

**"RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA WiMAX TEXNOLOGIYASINING
INNOVATSION IMKONIYATLARI VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI"****"INNOVATIVE OPPORTUNITIES AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF
WiMAX TECHNOLOGY IN THE DIGITAL ECONOMY"****"ИННОВАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИИ WiMAX В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ"**

Mahmudov Dilshodbek Mahammadjon o'g'li
Farg'ona davlat texnika universiteti talabasi,
+998 90 597 35 05 dilshodbekmah19@gmail.com

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich
FDTU, ATT fakulteti,
FDTU, Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya fakulteti,
Telekommunikatsiya yo'nalishi talabasi
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19968421>

Annotatsiya. Ushbu tezisda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish sharoitida WiMAX (IEEE 802.16) texnologiyasining tutgan o'рни va uning innovatsion salohiyati tadqiq etiladi. Maqolada an'anaviy simli aloqa infratuzilmasini yotqizish qiyin bo'lgan hududlarda WiMAX texnologiyasini joriy etishning iqtisodiy samaradorligi va strategik afzalliklari yoritilgan. Shuningdek, ma'lumotlarni katta masofalarga yuqori tezlikda uzatish imkoniyati "Aqlli shahar" kontseptsiyasi va narsalar interneti (IoT) tizimlari bilan o'zaro bog'liqlikda tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida texnologiyaning milliy iqtisodiyot tarmoqlarini raqamlashtirishdagi istiqbollari, kiberxavfsizlik masalalari va tarmoq qamrovini kengaytirish bo'yicha ilmiy takliflar ilgari surilgan. Xulosa qismida WiMAX texnologiyasining uzoq muddatli rivojlanish tendentsiyalari va uning boshqa simsiz aloqa standartlari bilan integratsiyalashuv imkoniyatlari baholangan.

Kalit so'zlar: raqamli iqtisodiyot, WiMAX texnologiyasi, IEEE 802.16 standarti, simsiz infratuzilma, innovatsion istiqbollar.

Abstract: This thesis examines the role and innovative potential of WiMAX (IEEE 802.16) technology in the context of digital economy development. The article highlights the economic efficiency and strategic advantages of implementing WiMAX technology in areas where laying traditional wired communication infrastructure is challenging. Furthermore, the capability of high-speed data transmission over long distances is analyzed in conjunction with the "Smart City" concept and Internet of Things (IoT) systems. During the research, scientific proposals regarding the prospects of digitalization in national economy sectors, cybersecurity issues, and network coverage expansion were put forward. In the conclusion, long-term development trends of WiMAX technology and its integration possibilities with other wireless communication standards are evaluated.

Keywords: digital economy, WiMAX technology, IEEE 802.16 standard, wireless infrastructure, innovative prospects.

Аннотация: В данной тезисной работе исследуются роль и инновационный потенциал технологии WiMAX (IEEE 802.16) в условиях развития цифровой экономики. В статье освещаются экономическая эффективность и стратегические преимущества внедрения технологии WiMAX в регионах, где прокладка традиционной проводной коммуникационной инфраструктуры затруднена. Также анализируется возможность высокоскоростной передачи данных на большие расстояния во взаимосвязи с концепцией «Умного города» и системами интернета вещей (IoT). В ходе исследования выдвинуты научные предложения по перспективам цифровизации отраслей национальной экономики, вопросам кибербезопасности и расширению охвата сети. В заключительной части оценены долгосрочные тенденции развития технологии WiMAX и возможности её интеграции с другими стандартами беспроводной связи.

Ключевые слова: цифровая экономика, технология WiMAX, стандарт IEEE 802.16, беспроводная инфраструктура, инновационные перспективы.

Kirish. Bugungi kunda jahon iqtisodiyotining rivojlanish tamoyillari tubdan o'zgarib, an'anaviy iqtisodiy modellardan raqamli iqtisodiyotga o'tish davri shiddat bilan davom etmoqda. Raqamli iqtisodiyot — bu nafaqat texnologik jarayon, balki jamiyatning barcha sohalariga axborot texnologiyalarini integratsiya qilish orqali samaradorlikni oshirish, resurslarni tejash va yangi bozor imkoniyatlarini yaratish demakdir. Mazkur jarayonning muvaffaqiyati esa to'g'ridan-to'g'ri ma'lumotlar uzatish infratuzilmasining sifati, tezkorligi va qamrov doirasiga bog'liqdir. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy simsiz aloqa texnologiyalari, xususan, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) texnologiyasi raqamli transformatsiyaning muhim drayverlaridan biri sifatida namoyon bo'lmoqda.

WiMAX texnologiyasi IEEE 802.16 standarti asosida ishlab chiqilgan bo'lib, u katta masofalarda yuqori tezlikdagi simsiz ulanishni ta'minlash qobiliyati bilan ajralib turadi. Raqamli iqtisodiyot sharoitida ushbu texnologiyaning dolzarbligi shundaki, u "so'nggi milya" muammosini hal etishda eng innovatsion yechimlardan biri hisoblanadi. Optik tolali aloqa liniyalarini yotqizish iqtisodiy jihatdan qimmatga tushadigan yoki geografik jihatdan imkonsiz bo'lgan uzoq hududlarda WiMAX texnologiyasi minimal xarajatlar evaziga yuqori sifatli internet qamrovini yaratish imkonini beradi. Bu esa chekka hududlardagi tadbirkorlik sub'ektlari, ta'lim muassasalari va davlat tashkilotlarining yagona raqamli ekotizimga ulanishini kafolatlaydi.

