B.** Birinchi bosqichda tuzilgan Bul funksiyalarini  $F$ , TUJBE ni hisoblash uchun Bul funksiyasidan integral formula ko'rinishga o'tish imkonini beradigan, taqsimotli o'zgartirish amalga oshiriladi.

**S.** Birinchi bosqichda tuzilgan Bul funksiyalarini  $F$ , TUJBE ni hisoblash uchun Bul funksiyasidan algebraik formula ko‘rinishga o‘tish imkonini beradigan, ixtiyoriy o‘zgartirish amalga oshirilmaydi.

**D.** Birinchi bosqichda tuzilgan Bul funksiyalarini  $F$ , TUJBE ni hisoblash uchun Bul funksiyasidan algebraik formula ko‘rinishga o‘tish imkonini beradigan, ekvivalent o‘zgartirish amalga oshiriladi.

**43. Tarmoq uzellari juftliklarining bog‘langanlik ehtimolligi (TUJBE) ni mantiqiy-ehtimolli usul (MEU) algoritmi bo‘yicha hisoblash uchinchi bosqichida amalga oshiriladigan ishlarni ko‘rsating.**

**A.** Bul operatorlaridan kon’yunksiya, diz’yunksiya va inversiyalar algebraik operatorlar ko‘paytirish, qo‘shish va ayirishga almashtiriladi. Algebraik ifodadan TUJBE hisoblashda foydalaniladi.

**B.** Bul operatorlaridan kon’yunksiya, diz’yunksiya va inversiyalar iterativ operatorlar ko‘paytirish, qo‘shish va ayirishga almashtiriladi. Algebraik ifodadan TUJBE hisoblashda foydalaniladi.

**S.** Bul operatorlaridan kon’yunksiya, diz’yunksiya va inversiyalar fizik operatorlar ko‘paytirish, qo‘shish va ayirishga almashtiriladi. Algebraik ifodadan TUJBE hisoblashda foydalaniladi.

**D.** Bul operatorlaridan faqat kon’yunksiya va diz’yunksiya algebraik operatorlar ko‘paytirish va qo‘shishga almashtiriladi. Algebraik ifodadan TUJBE hisoblashda foydalaniladi.

**44. Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi nima?**

**A.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining turli destabilizatsiyalovchi faktorlar bo‘lmaganida, belgilangan davr mobaynida yuklatilgan funksiyalarni o‘rnatilgan hajmda, ixtiyoriy sifat darajasida bajara olish qobiliyatidir.

**B.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining turli destabilizatsiyalovchi faktorlar bo‘lmaganida, belgilangan davr mobaynida yuklatilgan funksiyalarni istalgan hajmda, talab qilingan sifat darajasida bajara olish qobiliyatidir.

**S.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining turli destabilizatsiyalovchi faktorlar ta’sirida, belgilangan davr mobaynida yuklatilgan funksiyalarni o‘rnatilgan hajmda, talab qilingan sifat darajasida bajara olish qobiliyatidir.

**D.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining turli destabilizatsiyalovchi faktorlar ta’sirida, nomuayyan davr mobaynida yuklatilgan funksiyalarni o‘rnatilgan hajmda, minimal talab qilingan sifat darajasida bajara olish qobiliyatidir.

**45. Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi qanday ko‘rsatkichlar orqali tavsiflanadi?**

**A.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi yashovchanlik, kuzatuvchanlik va ishonchlilik orqali tavsiflanadi.

**B.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi yashovchanlik, xalaqitbardoshlik va ishonchlilik orqali tavsiflanadi.

**S.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi yashovchanlik, egiluvchanlik va ishonchlilik orqali tavsiflanadi.

**D.** Telekommunikatsiya tarmoqlarining bardoshligi yashovchanlik, moslashuvchanlik va ishonchlilik orqali tavsiflanadi.

**46. Telekommunikatsiya tarmoqlarini baholash uchun yashovchanlikning qanday ko‘rsatkichlari keng qo‘llaniladi?**

**A.** Ob’ektli, sub’ektli va funksional yashovchanlik ko‘rsatkichlari keng qo‘llaniladi.

**B.** Ob’ektli, strukturaviy va irratsional yashovchanlik ko‘rsatkichlari keng qo‘llaniladi.

**S.** Ob’ektli, strukturaviy va funksional yashovchanlik ko‘rsatkichlari keng

qoʻllaniladi.

**D.** Obʻektli, subʻektli va irratsional yashovchanlik koʻrsatkichlari keng qoʻllaniladi.

**47. Telekommunikatsiya tarmoqlari baholash obʻektli yashovchanlik koʻrsatkichini koʻrsating.**

**A.** Telekommunikatsiya tarmogʻi elementlariga subʻektiv mos boʻlgan, ixtiyoriy vaqt intervalida, talabdan kam boʻlmagan sifatda ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir.

**B.** Telekommunikatsiya tarmogʻi elementlariga funksional mos boʻlgan, ixtiyoriy vaqt intervalida, talabdan kam boʻlmagan sifatda ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir.

**S.** Telekommunikatsiya tarmogʻi elementlariga iterativ mos boʻlgan, ixtiyoriy vaqt intervalida, talabdan kam boʻlmagan sifatda ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir.

**D.** Telekommunikatsiya tarmogʻi elementlariga obʻektiv mos boʻlgan, ixtiyoriy vaqt intervalida, talabdan kam boʻlmagan sifatda ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyatidir.

**48. Telekommunikatsiya tarmoqlari baholash strukturaviy yashovchanlik koʻrsatkichini koʻrsating.**

**A.** Tarmoq elementlari – uzellar, liniyalar, tarmoq uchastkalarining ommaviy emirilishida (buzilishida) strukturaviy bogʻlanishlarni saqlab qolish xususiyatidir.

**B.** Tarmoq elementlari – uzellar, liniyalar, tarmoq uchastkalarining ommaviy koʻrinishida (buzilmasligida) strukturaviy bogʻlanishlarni saqlab qolish xususiyatidir.



**S.** Tarmoq elementlari – uzellar, liniyalar, tarmoq uchastkalarining ommaviy emirilishida (buzilmasligida) strukturaviy bog‘lanishlarga e‘tibor bermaslik xususiyatidir.

**D.** Tarmoq elementlari – uzellar, liniyalar, tarmoq uchastkalarining ommaviy ko‘rinishida (buzilishida) strukturaviy diskret bog‘lanishlarni saqlab qolish xususiyatidir.

