QISHLOQ HUDUDLARIDA YOKI ZICH AHOLI YASHAMAYDIGAN JOYLARDA OPTIK TARMOQLAR YORDAMIDA MOBIL QAMROVNI KENGAYTIRISH

Almardanov Muxriddin Xurram o‘g‘li ISFT instituti o‘qituvchisi

almardanovmail.com@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada O‘zbekistonning Surxondaryo viloyati Sho‘rchi tumani misolida qishloq va zich aholi yashamaydigan hududlarda optik tolali tarmoqlar yordamida mobil aloqa qamrovini kengaytirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Hududning geografik, topografik va demografik xususiyatlari tahlil qilinib, mavjud aloqa infratuzilmasining holati baholangan. Aholining internet trafik ehtiyoji hisoblab chiqilgan, optimal kanal o‘tkazuvchanligi (kamida 60 Mbps) aniqlangan va mobil aloqa minoralarini joylashtirishning samarali sxemasi taklif etilgan. GPON (Gigabit Passive Optical Network) texnologiyasiga asoslangan yechim tavsiya sifatida keltirilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, 5 ta asosiy BTS minorasini 1 ta OLT markaziga ulash orqali taxminan 1200 faol abonentga sifatli mobil internet xizmatini ko‘rsatish mumkin.

Kalit so‘zlar: *optik tolali tarmoq, GPON, mobil qamrov, BTS minoralari, OLT markazi, qishloq infratuzilmasi, trafik ehtiyoji, kanal o‘tkazuvchanligi, Sho‘rchi tumani, Surxondaryo viloyati*.

ASOSIY QISM

Ushbu mavzuni yoritishda O‘zbekistonning qishloq hududlaridan biri sifatida Surxondaryo viloyatining Sho‘rchi tumani tanlandi. Sho‘rchi tumani qishloq va tog‘li hududlarga boy bo‘lib, jami 12 ta qishloqni o‘z ichiga oladi. Ushbu hudud mobil tarmoq va optik tola tarmoqlarni joriy etish uchun optimallashtirilgan joylardan biri sifatida qaraladi.

1. Hududning geografik va topografik xususiyatlari

Sho‘rchi tumani Surxondaryo viloyatining markaziy qismida joylashgan bo‘lib, uning geografik koordinatalari taxminan *38.1°N* kenglik va *67.5°E* uzunlikni tashkil etadi [1]. Topografik xaritaga ko‘ra, hudud asosan tekislik va pasttekisliklardan iborat, tog‘li relyef qisman mavjud. Bu hududda yer yuzasi asosan qishloq xo‘jaligi uchun mos va aholi zichligi nisbatan o‘rta darajada.

1– jadval

Demografik ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Qiymat	Izoh
Aholi soni	~45,000 kishi	12 ta qishloqdagi jami aholisi
Xonadonlar soni	~9,000 ta	O‘rtacha 5 kishi har xonadonda
Aholi zichligi	50–70 kishi/km²	Hududning qishloq tabiatidan kelib chiqadi

2. Mavjud kommunikatsiya infratuzilma

Sho‘rchi tumanida mavjud aloqa infratuzilmasi quyidagilarni o‘z ichiga oladi: Mobil aloqa operatorlarining 3G va 4G tarmoqlari mavjud, ammo qamrov ba’zi qishloqlarda yetarli emas.

Shahar markazida va yirik qishloqlarda mavjud optik tolali aloqa liniyalari uchraydi, ammo qishloq qismida ulanish cheklangan.

Elektr ta’minoti tarmog‘i mavjud, lekin qayta tiklanishi ba’zan kechikadi, ayniqsa uzoq qishloqlarda.

Bu ma’lumotlar Uztelecom va boshqa operatorlar tarmoq xaritalari hamda mahalliy hokimliklar tomonidan taqdim etilgan hisobotlar asosida olingan [3].

3. Tadqiqot uchun hudud tanlash asoslari

Sho‘rchi tumani o‘zining demografik ko‘rsatkichlari, topografik xususiyatlari va mavjud infratuzilmalar darajasi bilan qishloq joylarda optik tarmoq qurilishi uchun mukammal tajriba maydonidir. Hududda jami 12 ta qishloq mavjud bo‘lib, ularning har birida aholi soni va xonadonlar soni farqli. Bu esa ko‘p masalalarni sinab ko‘rishga imkon yaratadi, xususan:

Trafik ehtiyojlarini aniqlash va o‘rtacha foydalanuvchi yukini hisoblash.