Innovatsion nuqtai nazardan qaraganda, WiMAX faqatgina internetga ulanish vositasi emas, balki keng ko'lamli xizmatlar platformasidir. Uning ma'lumotlarni uzatishdagi yuqori o'tkazuvchanlik qobiliyati va signallarning to'siqlarga chidamliligi (NLOS texnologiyasi) narsalar interneti (IoT), "Aqlli shahar" (Smart City) hamda masofaviy monitoring tizimlarini joriy etish uchun poydevor vazifasini o'taydi. Raqamli iqtisodiyotning muhim bo'g'ini bo'lgan qishloq xo'jaligida ham ushbu texnologiya yordamida "aqlli fermer xo'jaliklari"ni yaratish, suv va energiya resurslarini masofadan boshqarish va moliyaviy barqarorlikni ta'minlash mumkin bo'ladi.

O'zbekiston sharoitida raqamli infratuzilmani modernizatsiya qilish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mamlakatimizning o'ziga xos geografik joylashuvi va aholi punktlarining tarqoqligi WiMAX kabi simsiz keng polosali aloqa texnologiyalarining rivojlanish istiqbollari yanada kengaytiradi. Mazkur tadqiqot ishida WiMAX texnologiyasining texnik imkoniyatlarini raqamli iqtisodiyot strategiyalari bilan bog'lash, uning

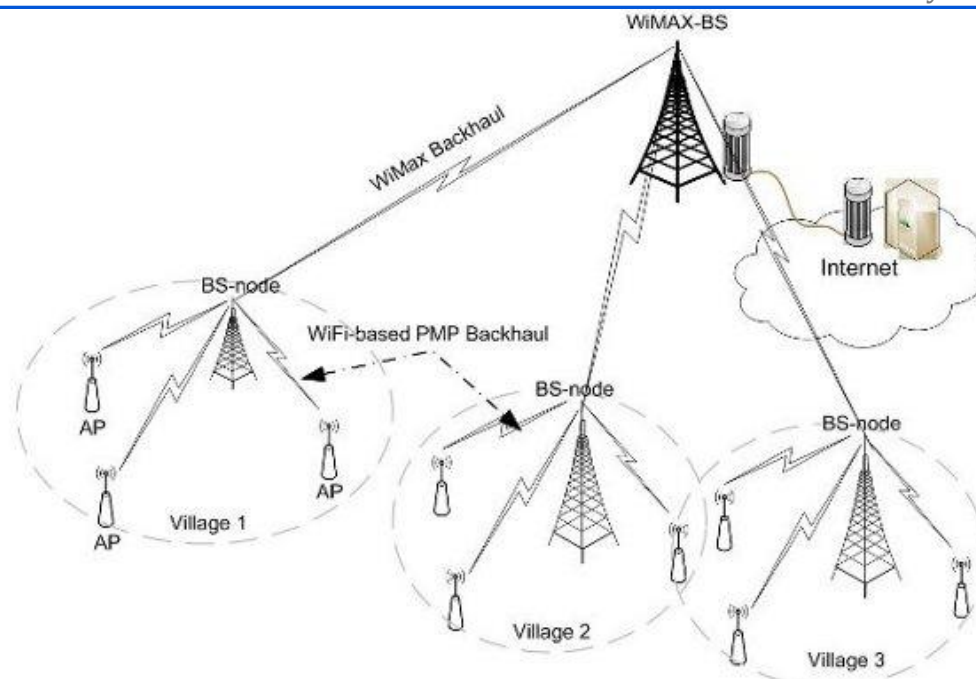
iqtisodiy samaradorligini tahlil qilish va kelajakdagi rivojlanish tendentsiyalarini ilmiy asoslash maqsad qilangan. Xulosa o'rnida aytish mumkinki, WiMAX texnologiyasini keng joriy etish milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirish va raqamli tafovutni kamaytirishda strategik ahamiyat kasb etadi.

Asosiy qism.

WiMAX (IEEE 802.16) texnologiyasi an'anaviy Wi-Fi tizimlaridan farqli o'laroq, keng qamrovli hududlarda (Metropolitan Area Network — MAN) yuqori tezlikdagi ma'lumotlar almashinuvini ta'minlaydigan universal simsiz platforma hisoblanadi. Uning innovatsionligi, birinchi navbatda, signallarning to'g'ridan-to'g'ri ko'rinish doirasida bo'lmagan (**Non-Line-of-Sight — NLOS**) sharoitlarda ham barqaror ishlashidir. Bu xususiyat **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)** modulyatsiyasi yordamida amalga oshirilib, shahar infratuzilmasidagi baland binolar yoki qishloq joylaridagi tabiiy to'siqlar sharoitida ko'p nurli interferensiyalarni yengib o'tish va aloqa sifatini saqlab qolish imkonini beradi. Raqamli iqtisodiyotda ma'lumotlarning uzluksizligi va ochiqligi iqtisodiy samaradorlikning asosiy mezon bo'lib, WiMAX bu borada ishonchli texnik poydevor yaratadi.