**49. Telekommunikatsiya tarmoqlari baholash funksional yashovchanlik ko‘rsatkichini ko‘rsating.**

**A.** Tarmoq ishlash sharoitlari bo‘yicha ruxsatlar qo‘yilgan strukturaviy yashovchanlikdir.

**B.** Tarmoq ishlash sharoitlari bo‘yicha cheklashlar qo‘yilgan strukturaviy yashovchanlikdir.

**S.** Tarmoq ishlash sharoitlari bo‘yicha cheklashlar qo‘yilgan ob‘ektiv yashovchanlikdir.

**D.** Tarmoq ishlash sharoitlari bo‘yicha cheklashlar qo‘yilgan funksional yashovchanlikdir.

**50. Telekommunikatsiya tarmoqlarini yashovchanlik bo‘yicha baholash umumiy ketma-ketligi nechta bosqichdan iborat?**

**A.** Sakkizta bosqichdan iborat.

**B.** O‘nta bosqichdan iborat.

**S.** To‘rtta bosqichdan iborat.

**D.** Ettita bosqichdan iborat.

**51. Telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanish uchta bazaviy prinsiplarini ko‘rsating.**

**A.** 1. Rejalashtirish. 2. Trafikni ko‘paytirish. 3. Ortiqcha yuklanishlarga bardoshlik.

**B.** 1.Rejalashtirish. 2.Trafikni o‘lchash. 3.Ortiqcha yuklanishlarga e’tibor bermaslik.

**S.** 1.Rejalashtirish. 2.Trafikni kamaytirish. 3.Ortiqcha yuklanishlarni o‘lchash.

**D.** 1.Rejalashtirish. 2.Trafikni o‘lchash. 3.Ortiqcha yuklanishlarga bardoshlik.

**52.Telekommunikatsiya tarmoqlarining texnik asosini ko‘rsating.**

**A.** Axborot uzatish optik transport tarmog‘i.

**B.** Axborot uzatish kvazioptik transport tarmog‘i.

**S.** Axborot qabul qilish optik transport tarmog‘i.

**D.** Axborot saqlab turish optik transport tarmog‘i.

**53. Optik telekommunikatsiya tarmoqlari qanday o‘zgartgichlar qo‘llanadi?**

**A.** "OO" i "EO" o‘zgartgichlari

**B.** "OE" i "EO" o‘zgartgichlari

**S.** "OE" i "OO" o‘zgartgichlari

**D.** "OOO" i "OEO" o‘zgartgichlari

**54.Telekommunikatsiya tarmoqlari marshrutizatsiya nima?**

**A.** Axborotni uzatuvchi va qabul qiluvchi orasida eng yangi yo‘lni tanlab olish muammosi marshrutizatsiya deyiladi.

**B.** Axborotni uzatuvchi va qabul qiluvchi orasida eng eski yo‘lni tanlab olish muammosi marshrutizatsiya deyiladi.

**S.** Axborotni uzatuvchi va qabul qiluvchi orasida eng yaxshi yo‘lni tanlab olish muammosi marshrutizatsiya deyiladi.

**D.** Axborotni uzatuvchi va qabul qiluvchi orasida eng qiyin yo‘lni tanlab olish muammosi marshrutizatsiya deyiladi.

**55.Telekommunikatsiya tarmoqlarida marshrut qanday mezonlarga muvofiq tanlanadi?**

**A.** Ma'lumotlarni uzatish vaqti, kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati, trafik kamayishi, uzatishning ishonchliligi.

**B.** Ma'lumotlarni uzatish vaqti, kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati, trafik ortishi, uzatishning ishonchliligi.

**S.** Ma'lumotlarni uzatish vaqti, kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati, trafik o'zgarmasligi, uzatishning ishonchliligi.

**D.** Ma'lumotlarni uzatish vaqti, kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyati, trafik intensivligi, uzatishning ishonchliligi.

**56. Telekommunikatsiya tarmoqlarida marshrutizatsiyalash usullarini ko'rsating.**

**A.** Oddiy marshrutizatsiyalash, qaydlangan (fiksatsiyalangan) marshrutizatsiya, adaptiv marshrutizatsiya.

**B.** Oddiy marshrutizatsiyalash, qaydlanmagan (fiksatsiyalanmagan) marshrutizatsiya, adaptiv marshrutizatsiya.

**S.** Oddiy marshrutizatsiyalash, qaydlangan (fiksatsiyalangan) marshrutizatsiya, adaptatsiyalanmagan marshrutizatsiya.

**D.** Oddiy marshrutizatsiyalash, qaydlangan (fiksatsiyalangan) marshrutizatsiya, karrali marshrutizatsiya.

**57. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining matematik modellarini ko'rsating.**

**A.** Empirik, statistik, imitatsion, minimaks mezonli, intellektual modellar.

**B.** Analitik, statistik, imitatsion, minimaks mezonli, intellektual modellar.

**S.** Analitik, statistik, imitatsion, minimaks mezonli, induksion modellar.

**D.** Empirik, statistik, imitatsion, minimaks mezonli, deduksion modellar.

**58. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash analitik modeli qochon qo‘llanadi?**

**A.** Tarmoq texnik vositalar raddiyasiz ishlashida va ishdan chiqishi bo‘yicha statistik ma’lumotlar etarlicha jamlanmagan davrda.

**B.** Tarmoq texnik vositalar raddiyasi va ishdan chiqishi bo‘yicha statistik ma’lumotlar etarlicha to‘liq jamlangan davrda.

**S.** Tarmoq texnik vositalar raddiyasi va ishdan chiqishi bo‘yicha statistik ma’lumotlar etarlicha jamlanmagan davrda.

**D.** Tarmoq texnik vositalar raddiyasiz ishlashida va ishdan chiqishi bo‘yicha statistik ma’lumotlar etarlicha to‘liq jamlangan davrda.

**59. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash jarayonini modellashtirish nimalarga imkon beradi?**

**A.** Modellashtirilayotgan uchastka haqidagi dastlabki ma’lumotlarni saqlab qolish, statistika yaratish jarayonini boshqarish, teskari aloqani amalga oshirish va x.k.

**B.** Modellashtirilayotgan uchastka haqidagi dastlabki ma’lumotlarga e’tibor bermaslik, statistika yaratish jarayonini boshqarish, teskari aloqani amalga oshirish va x.k.

**S.** Modellashtirilayotgan uchastka haqidagi dastlabki ma’lumotlarni o‘zgartirish, statistika yaratish jarayonini o‘zgartirish, teskari aloqani amalga oshirish va x.k.

**D.** Modellashtirilayotgan uchastka haqidagi dastlabki ma’lumotlarni o‘zgartirish, statistika yaratish jarayonini boshqarish, teskari aloqani amalga oshirish va x.k.

**60. Optik tolali telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligini baholash minimaks mezoni mohiyati nimada?**

**A.** Minimal ekspluatatsion harajatlarda tarmoqning optimal modelini yaratish.

- B.** Maksimal ekspluatatsion harajatlarda tarmoqning optimal modelini yaratish.
- S.** Minimal ekspluatatsion harajatlarda tarmoqning kengaytirilgan modelini yaratish.
- D.** Maksimal ekspluatatsion harajatlarda tarmoqning iterativ modelini yaratish.