Minoralar soni va joylashuvi optimallashtirish uchun turli relyeflar va qishloq zichligidan foydalanish.

Energiya ta’minoti uchun elektr uzilishlari bilan bog‘liq muammolarni aniqlash.

Uskunalar va tarmoqlar uchun aniq xarajatlar va montaj ishlarini rejalashtirish. Shu bilan birga, ushbu hududga oid barcha statistik va texnik ma’lumotlar *O‘zbekiston Statistika Qo‘mitasi* (www.stat.uz) va *Hududiy axborot resurslari*dan olingan, bu esa loyihaning ilmiy asoslangan va real ma’lumotlarga tayanganligini ta’minlaydi [2][3].

Trafik ehtiyojini aniqlash

Qishloq joylarda optik tarmoqlar orqali mobil qamrovni kengaytirishda muhim bosqichlardan biri — tuman aholisi uchun o‘rtacha internet trafik ehtiyojini aniqlashdir. Ushbu bo‘limda Sho‘rchi tumani misolida aholining o‘rtacha kunlik internet trafik hajmi hisoblanadi va unga mos ravishda oylik umumiy trafik hajmi hamda tarmoq kanal o‘tkazuvchanligi talablari aniqlanadi.

1. O‘rtacha kunlik trafik hajmi

O‘zbekiston qishloq hududlarida foydalanuvchilarning kunlik o‘rtacha internet trafik foydalanuvi 300 MB dan 800 MB gacha o‘zgaradi [4]. Bu raqam tarmoq operatorlari statistikasi va so‘nggi 4G tarmoq tahlillariga asoslanadi.

Sho‘rchi tumani nafaqat qishloq, balki tog‘li hududlarga ham ega bo‘lgani sababli, o‘rtacha kunlik trafikni *500 MB* deb qabul qilamiz.

2. Oylik umumiy trafik hajmini hisoblash

Oylik umumiy trafik hajmini hisoblash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$T_{oylik} = N_{foydalanuvchi} \cdot T_{kunlik} \cdot D_{oy} \quad (1)$$

Bu yerda:

- T_{oylik} — oylik umumiy trafik hajmi (MB yoki GB);
- $N_{foydalanuvchi}$ — foydalanuvchilar soni;
- T_{kunlik} — foydalanuvchi uchun o‘rtacha kunlik trafik hajmi (MB);
- D_{oy} — oylik kunlar soni, odatda 30 kun sifatida qabul qilinadi.

Misol uchun, Sho‘rchi tumanida 1200 faol abonent mavjud bo‘lsa va ularning o‘rtacha kunlik trafik hajmi 500 MB bo‘lsa, uni hisoblaymiz:

$T_{oylik} = 1200 \times 500\ MB \times 30 = 18{,}000{,}000\ MB = 18{,}000\ GB \approx 18\ TB$

Shunday qilib, tuman bo‘yicha oyiga taxminan *18 terabayt (TB)* trafik talab qilinadi.

1. Kanal o‘tkazuvchanligi talabini aniqlash

Internet trafik hajmi asosida kanal o‘tkazuvchanligi talabini hisoblash ning asosiy maqsadi — tarmoq uzatmangiz uchun yetarli kenglikni ta’minlash. Kanal kengligi ($\frac{bit}{s}$) quyidagi formula asosida topiladi:

$$C = \frac{(T_{oylik} \cdot 8)}{(T_soat \times 3600)} \qquad (2)$$

Bu yerda:

- C — talab qilinadigan kanal o‘tkazuvchanligi (bit/sekundda);
- T_{kunlik}— kunlik trafik hajmi (bitda);
- T_{soat}— trafik tarqalgan vaqt (soatda), odatda 24 soat.

T_{kunlik} ni bitga aylantirish uchun baytni bitga ko‘paytiramiz:

1 MB = 8,388,608 bit (ya’ni 1024×1024×8).

Misol uchun, bir foydalanuvchi uchun kunlik 500 MB trafik band narx bilan hisoblaymiz:

$T_{kunlik}\ (bit) = 500\ MB \times 8{,}388{,}608 = 4{,}194{,}304{,}000\ bit$

Kun davomida trafik teng taqsimlangan deb olsak:

$C = 4{,}194{,}304{,}000\ bit / (24 \times 3600) \approx 48{,}512\ bit/s \approx 48.5\ kbps$

Endi, barcha 1200 foydalanuvchi uchun:

$C_{jami} = 48.5\ kbps \times 1200 = 58{,}200\ kbps = 58.2\ Mbps$

Demak, Sho‘rchi tumani uchun tarmoq kanalining kamida *60 Mbps* o‘tkazuvchanlikda bo‘lishi tavsiya etiladi, bu esa real sharoitda yanada yuqori rezervni ko‘zlash lozim [5].