Raqamli iqtisodiyotga o'tish jarayonida eng katta to'siqlardan biri bu — yuqori o'tkazuvchanlikka ega infratuzilma xarajatlaridir. Optik tolali aloqa liniyalarini har bir xonadon yoki korxonagacha yetkazib borish (FTTH) juda katta sarmoya, murakkab geodezik ishlar va uzoq vaqt talab etadi. WiMAX texnologiyasi esa "**simsiz optika**" konsepsiyasi asosida bitta tayanch stansiya yordamida o'nlab kilometr radiusdagi foydalanuvchilarni yagona tarmoqqa birlashtirish imkonini beradi. Iqtisodiy tahlillar shuni ko'rsatadiki, ushbu yondashuv quyidagi afzalliklarga ega:

- Kapital xarajatlarni (CAPEX) 40-50% gacha qisqartirish: Kabel yotqizish va yer qazish ishlariga ketadigan xarajatlarning deyarli butunlay yo'qolishi hisobiga.
- Operatsion samaradorlik: Tarmoqni ishga tushirish va modernizatsiya qilish tezligini an'anaviy tizimlarga nisbatan bir necha barobar oshirish.
- Inklyuziv raqamli iqtisodiyot: Chekka hududlarda kichik va o'rta biznes sub'ektlari uchun raqamli moliya, elektron tijorat, masofaviy bank xizmatlari va davlat xizmatlaridan foydalanish uchun teng imkoniyatlar yaratish.



1-rasm. WiMAX texnologiyasi yordamida hududiy simsiz aloqa infratuzilmasini tashkil etish sxemasi.

WiMAX texnologiyasining istiqbollari faqatgina oddiy internetga ulanish xizmati bilan cheklanib qolmaydi. U "**Aqlli shahar**" (**Smart City**) loyihalarida transport oqimini intellektual boshqarish, energiya iste'molini masofadan nazorat qilish (Smart Grid) va umumshahar xavfsizlik tizimlarini yaxlit ekotizimga integratsiyalashda markaziy magistral bog'lovchi bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, qishloq xo'jaligida "**Aqlli fermerlik**" (**Smart Farming**) tizimlarini joriy etishda, ya'ni turli datchiklardan olingan katta hajmdagi ma'lumotlarni (**Big Data**) real vaqt rejimida tahliliy markazlarga uzatishda WiMAX texnologiyasi yuqori o'tkazuvchanlik ko'rsatadi. Bu jarayon ishlab chiqarish siklini avtomatlashtirish, kutilmagan yo'qotishlarni kamaytirish va natijada korxonalarining moliyaviy barqarorligini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Raqamli iqtisodiyot platformalarida tranzaksiyalar va shaxsiy ma'lumotlar xavfsizligi masalasi strategik darajadagi vazifadir. WiMAX standarti tarkibiga bazaviy darajada kiritilgan kuchli autentifikatsiya protokollari va **AES-CCM** kabi zamonaviy shifrlash algoritmlari ma'lumotlarning ruxsatsiz o'zlashtirilishidan ishonchli himoya qiladi. Bu esa bank-moliya sektorida simsiz texnologiyalar orqali amalga oshiriladigan operatsiyalarga nisbatan ishonchni mustahkamlaydi, elektron hamyonlar va raqamli to'lov tizimlarining qamrovini butun mamlakat bo'ylab kengaytirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida. PF-6079-son. 2020-yil 5-oktabr.
2. IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems. IEEE Std 802.16-2017 (Revision of IEEE Std 802.16-2012). — New York: IEEE Press, 2017.
3. Andrews, J. G., Ghosh, A., & Muhamed, R. *Fundamentals of wimax: Understanding Broadband Wireless Networking*. — Prentice Hall, 2007.

4. Pareek, D. *Wimax: Industrial Applications and Services*. — CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016.
5. Ganiyeva, M. A., & Karimov, A. S. *Raqamli iqtisodiyot: Infratuzilma va innovatsiyalar. O'quv qo'llanma*. — Toshkent: "Aloqachi", 2021.
6. Akyildiz, I. F., & Elias, P. M. *Wireless Mesh Networks*. — John Wiley & Sons, 2015.
7. Ziyayev, M. K. "O'zbekistonning chekka hududlarida simsiz aloqa texnologiyalarini rivojlantirish istiqbollari." *Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya muammolari* ilmiy-texnik jurnali. — Toshkent, 2023.
8. Nuaymi, L. *Wimax: Technology for Broadband Wireless Access*. — John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
9. ITU-R Recommendation. "Global trends in the development of broadband wireless access systems." — International Telecommunication Union, 2022.
10. World Bank Report. *Digital Uzbekistan: Digital Economy and Infrastructure Development*. — Washington, DC: World Bank Group, 2023.