**61. Keyingi avlod tarmoqlari (NGN) konsepsiyasi nimadan iborat?**

- A.** Tarmoq qurilishida ko‘p sathlilik prinsipi, xizmatlar tushunchasi transformatsiyalanishi, IP-protokoli dominantligi.
- B.** Tarmoq qurilishida ko‘p sathlilik prinsipi, xizmatlar tushunchasi o‘zgarishligi, IP-protokoli dominantligi.
- S.** Tarmoq qurilishida ko‘p sathlilik prinsipi, xizmatlar tushunchasi transformatsiyalanishi, IP-protokoli xususiyatlari o‘zgarish.
- D.** Tarmoq qurilishida ko‘p sathlilik prinsipi, xizmatlar tushunchasi transformatsiyalanishi, IP-protokoli imkoniyati doimiyliigi.

**62. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchlilik masalalariga jiddiy e‘tibor berilishi sabablarini ko‘rsating.**

- A.** Telekommunikatsiyani hayotning ayrim jabhalariga sust kirib borishi, aloqa texnologiyalari sohasida tub o‘zgarishlar (radikal) yuz berishi, aloqa operatori foydalanuvchilarga yangi xizmatlarni taqdim etish zarurati.
- B.** Telekommunikatsiyani hayotning barcha jabhalariga faol kirib borishi, aloqa texnologiyalari sohasida tub o‘zgarishlar (radikal) yuz berishi, aloqa operatori foydalanuvchilarga yangi xizmatlarni taqdim etish zarurati.
- S.** Telekommunikatsiyani hayotning barcha jabhalariga faol kirib borishi, aloqa texnologiyalari sohasida tub o‘zgarishlar (radikal) bo‘lmayotganligi, aloqa operatori foydalanuvchilarga yangi xizmatlarni taqdim etish zarurati.

**D.** Telekommunikatsiyani hayotning barcha jabhalariga faol kirib borishi, aloqa texnologiyalari sohasida tub o'zgarishlar (radikal) yuz berishi, aloqa operatori foydalanuvchilarga yangi xizmatlarni taqdim etish zarurati yo'qligi.

**63. Multiservisli tarmoqlari ishonchliligining asosiy aspektlarini ko'rsating.**

**A.** Funksional va strukturaviy aspektlar

**B.** Apparatli va funksional aspektlar

**S.** Apparatli va strukturaviy aspektlar

**D.** Ob'ektlilik va strukturaviy aspektlar

**64. Multiservisli tarmoqlari ishonchliligining apparatli aspekti nima?**

**A.** Apparatli aspekt deganda, apparaturadagi asbob va ularning elementlari, kanal va liniya traktlari kiruvchi ayrim elementlar ishonchliligini aks ettirilishidir.

**B.** Apparatli aspekt deganda, apparatura alohida asbob va ularning elementlari, faqat liniya traktlariga kiruvchi alohida elementlar ishonchliligini aks ettirilishidir.

**S.** Apparatli aspekt deganda, uzal alohida asbobi va ularning elementlari, faqat kanal traktlari kiruvchi alohida elementlar ishonchliligini aks ettirilishidir.

**D.** Apparatli aspekt deganda, apparatura alohida asboblari va ularning elementlari, kanal va liniya traktlari kiruvchi alohida elementlar ishonchliligini aks ettirilishidir.

**65. Multiservisli tarmoqlari ishonchliligining strukturaviy aspekti nima?**

**A.** Strukturaviy aspekt uzellar (stansiya, punkt) yoki tarmoq liniyalarining rad etish yoki ishchanligiga bog'liq holda tarmoqning ishlashini to'la aks ettirishidir.

**B.** Strukturaviy aspekt uzellar (stansiya, punkt) yoki tarmoq liniyalarining rad etmasligi yoki ishchanligiga bog'liq holda tarmoqning ishlashini to'la aks ettirishidir.

**S.** Strukturaviy aspekt uzellar (stansiya, punkt) yoki tarmoq liniyalarining rad etish yoki qabul qilishiga bog'liq holda tarmoqning ishlashini to'la aks ettirishidir.

**D.** Strukturaviy aspekt uzellar (stansiya, punkt) yoki tarmoq liniyalarining rad etmasligi yoki uzatishga bogʻliq holda tarmoqning ishlashini toʻla aks ettirishidir.

**66. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini oshirish asosiy choralarini koʻrsating.**

**A.** YUqori ishonchli apparatura yoki liniyalarni tanlash, tarmoqning ayrim uchastkalarida rezervsiz ishlash qoʻllash, nazorat qilish va tiklash xizmatlarini tashkil qilish, kanallar va traktlarni amaliy qayta ulash va x.k.

**B.** YUqori ishonchli apparatura yoki liniyalarni tanlash, tarmoqning ayrim uchastkalarida rezervni qoʻllash, nazorat qilish va tiklash xizmatlarini tashkil qilish, kanallar va traktlarni amaliy qayta ulash va x.k.

**S.** YUqori ishonchli apparatura yoki liniyalarni tanlash, tarmoqning ayrim uchastkalarida rezervni qoʻllash, faqat tiklash xizmatlarini tashkil qilish, kanallar va traktlarni amaliy qayta ulash va x.k.

**D.** YUqori ishonchli apparatura yoki liniyalarni tanlash, tarmoqning ayrim uchastkalarida rezervni qoʻllash, faqat nazorat qilish xizmatlarini tashkil qilish, kanallar va traktlarni amaliy qayta ulash va x.k.

**67. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini taʼminlovchi sovuq rezervlash rejimi.**

**A.** Sovuq rezervlashda bir-birini oʻzaro quvvatlovchi toʻrtta tizimdan faqat bittasi ishlab turadi.

**B.** Sovuq rezervlashda bir-birini oʻzaro quvvatlovchi ettita tizimdan faqat ikkitasi ishlab turadi.

**S.** Sovuq rezervlashda bir-birini oʻzaro quvvatlovchi ikkita tizimdan faqat bittasi ishlab turadi.

**D.** Sovuq rezervlashda bir-birini oʻzaro quvvatlovchi uchtata tizimdan faqat ikkitasi ishlab turadi.

**68. Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini ta'minlovchi issiq rezervlash rejimi**

- A. Issiq rezervlashda bir-birini o'zaro quvvatlovchi ikkila tizim boshqa-boshqa vaqtda ishlab turadi.
- B. Issiq rezervlashda bir-birini o'zaro quvvatlovchi ikkila tizim alohida ishlab turadi.
- S. Issiq rezervlashda mustaqil bo'lgan ikkila tizim bir vaqtda ishlab turadi.
- D. Issiq rezervlashda bir-birini o'zaro quvvatlovchi ikkila tizim bir vaqtda ishlab turadi.

**69. Telekommunikatsiya tarmoqlarda QoS (Quality of Service) tushunchasi nimani bildiradi?**

- A. QoS tushunchasi foydalanuvchi operator taqdim etgan xizmatdan qoniqish darajasini aks ettiradigan xarakteristikalar to'plamini bildiradi.
- B. QoS tushunchasi foydalanuvchi operator taqdim etgan xizmatdan sifat darajasini aks ettirmaydigan xarakteristikalar to'plamini bildiradi.
- S. QoS tushunchasi foydalanuvchi operator taqdim etishi mumkin xizmatdan qoniqish darajasini aks ettiradigan xarakteristikalar to'plamini bildiradi.
- D. QoS tushunchasi foydalanuvchi operator taqdim etgan xizmatda kechikishlar darajasini aks ettiradigan xarakteristikalar to'plamini bildiradi.