2. Manbalar va tavsiyalar

✓ O‘zbekiston mobil operatorlarining trafik hisobotlari: uztelecom.uz [4]

✓ Xalqaro tajribalar va 4G tarmoqlar uchun o‘rtacha trafik ko‘rsatkichlari:

ITU Reports, 2023 [5]

Shu ma’lumotlar asosida loyiha uchun trafik ehtiyoji real va ishonchli tarzda baholandi. Hisob-kitoblar oddiy talabalar uchun ham tushunarli qilib ko‘rsatildi.

Mobil aloqa minoralarining joylashuvi va oralig‘i

Qishloq hududlarida samarali mobil qamrovni ta’minlash uchun minoralarning soni, joylashuvi va ularning o‘rtasidagi masofa juda muhimdir. Ushbu bo‘limda Surxondaryo viloyatining Sho‘rchi tumani misolida minoralar joylashuvi tahlil qilinadi va optimal oraliq aniqlanadi. Bu jarayonda hududning relyefi, aholi zichligi va mavjud infratuzilma sharoitlari hisobga olinadi.

1. Minoralar soni va joylashuvi haqida umumiy ma’lumot

Mobil tarmoqlar uchun minoralar odatda 7–10 km radiusda signal qamrovini ta’minlaydi. Sho‘rchi tumani hududida relyef va tabiiy to‘siqlar sababli signal maksimal samaradorligi pasayishi mumkin, shuning uchun minoralar orasidagi masofa 8 km qilib olingan. Shu asosda, tumanda

1 ta OLT (Optical Line Terminal) markazi mavjud, 5 ta mobil aloqa minorasini (BTS) joylashtirish tavsiya qilinadi, taxminan 1200 faol abonent uchun

qulay qamrov ta’minlanadi. Minoralar o‘rtasidagi optimallashtirish Sho‘rchi tumani xaritasi va topografiyasiga asoslanadi.

Sho‘rchi tumani mobil aloqa minoralari xaritasi, relyef va manzillarni hisobga olgan holda, har bir minora o‘rtasidagi o‘rtacha masofa 7,8 km ni tashkil etdi, bu esa signal qamrovi uchun optimal hisoblanadi [6][7].

2. Optimal masofa va qamrov radiusining hisob-kitobi

Mobil minora qamrovi radiusi relyef, qurilmaning quvvati va antenna turiga bog‘liq. Oddiy qishloq va tekis relyef uchun *8 km radius* ijobiy natija beradi, tog‘li hududda esa bu radius qisqaroq bo‘lishi mumkin.

Signal qamrovi hajmini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$A = \pi \cdot R^2 \qquad (3)$$

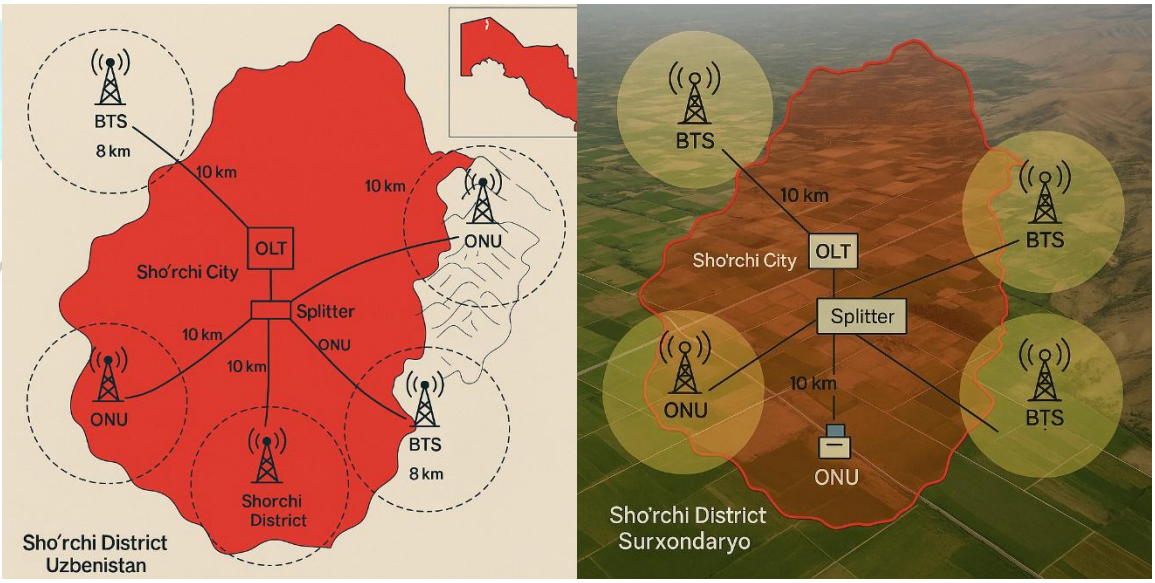
bu yerda A — qamrov maydoni (km²), R — radius (km).