**70. IP-tarmoqlarda paketlarni uzatish sifatini belgilovchi eng muhim birinchi guruh xarakteristikalarini ko'rsating.**

- A. IP-paket o'z vaqtida etkazilishi, kechikish variatsiyalari, yo'qolgan IP-paketlarning ulushi, hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi.
- B. IP-paket etkazilishining kechikishi, kechikish variatsiyalari, yo'qolgan IP-paketlarning ulushi, hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi.
- S. IP-paket etkazilishining kechikishi, kechikish doimiyligi, yo'qolgan IP-paketlarning ulushi, hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi.



**D.** IP-paket etkazilishining kechikishi, kechikish variatsiyalari, qabul qilingan IP-paketlarning ulushi, hatolik bilan uzatilgan IP-paketlarning ulushi.

**71. IP-tarmoqlarda paketlarni uzatish sifatini belgilovchi eng muhim ikkinchi guruh xarakteristikalarini ko‘rsating.**

**A.** Tarmoq infrastrukturasi xolati, tarmoq unumdorligi, uzatilgan paketlarning kechikishi, tarmoqning ishlashga tayyorligi.

**B.** Tarmoq infrastrukturasi xolati, tarmoq unumdorligi, muvaffaqiyatli uzatilgan paketlarning tezligi, tarmoqning ishlashga tayyorligi.

**S.** Tarmoq infrastrukturasi xolati, tarmoq xotirasi, muvaffaqiyatli uzatilgan paketlarning tezligi, tarmoqning ishlashga tayyorligi.

**D.** Tarmoq infrastrukturasi xolati, tarmoq unumdorligi, muvaffaqiyatli uzatilgan paketlarning tezligi, tarmoqning raddiyasi.

**72. Multiservisli tarmoq apparat qismi, Softswitch dasturli kommutatorining ishonchliligini ta’minlash usullarini ko‘rsating.**

**A.** Softswitch platalari qisman rezervlangan, modulli konstruksiya qo‘llanilgan, modullar bir-biridan to‘la mustaqil ishlaydi.

**B.** Softswitch platalari to‘liq rezervlangan, modulli konstruksiya qo‘llanilgan, modullar bir-biriga bog‘liq xolda ishlaydi.

**S.** Softswitch platalari to‘liq rezervlangan, modulli konstruksiya qo‘llanilgan, modullar bir-biridan to‘la mustaqil ishlaydi.

**D.** Softswitch platalari to‘liq rezervlangan, taqsimlangan konstruksiya qo‘llanilgan, modullar bir-biridan to‘la mustaqil ishlaydi.

**73. Softswitch kommutatori dasturiy ta’minotining ishonchliligini ta’minlash tadbirlarini ko‘rsating.**

**A.** Softswitch kommutatorining dasturli ta'minoti ixtiyoriy ishlashi, xatolarga bardoshlilikni va xatolarni aniqlash tizimli, qavatli, modulli tuzilishga ega.

**B.** Softswitch kommutatorining dasturli ta'minoti himoyalangan ishlashi, xatolarga e'tibor bermaslik va xatolarni aniqlash tizimli, qavatli, modulli tuzilishga ega.

**S.** Softswitch kommutatorining dasturli ta'minoti himoyalangan ishlashi, xatolarga bardoshlilikni va xatolarni o'chirish tizimli, qavatli, modulli tuzilishga ega.

**D.** Softswitch kommutatorining dasturli ta'minoti himoyalangan ishlashi, xatolarga bardoshlilikni va xatolarni aniqlash tizimli, qavatli, modulli tuzilishga ega.

#### **74. Softswitch da yuklanishni boshqarishda qo'llanilgan mexanizmlarni ko'rsating.**

**A.** YUklanishni chegaralovchi usul qo'llanishi, kodlashtirish yuklanganishga bog'liq holda dinamik o'rnatilishi, uskunalar ishini tekshirish va trafikni boshqaruvchi komandalar mavjudligi.

**B.** YUklanishni kamaytiruvchi usul qo'llanishi, kodlashtirish yuklanganishga bog'liq holda dinamik o'rnatilishi, uskunalar ishini tekshirish va trafikni boshqaruvchi komandalar mavjudligi.

**S.** YUklanishni ko'paytiruvchi usul qo'llanishi, kodlashtirish yuklanganishga bog'liq holda dinamik o'rnatilishi, uskunalar ishini tekshirish va trafikni boshqaruvchi komandalar mavjudligi.

**D.** YUklanishni chegaralovchi usul qo'llanishi, kodlashtirish yuklanganishga bog'liq holda statik o'rnatilishi, uskunalar ishini tekshirish va trafikni boshqaruvchi komandalar mavjudligi.

#### **75. Multiservisli tarmoq media shlyuzlari qanday sharoitlarda abonentlarga xizmat ko'rsata olmaydi.**

**A.** Transport tarmog‘i kommutator bilan birlashganligi sababli, tarmoq ishida nosozlik, apparat qism uskunalarida shikastlanish yoki kommutatorning o‘zida nosozliklar kelib chiqqan sharoitda.

**B.** Transport tarmog‘i kommutatordan ajralganligi sababli, tarmoq ishida nosozlik, apparat qism uskunalarida shikastlanish yoki kommutatorning o‘zida nosozliklar kelib chiqqan sharoitda.

**S.** Transport tarmog‘i kommutatordan ajralganligi sababli, tarmoq ishida nosozlik, apparat qism uskunalarida kechikish yoki kommutatorning o‘zida nosozliklar kelib chiqqan sharoitda.

**D.** Transport tarmog‘i kommutatordan ajralganligi sababli, tarmoq ishida kechikishlar, apparat qism uskunalarida shikastlanish yoki kommutatorning o‘zida nosozliklar kelib chiqqan sharoitda.

**76. Multiservisli tarmoq media shlyuzlar boshqaruvini rezervlashda qanday usullar qo‘llanadi?**

**A.** Parallel ulanishli dinamik echimi, dinamik parallel ulanishli echimi, sovuq rezervlash sxemasi.

**B.** Parallel ulanishli statik echimi, dinamik ketma-ket ulanishli echimi, sovuq rezervlash sxemasi.

**S.** Parallel ulanishli statik echimi, dinamik parallel ulanishli echimi, sovuq rezervlash sxemasi.

**D.** Parallel ulanishli statik echimi, dinamik parallel ulanishli echimi, issiq rezervlash sxemasi.

**77. Umumiy yuklanishli ishchi va rezerv kommutatorlari ishonchliligini oshirish usulini ko‘rsating.**

**A.** Ishchi va rezerv kommutatorlarni dinamik ketma-ket ulanishi tarmoq ishonchliligini oshirish echimi bo‘ladi.

**B.** Ishchi va rezerv kommutatorlarni statik parallel ulanishi tarmoq ishonchliligini oshirish echimi bo‘ladi.

**S.** Ishchi va rezerv kommutatorlarni statik ketma-ket ulanishi tarmoq ishonchliligini oshirish echimi bo‘ladi.

**D.** Ishchi va rezerv kommutatorlarni dinamik parallel ulanishi tarmoq ishonchliligini oshirish echimi bo‘ladi.

**78. Multiservisli tarmoqda ishonchlilikni ta’minlash usullarini taqqoslashdagi asosiy ko‘rsatkichlar qaysi?**

**A.** Tarmoq ishini tashkil qilish, ma’lumotlarni konfiguratsiyalash va texnik xizmat ko‘rsatish, qayta ulash tezligi, foydalanish darajasi.

**B.** Tarmoq ishini boshqarish, ma’lumotlarni konfiguratsiyalash va texnik xizmat ko‘rsatish, qayta ulash tezligi, foydalanish darajasi.

**S.** Tarmoq ishini tashkil qilish, ma’lumotlarni saqlash va texnik xizmat ko‘rsatish, qayta ulash tezligi, foydalanish darajasi.

**D.** Tarmoq ishini boshqarish, ma’lumotlarni tahlillash va texnik xizmat ko‘rsatish, qayta ulash tezligi, foydalanish darajasi.

**79. Telekommunikatsiya korporativ tarmoqlari tarkibini ko‘rsating.**

**A.** Kirish tarmog‘i, foydalanuvchi tarmog‘i, servis markazi, resurslar markazi.

**B.** Kirish tarmog‘i, transport tarmog‘i, servis markazi, resurslar markazi.

**S.** Kirish tarmog‘i, transport tarmog‘i, xizmat ko‘rsatish markazi, resurslar markazi.

**D.** Kirish tarmog‘i, transport tarmog‘i, servis markazi, xotiralar markazi.

**80. Telekommunikatsiya korporativ tarmoqlari ishonchliligini tadqiqlash modellarini ko‘rsating.**

**A.** 1. Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i – tahlil markazi – resurslar markazi. 2. Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i. 3. Transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi.

**B.** 2. Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi. 2. Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i. 3. Transport tarmog‘i – tahlil markazi – resurslar markazi.

**S. 1.** Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi. 2. Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i. 3. Transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi.

**D. 1.** Kirish tarmog‘i – transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi. 2. Kirish tarmog‘i – resurslar markazi. 3. Transport tarmog‘i – servis markazi – resurslar markazi.

**81. Korporativ tarmoqning transport tarmog‘iga ortiqchalilik blokini kiritish maqsadi?**

**A.** Ma’lumotlar uzatish kanallarini o‘zgartirmaslik.

**B.** Ma’lumotlar uzatish kanallarini kamaytirish.

**S.** Ma’lumotlar uzatish kanallarini o‘zgaruvchan qilish.

**D.** Ma’lumotlar uzatish kanallarini orttirish.

**82. Korporativ tarmoqning transport tarmog‘ining ortiqchalilik bloklari nechta holatda bo‘lishi mumkin?**

**A.** Ikkita blok to‘rtta turli holatda bo‘lishi mumkin.

**B.** Ikkita blok sakkizta turli holatda bo‘lishi mumkin.

**S.** To‘rtta blok to‘rtta turli holatda bo‘lishi mumkin.

**D.** To‘rtta blok sakkizta turli holatda bo‘lishi mumkin.

**83. Korporativ tarmoqning ortiqchalilik bloklari holatlarini ko‘rsating.**

- A. Ikkala bloklar normal ishlab turgan xolat, ikkita blokdan faqat bittasi zahirada turgan holat va ikkala blok ham ishlaymay turgan holat.
- B. Ikkala bloklar normal ishlab turgan xolat, ikkita blokdan faqat bittasi ishlab turgan holat va ikkala blok ham ishlaymay turgan holat.
- S. Ikkala bloklar normal ishlab turgan xolat, ikkita blokdan faqat bittasi ishlab turgan holat va ikkala blok ham zahirada turgan holat.
- D. Ikkala bloklar normal ishlab turgan xolat, ikkita blokdan faqat bittasi ishlab turgan holat va ikkala blok ham ishlab turgan holat.

**84. Korporativ tarmoq qachon funktsionali deb hisoblanadi?**

- A. Kirish liniyalarining 30% dan 70% gacha ishlasa.
- B. Kirish liniyalarining 70% dan 90% gacha ishlasa.
- S. Kirish liniyalarining 90% dan 100% gacha ishlasa.
- D. Kirish liniyalarining 90% dan 94% gacha ishlasa.

**85. Korporativ tarmoqda to'rtta mijozlar guruhi lokal hisoblash tarmog'i ulangan bitta kirish liniyasidan tashkil topsa, qanday sharoitda korporativ tarmoqlarning xizmatlari mijozlarga etishishli deb hisoblanadi?**

- A. To'rtta lokal hisoblash tarmog'idan kamida ikkitasi ishlab tursa.
- B. To'rtta lokal hisoblash tarmog'idan kamida bittasi ishlab tursa.
- S. To'rtta lokal hisoblash tarmog'idan kamida to'rttasi ishlab tursa.
- D. To'rtta lokal hisoblash tarmog'idan kamida uchitasi ishlab tursa.

**86. Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilikka bog'liq bo'lgan xususiyatlarini ko'rsating.**

- A. rad etishsizlik; uzoq davriylik; ta'mirga yaroqlilik; qayta tiklanuvchanlik; xizmat muddati.

**B.** rad etishlik; uzoq davriylik; ta'mirga yaroqsizlik; qayta tiklanuvchanlik; xizmat muddati.

**S....** rad etishsizlik; uzoq davriylik; ta'mirga yaroqlilik; qayta tiklanmaslik; xizmat muddati.

**D...** rad etishlik; uzoq davriylik; ta'mirga yaroqlilik; qayta tiklanuvchanlik; xizmat muddati.

**87. Telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishini tanlash va o'tkazish qobiliyatini aniqlashda qanday ko'rsatkichlarga ega bo'lish kerak?**

**A.** Tarmoqning kechiktirish ko'rsatkichi va boshlang'ich ma'lumotlarga ega bo'lish kerak.

**B.** Tarmoqning samaradorlik ko'rsatkichi va boshlang'ich ma'lumotlarga ega bo'lish kerak.

**S.** Tarmoqning samaradorlik ko'rsatkichi va keyingi ma'lumotlarga ega bo'lish kerak.

**D.** Tarmoqning kechiktirish ko'rsatkichi va keyingi ma'lumotlarga ega bo'lish kerak.

**88. Qanday ko'rsatkichlar boshlang'ich ma'lumotlarga kiradi?**

**A.** Tarmoqning joylashishi va uzellar soni, trassa va ularning xotiralari, zarur bo'lgan kanallar soni, o'tkazish qobiliyati, uzatish tizimi, liniyalar majmuasi.