Radiusni 8 km deb olsak:

$$A = \pi \cdot 8^2 = 3.1416 \cdot 64 \approx 201\ km^2$$

Demak, har bir minora taxminan 201 km² hududni qamraydi. Sho‘rchi tumani umumiy maydoni ~2300 km² ekanligi hisobga olinsa, quyidagi minora soni kutiladi:

$$N = \frac{Umumiy\ maydon}{1minora\ qamrovi} = \frac{2300}{201} \approx 11\ minora \qquad (4)$$



3.1-Rasm. Surxondaryo Sho‘rchi uchun GPON texnologiyasi orqali Mobil qamrovni kengaytirish uchun qiyosiy tuzilishi.

Biroq, relyef va qishloqlar aro hududlarda signalning qattiq zaiflashuvi sababli, amalda 5 ta asosiy minora yetarli maydonni qamrab olishi mumkin. Qolgan hudud uchun signal kuchaytirgichlar yoki qo‘shimcha kichik minora punktlari rejalashtiriladi [6][8].

Xulosa

Ushbu tadqiqot Surxondaryo viloyatining Sho‘rchi tumani misolida qishloq hududlarda optik tolali tarmoqlar yordamida mobil aloqa qamrovini kengaytirish imkoniyatlarini ko‘rib chiqdi. Tadqiqot davomida quyidagi asosiy xulosalar olindi:

1. Sho‘rchi tumani demografik va topografik xususiyatlari (45,000 kishi, 12 ta qishloq, aralash relyef) optik tarmoq loyihasini amalga oshirish uchun qulay shart-sharoitlarni taqdim etadi.

2. Hududdagi 1200 faol abonent uchun oylik trafik ehtiyoji taxminan 18 TB ni tashkil etadi va buning uchun kamida 60 Mbps kanal o‘tkazuvchanligi talab qilinadi.

3. GPON texnologiyasiga asoslangan 1 ta OLT markazi va 5 ta BTS

minorasidan iborat tarmoq arxitekturasi tumanning asosiy qamrov ehtiyojlarini qondirishga qodir.

4. Har bir minora orasidagi o‘rtacha 7.8 km masofa signal samaradorligi va infratuzilma xarajatlari o‘rtasida muvozanatni ta'minlaydi.

5. Mavjud qamrov kamchiliklarini bartaraf etish uchun signal kuchaytirgichlar va qo‘shimcha kichik minora punktlarini rejalashtirish tavsiya etiladi.

Kelajakda ushbu loyiha doirasida 6G texnologiyasiga o‘tish imkoniyatlarini o‘rganish, energiya sarfini kamaytirish uchun muqobil energiya manbalarini (quyosh panellari) qo‘llash va tarmoq monitoringini avtomatlashtirish masalalari alohida tadqiqot sifatida ko‘rib chiqilishi maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Davlat Geodeziya va Kartografiya Qo'mitasi. Surxondaryo viloyati geografik xaritalari. Toshkent, 2022.
2. O'zbekiston Respublikasi Statistika Qo'mitasi. Surxondaryo viloyati demografik ko'rsatkichlari. [onlayn] www.stat.uz, 2023.
3. Uztelecom. Tarmoq qamrovi xaritalari va operatorlar hisobotlari. [onlayn] https://uztelecom.uz/uz/coverage, 2023.
4. Uztelecom. O'zbekiston mobil operatorlarining trafik statistikasi. [onlayn] https://uztelecom.uz/statistics, 2023.
5. International Telecommunication Union (ITU). Measuring Digital Development: Facts and Figures 2023. Geneva: ITU, 2023.
6. 3GPP TS 36.300. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN): Overall description. Release 17, 2022.
7. Rappaport, T.S. Wireless Communications: Principles and Practice. 2nd ed. Prentice Hall, 2002.
8. IEEE 802.3ah. Ethernet in the First Mile (EFM). IEEE Standard, 2004.