**B.** Tarmoqning joylashishi va uzellar soni, trassa va ularning ishonchliligi, qo'shimcha kanallar soni, o'tkazish qobiliyati, uzatish tizimi, liniyalar majmuasi.

**S.** Tarmoqning joylashishi va uzellar soni, trassa va ularning ishonchliligi, zarur bo'lgan kanallar soni, o'tkazish qobiliyati, uzatish tizimi, liniyalar majmuasi.

**D.** Tarmoqning joylashishi va uzellar soni, trassa va ularning xotiralari, qo'shimcha kanallar soni, o'tkazish qobiliyati, uzatish tizimi, liniyalar majmuasi.

**89. Telekommunikatsiya tarmoqlarini tahlil qilishda mezonlar sifatida qanday ko‘rsatkichlar ishlatiladi?**

**A.** Qirralarning umumiy kengligi, kanallarning umumiy uzunligi, tarmoqning umumiy quvvati, tarmoqning umumiy narxi.

**B.** Qirralarning umumiy uzunligi, kanallarning umumiy xotiralari, tarmoqning umumiy quvvati, tarmoqning umumiy narxi.

**S.** Qirralarning umumiy kengligi, kanallarning umumiy xotiralari, tarmoqning umumiy quvvati, tarmoqning umumiy narxi.

**D.** Qirralarning umumiy uzunligi, kanallarning umumiy uzunligi, tarmoqning umumiy quvvati, tarmoqning umumiy narxi.

**90. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini xarakterlash ko‘rsatkichlarini belgilang.**

**A.** Tarmoqning ishonchliligini tarmoq qirralari (liniyalar, kanallar) ishonchliligi, tarmoqning uzellari juftlari uchun – eng qisqa yo‘llar (bog‘lanishlarning “real” ishonchliligi) yoki barcha yo‘llarning (potensial ishonchlilik) ishonchlilik ko‘rsatkichlari bilan xarakterlash mumkin.

**B.** Tarmoqning ishonchliligini tarmoq cho‘qqilari (uzellar, kanallar) ishonchliligi, tarmoqning uzellari juftlari uchun – eng qisqa yo‘llar (bog‘lanishlarning “ideal” ishonchliligi) yoki barcha yo‘llarning (potensial ishonchlilik) ishonchlilik ko‘rsatkichlari bilan xarakterlash mumkin.

**S.** Tarmoqning ishonchliligini tarmoq qirralari (liniyalar, kanallar) ishonchliligi, tarmoqning uzellari juftlari uchun – eng uzun yo‘llar (bog‘lanishlarning “real” ishonchliligi) yoki barcha yo‘llarning (potensial ishonchlilik) ishonchlilik ko‘rsatkichlari bilan xarakterlash mumkin.

**D.** Tarmoqning ishonchliligini tarmoq cho‘qqilari (uzellar, kanallar) ishonchliligi, tarmoqning uzellari juftlari uchun – eng uzun yo‘llar (bog‘lanishlarning “real”



ishonchliligi) yoki barcha yo'llarning (potensial ishonchlilik) ishonchlilik ko'rsatkichlari bilan xarakterlash mumkin.

**91. Telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini xarakterlovchi ehtimolliги funksiyalarni ko'rsating.**

**A.** Tarmoq ishonchliligini  $L$  qirralar,  $\Lambda$  kanallar va  $D$  bog'lanishlarning umumiy sonidan ma'lum bir qismi buzilib qolish ehtimolliги funksiyalari (grafiklari) bilan xarakterlanishi mumkin.

**B.** Tarmoq ishonchliligini  $L$  qirralar,  $\Lambda$  kanallar va  $D$  bog'lanishlarning umumiy sonidan ma'lum bir qismi saqlanib qolish ehtimolliги funksiyalari (grafiklari) bilan xarakterlanishi mumkin.

**S.** Tarmoq ishonchliligini  $L$  qirralar,  $\Lambda$  kanallar va  $D$  bog'lanishlarning umumiy sonidan ma'lum bir qismi saqlanib qolish ehtimolliги dipersiyalari (gistogrammalar) bilan xarakterlanishi mumkin.

**D.** Tarmoq ishonchliligini  $L$  qirralar,  $\Lambda$  kanallar va  $D$  bog'lanishlarning umumiy sonidan ma'lum bir qismi buzilib qolish ehtimolliги dipersiyalari (gistogrammalar) bilan xarakterlanishi mumkin.

**92. Telekommunikatsiya tarmoqlari qirralarining raddiyasi nima?**

**A.** Qirrani tashkil etuvchi kanallar (liniyalar) yohud qisman ishdan chiqqan, yohud ularning parametrlari shunchalik yomonlashganki, mazkur aloqa turi uchun ularni qisman ishlatib bo'lmaydi.

**B.** Qirrani tashkil etuvchi kanallar (liniyalar) yohud butunlay ishdan chiqqan, yohud ularning xotiralari shunchalik yomonlashganki, mazkur aloqa turi uchun ularni ishlatib bo'ladi.

**S.** Qirrani tashkil etuvchi kanallar (liniyalar) yohud butunlay ishdan chiqqan, yohud ularning parametrlari shunchalik yomonlashganki, mazkur aloqa turi uchun ularni ishlatib bo'lmaydi.

**D.** Qirrani tashkil etuvchi kanallar (liniyalar) yohud qisman ishdan chiqqan, yohud ularning xotiralari shunchalik yomonlashganki, mazkur aloqa turi uchun ularni ishlatib bo‘lmaydi.

**93.Telekommunikatsiya tarmoqlari qirralarining ishonchliligi nima?**

**A.** CHo‘qqi elementlarining apparatli ishonchliligi va liniyaviy qurilmalarning mexanik raddiyasi.

**B.** Qirra elementlarining apparatli raddiyasi va liniyaviy qurilmalarning mexanik sozligi.

**S.** CHo‘qqi elementlarining apparatli ishonchliligi va liniyaviy qurilmalarning mexanik sozligi.

**D.** Qirra elementlarining apparatli ishonchliligi va liniyaviy qurilmalarning mexanik sozligi.

**94.Telekommunikatsiya tarmoqlari uzelineg raddiyasi....**

**A.....** axborotni kiruvchi kanallardan chiquvchilarga uzatish imkoniyati yo‘qligidir.

**B.....**axborotni kiruvchi kanallardan qo‘shni kiruvchiga uzatish imkoniyati yo‘qligidir.

**S.....**axborotni chiquvchi kanallardan chiquvchilarga uzatish imkoniyati yo‘qligidir.

**D.....**axborotni chiquvchi kanallardan qo‘shni chiquvchilarga uzatish imkoniyati yo‘qligidir.

**95.Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanligi .....**

**A.....** bog‘lanishlar soni o‘zgarmaganda tarmoqning o‘z hususiyatlarini saqlab qolishi va hech bo‘lmasa sifati o‘zgarmagan punktlar o‘rtasida bog‘lanish ta’minlanishini tushuniladi.

**B....** bog‘lanishlar soni kamayganda tarmoqning o‘z hususiyatlarini saqlab qolishi va hech bo‘lmasa sifati pasaygan punktlar o‘rtasida bog‘lanish ta‘minlanishini tushuniladi.

**S....** bog‘lanishlar soni kamayganda tarmoqning o‘z hususiyatlarini o‘zgartirishi va hech bo‘lmasa sifati pasaygan punktlar o‘rtasida bog‘lanish taqsimlashi tushuniladi.

**D...** bog‘lanishlar soni o‘zgarmaganda tarmoqning o‘z hususiyatlarini saqlab qolishi va hech bo‘lmasa sifati pasaygan punktlar o‘rtasida bog‘lanish taqsimlashi tushuniladi.

**96. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarishning (HODB) ishonchliligi deyilganda nima tushuniladi?**

**A.** Atrof-muhitning noqulay ta‘siri sharoitlarida HODB ning talab qilingan xotira bo‘yicha ishlash xususiyati tushuniladi.

**B.** Atrof-muhitning noqulay ta‘siri sharoitlarida HODB ning talab qilingan raddiya qiymatlari bo‘yicha ishlash xususiyati tushuniladi.

**S.** Atrof-muhitning noqulay ta‘siri sharoitlarida HODB ning talab qilingan sifatda ishlash xususiyati tushuniladi.

**D.** Atrof-muhitning noqulay ta‘siri sharoitlarida HODB ning talab qilingan kechikishni ta‘minlagan xolda ishlash xususiyati tushuniladi.

**97. HODB ning avtomatlashtirilgan tizimini (AT) ekspluatatsiyalashda, birinchi navbatda nimaga e‘tibor berish lozim?**

**A.** HODB AT ning ishlashini nazorat qilmasdan va talab qilingan ishonchlilikni ta‘minlashga jiddiy e‘tibor berish zarur.

**B.** HODB AT ning ishlashida kechikishni nazorat qilish va talab qilingan ishonchlilikni ta‘minlashga jiddiy e‘tibor berish zarur.

**S.** HODB AT ning ishlashida xotirani doimiy nazorat qilish va talab qilingan ishonchlilikni ta‘minlashga jiddiy e‘tibor berish zarur.

**D.** HODB AT ning ishlashini doimiy nazorat qilish va talab qilingan ishonchlilikni ta'minlashga jiddiy e'tibor berish zarur.

**98. HODB ATning ishonchliligini aniqlashda nimani hisobga olish kerak?**

**A.** HODB AT tuzilmasining xos xususiyatlarini, uning dasturiy-texnik vositalarining xarakteristikalarini hisobga olish zarur.

**B.** HODB AT tuzilmasining moslashuvchanligini, uning dasturiy-texnik vositalarining xarakteristikalarini hisobga olish zarur.

**S.** HODB AT tuzilmasining xos xususiyatlarini, uning dasturiy-texnik imkoniyatlarining xarakteristikalarini hisobga olish zarur.

**D.** HODB AT tuzilmasining moslashuvchanligini, uning dasturiy-texnik imkoniyatlarining xarakteristikalarini hisobga olish zarur.

**99. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimining (HODB AT) elementli ishonchliligini hisoblashda nimaga yondashiladi?**

**A.** Markov tasodifiy jarayoniga asoslangan zahiralanadigan qayta tiklanmaydigan texnik vositaning holatlar grafigiga.

**B.** Markov tasodifiy jarayoniga asoslangan zahiralanmaydigan qayta tiklanadigan texnik vositaning holatlar grafigiga.

**S.** Markov tasodifiy jarayoniga asoslangan zahiralanadigan qayta tiklanadigan texnik vositaning kechikishlar grafigiga.

**D.** Markov tasodifiy jarayoniga asoslangan zahiralanmaydigan qayta tiklanmaydigan texnik vositaning kechikishlar grafigiga.

**100. Hududiy operativ-dispetcherlik boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimining (HODB AT) strukturaviy ishonchliligini hisoblashda nimaga yondashiladi?**

- A.** HODB ATni ikki qutbli tarmoqning statistik qayta nomerlangan grafining strukturasi deb farazlanishiga.
- B.** HODB ATni ikki qutbli tarmoqning tasodifiy qayta tiklangan grafining strukturasi deb farazlanishiga.
- S.** HODB ATni ikki qutbli tarmoqning tasodifiy qayta nomerlangan grafining strukturasi deb farazlanishiga.
- D.** HODB ATni ikki qutbli tarmoqning statistik qayta tiklangan grafining strukturasi deb farazlanishiga.

## ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoevning mamlakatimizni 2016 yilda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirishning asosiy yakunlari va 2017 yilga mo‘ljallangan iqtisodiy dasturning eng muhim ustuvor yo‘nalishlariga bag‘ishlangan Vazirlar Mahkamasining kengaytirilgan majlisidagi ma‘ruzasi. 2017 yil 14 yanvar.

2. Шобар Д., Галекович К. «ENGINE – решение для коммуникации речью, данными и мультимедиа». Журнал Revija, том 14-й № 1-2. Загреб, 2002 год..

3. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. Учебник для вузов. СПб.: БХВ — Санкт-Петербург, 2009.

4. Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN. //Вестник связи, № 9, 2007.

5. Дудник Б.Я. и др. Надежность и живучесть систем телекоммуникации. – М.: Радио и связь, 1985.

6. Ломовицкий и др. Основы построения систем и сетей передачи информации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.

7. Войлоков В.И., Птицын Г.А. Сравнение сетей сообщений по живучести. // Электросвязь – 1991. № 4.

8. Птицын Г.А. Живучесть сетей телекоммуникации. // Электросвязь – 2001. № 2.

9. Здоровцев И.А. Модель вероятностно-статистической оценки характеристик надежности волоконно-оптических линий передачи. //ВКСС – Connect». – 2003. № 3.

10. Intelligent Network 2.1. AXE-10 Local 12.4 O&M. Ericsson Telecom, Ericsson-Center in London.

11. “Understanding Telecommunication networks” – London, UK, 2006 year, 352 p. author Andy Valdar; The university Engineering and Technologies.

12. “Modeling and analysis of Telecommunication network” - USA, 2004 year, 414p. Author John Wiley and Sons.

13. “The CRC handbook of modern telecommunications” - Washing ton DC, 2001 year, 335p. author Patricia Morreale and Kornel Terplan

14. “Fundamentals of Telecommunication” 2<sup>nd</sup> edition – Canada, 2005 year, 705p. Author Roger L.

15. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г.. Сети связи. Учебник для вузов. - СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2009.

16. Гултўраев Н.Х., Ходжаев Н.С., Нормуродов А.Д. Телекоммуникация тармоқлари. Дарслик -Т.: “Fan va texnologiya”, 2011.

## MUNDARIJA

	<b>KIRISH.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>ISHONCHLILIK NAZARIYASI ELEMENTLARI.....</b>	<b>5</b>
1.1	Ishonchlilik nazariyasining asosiy tushunchalari.....	7
1.2	Ishonchlilikning miqdoriy xarakteristikalari.....	12
1.3	Texnik tizimlar ishonchliliğini tahlil qilish usullari.....	15
1.3.1	Texnik tizimlarning strukturaviy sxemasini tavsiflash.....	16
1.3.2	Mantiqiy algebra funksiyalarini tavsiflash.....	17
1.3.3	Ishonchlilikni tahlil qilish mantiqiy – ehtimollik usullari.....	19
<b>2</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI VA TARMOQLARI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR.....</b>	<b>25</b>
2.1	Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarining asosiy strukturaviy xususiyatlari .....	25
2.2	Ikki va ko'p qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari.....	28
2.3	Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash umumlashgan algoritmi.....	31
2.4	Telekommunikatsiya tarmoqlarining matematik modeli.....	33
2.5	Telefon aloqa tizimining ishlash ayrim algoritmlari.....	36
2.6	Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishlash samaradorligini baholash .....	40
2.7	Aloqa tizimlarining ishlash samaradorligini baholashning umumiy qoidalari, maqsadlari va masalalari .....	45
<b>3</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING ISHONCHLILIGI .....</b>	<b>59</b>
3.1	Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchlilik ko'rsatkichlari.....	62
3.2	Telekommunikatsiya tarmoqlarining yashovchanlik ko'rsatkichlari..	68
<b>4</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING ISHONCHLILIK KO'RSATKICHLARINI HISOBLASH USULLARI.....</b>	<b>72</b>
4.1	Ishonchlilikni hisoblash usullarining klassifikatsiyasi.....	72
4.2	Telekommunikatsiya tarmoqlari elementlari holatini to'g'ridan-to'g'ri saralash usuli.....	75
4.3	Telekommunikatsiya tarmoqlari yo'llari holatini to'g'ridan-to'g'ri saralash usuli .....	77
4.4	Ajratish teoremasidan foydalanib ishonchlilik ko'rsatkichlarini aniqlash .....	79
4.5	Bog'langanlik ehtimolligini ajratish teoremasi asosida hisoblash..	83
4.6	Bul algebra o'zgartirgichlaridan foydalanib ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash .....	88
4.7	Bardoshlikning xususiy ko'rsatkichi bo'yicha telekommunikatsiya	



	tarmoqlarining ishlashini baholash .....	<b>101</b>
4.8	Ikki qutbli telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligini hisoblash korrelyasion usuli .....	<b>108</b>
<b>5</b>	<b>OPTIK TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING ISHONCHLILIGI .....</b>	<b>116</b>
5.2	Optik telekommunikatsiya tarmog‘ida marshrutlashni hisobga olganda tarmoq elementining ishonchliligi.....	<b>116</b>
5.2	Mashrutizatorlarning vazifasi va ularning axborot almashinishidagi o‘rni .....	<b>120</b>
5.3	Optik tarmoqlarda axborot uzatilishida tarmoq elementining ishonchliligi.....	<b>124</b>
5.4	Optik telekommunikatsiya tarmoqlari ishonchliligining matematik modellari.....	<b>133</b>
<b>6</b>	<b>MULTISERVISLI TARMOQLARDA ISHONCHLILIKNI TA’MINLASH NAZARIY ASOSLARI.....</b>	<b>150</b>
6.1	Keyingi avlod tarmoqlarining (NGN) ishonchlik masalalari .....	<b>150</b>
6.2	Multiservisli tarmoqlar ishonchliligi .....	<b>159</b>
6.3	Multiservisli tarmoqlar ishonchliligini oshirish asoslari.....	<b>162</b>
6.4	Multiservisli tarmoqlarda paketlarni uzatish xarakteristikalarini .....	<b>165</b>
<b>7</b>	<b>MULTISERVISLI TARMOQ ISHONCHLILIGINI OSHIRISH USULLARI.....</b>	<b>169</b>
7.1	Multiservisli tarmoq apparat qismining ishonchliligi.....	<b>169</b>
7.2	Multiservisli tarmoq elementlarini boshqarishning ishonchliligi.....	<b>171</b>
<b>8</b>	<b>KORPORATIV TARMOQLAR ISHONCHLILIGINI HISOBLASH.....</b>	<b>181</b>
8.1	Korporativ tarmoqlar ishonchliligi .....	<b>181</b>
8.2	Transport tarmog‘ining ishonchliligini hisoblash .....	<b>184</b>
8.3	Korporativ tarmoqlar ishonchliligini oshirish yo‘llari .....	<b>187</b>
8.4	Iшонchlikning kombinatorik modeli.....	<b>195</b>
<b>9</b>	<b>TELEKOMMUNIKATSIYA TARMOQLARINING UMUMLASHGAN ISHONCHLILIK KO‘RSATKICHLARI....</b>	<b>199</b>
9.1	Telekommunikatsiya tarmoqlarining strukturaviy ishonchliligi.....	<b>199</b>
9.2	Telekommunikatsiya tarmoqlarining tuzilishini tahlil qilish usuli.....	<b>207</b>
9.3	Strukturaviy murakkab tarmoqlarining ishonchlik ko‘rsatkichlarini aniqlash .....	<b>210</b>
<b>10</b>	<b>DISPETCHERLIK BOSHQARISH TARMOG‘INING ISHONCHLILIGI.....</b>	<b>218</b>

10.1	Hududiy operativ dispetcherlik boshqarishning xarakteristikasi.....	<b>218</b>
10.2	Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining ishonchlilik aspektlari.....	<b>223</b>
10.3	Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining elementli aspekti.....	<b>225</b>
10.4	Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining strukturaviy aspekti.....	<b>228</b>
10.5	Hududiy operativ dispetcherlik boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining ishonchliligini hisoblash.....	<b>232</b>
	<b>XULOSA.....</b>	<b>241</b>
	<b>NAZORAT TESTLARI.....</b>	<b>244</b>
	<b>ADABIYOTLAR .....</b>	<b>285</b>

Telekommunikatsiya tarmoqlarining ishonchliligi  
5A350104 – Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlarida  
axborot xavfsizligi  
mutaxassisligi talabalari uchun  
darslik

TI kafedrasining 2018 yil “ 27 ” 03,  
34- sonli bayonnoma) majlisida  
ko‘rib chiqildi va chop etishga tavsiyalandi

TT fakultetining ilmiy-uslubiy Kengashida  
ko‘rib chiqildi va chop etishga tavsiyalandi  
2018 yil “ 03 ” 04 , 8 - sonli bayonnoma

TATU ilmiy-uslubiy Kengashida  
ko‘rib chiqildi va chop etishga tavsiyalandi  
2018yil “\_20 \_” \_04\_ , \_9(110)\_ - sonli bayonnoma

Tuzuvchilar: N.X.Gulturaev  
L.E.Bayjonova  
X.R.Davletova

Taqrizchilar: I.R.Berganov  
R.I.Isaev

Mas’ul muxarrir: A.M.Eshmuradov  
Korrektor: S.X.Abdullaeva