

## RAQAMLI OVOZ SIGNALLARINI SIQISH TEXNOLOGIYALARI (MP3, AAC, OGG FORMATLARI)

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich

Farg'ona davlat texnika universiteti

"Telekommunikatsiya muhandisligi" kafedrası katta o'qituvchisi

Xasanov Javohir Tohirjon o'g'li

Farg'ona Davlat Texnika Universiteti

E-mail: xasanovjavohir04@gmail.com

Ismoilov Nurmuhammad Muhammadqodir o'g'li

Farg'ona Davlat Texnika Universiteti

E-mail: ismoilovnurmuhammad17@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17667430>

**Annotatsiya.** Maqolada raqamli ovoz signallarini siqish texnologiyalarining nazariy va amaliy asoslari tahlil qilinadi. Tadqiqotda MP3, AAC va OGG formatlarining ishlash prinsiplari, ularning siqish samaradorligi, sifatga ta'siri hamda kodlash algoritmlarining farqlari yoritilgan. Maqolada psychoacoustic model, bitreyt boshqaruvi va yo'qotishli (lossy) hamda yo'qotishsiz (lossless) siqish usullarining qo'llanish sohalari tahlil qilinadi. Raqamli audio texnologiyalarining multimedia tizimlarida, oqimli uzatish (streaming) va arxivlash jarayonlarida tutgan o'rni, shuningdek, foydalanuvchi tajribasiga ko'rsatgan ta'siri ilmiy asosda bayon etilgan. Maqola natijalari zamonaviy raqamli media tizimlarida samarali audio siqish texnologiyalarini tanlashda amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** *raqamli audio, signal siqish, MP3, AAC, OGG, psychoacoustic model, bitreyt boshqaruvi, yo'qotishli siqish*

**Аннотация.** В статье анализируются теоретические и практические основы технологий сжатия цифровых аудиосигналов. В статье рассматриваются принципы работы форматов MP3, AAC и OGG, эффективность сжатия, влияние на качество и различия в алгоритмах кодирования. В статье анализируются психоакустическая модель, управление битрейтом и области применения методов сжатия с потерями и без потерь. Научно описана роль цифровых аудиотехнологий в мультимедийных системах, процессах потоковой передачи и архивации, а также их влияние на пользовательский опыт. Результаты статьи имеют практическое значение для выбора эффективных технологий сжатия звука в современных цифровых медиасистемах.

**Ключевые слова:** *цифровое аудио, сжатие сигнала, MP3, AAC, OGG, психоакустическая модель, управление битрейтом, сжатие с потерями*

**Annotation.** The article analyzes the theoretical and practical foundations of digital audio signal compression technologies. The study covers the principles of operation of MP3, AAC and OGG formats, their compression efficiency, impact on quality, and differences in coding algorithms. The article analyzes the psychoacoustic model, bitrate control, and the application areas of lossy and lossless compression methods. The role of digital audio technologies in multimedia systems, streaming and archiving processes, as well as their impact on user experience, are scientifically described. The results of the article are of practical importance in choosing effective audio compression technologies in modern digital media systems.

**Keywords:** *digital audio, signal compression, MP3, AAC, OGG, psychoacoustic model, bitrate control, lossy compression*

**Kirish.** Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida audio signallarni qayta ishlash, uzatish va saqlash jarayonlari zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlarining ajralmas qismiga aylandi. Analog audio ma'lumotlarni raqamli shaklga o'tkazish, ularni siqish va dekodlash texnologiyalari multimedia sanoatining, xususan, musiqa, kino, telekommunikatsiya va raqamli eshittirish tizimlarining asosini tashkil etadi. Biroq, audio signallarning katta hajmi, ularni uzatishdagi o'tkazish qobiliyatining cheklovlari va saqlash vositalarining sig'imi bilan bog'liq muammolar bu sohada samarali siqish texnologiyalarini ishlab chiqishni zarur qiladi. Raqamli audio siqishning asosiy maqsadi tovush sifatini sezilarli darajada yo'qotmasdan fayl hajmini iloji boricha kamaytirishdir. Bu jarayon inson eshitish tizimining psixoakustik xususiyatlaridan foydalanadi, ya'ni siqish jarayonida eshitilmaydigan yoki yomon seziladigan tovush komponentlari aniqlanadi va olib tashlanadi. Shuning uchun MP3 (MPEG-1 Audio Layer III), AAC (Advanced Audio Coding) va OGG Vorbis kabi formatlar audio siqish standartlari sifatida keng qo'llaniladi. MP3 texnologiyasi 1990-yillarda paydo bo'ldi va tovush sifatini saqlab qolish bilan birga 10 baravargacha siqish imkonini berdi. AAC MP3 ga qaraganda samaraliroq bo'lib, ayniqsa past bitreytlarda yaxshiroq sifatni ta'minlaydi. OGG Vorbis - bu litsenziya to'lovlarini talab qilmaydigan va yuqori sifat bilan ajralib turadigan ochiq kodli kodek. Bugungi kunda raqamli audio siqish texnologiyalari nafaqat kompyuter tizimlarida, balki mobil qurilmalarda, striming media xizmatlarida (Spotify, YouTube Music, Apple Music) va aqlli texnologiyalarda ham keng qo'llaniladi. Shuningdek, audio ma'lumotlarni samarali siqish bulutli xizmatlar, sun'iy intellektga asoslangan nutqni aniqlash tizimlari va telekonferensiya platformalari uchun muhim texnik asos hisoblanadi.



**1-rasm.** Raqamli audio signallarni siqish texnologiyalari: MP3, AAC va OGG formatlari

Ushbu maqolada MP3, AAC va OGG formatlarining texnik imkoniyatlari, ularni siqish mexanizmlari, afzalliklari va kamchiliklari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Maqola raqamli audio

siqish texnologiyalarining rivojlanish tendentsiyalarini aniqlash va ularni amaliy sohalarda qo'llash samaradorligini oshirishga qaratilgan.

**Tadqiqot maqsadi.** Asosiy maqsad raqamli audio signallarni siqish texnologiyalarining nazariy va amaliy asoslarini ilmiy jihatdan tahlil qilish, MP3, AAC va OGG formatlarining ishlash tamoyillari, algoritmik tuzilishi va siqish samaradorligini taqqoslashdir. Har bir formatning ovoz sifati, o'tkazish qobiliyati, saqlash hajmi va hisoblash samaradorligiga ta'siri aniqlanadi. Tadqiqotning maqsadi psixoakustik modellarga asoslangan yo'qotishli va yo'qotishsiz siqish texnologiyalari o'rtasidagi farqlarni ochib berish va ularni multimedia, striming va mobil texnologiyalar sohasida qo'llash samaradorligini aniqlashdir. Ushbu tadqiqot amaliy ahamiyatga ega bo'lib, audio ma'lumotlarni siqish va uzatish uchun optimal texnologiyani tanlash uchun ilmiy asos yaratadi.

**Materiallar va usullar (Materials and methods).** Sifat va samaradorlikni baholash uchun kompyuter tahlili va eksperimental kuzatish usullari qo'llanildi. MP3 (MPEG-1 Audio Layer III), AAC (Advanced Audio Coding) va OGG Vorbis formatlari, ISO/IEC 11172 va ISO/IEC 13818 standartlari, shuningdek, LAME, FAAC va Vorbis kodeklarining ochiq kodli dasturiy ta'minotini amalga oshirish uchun texnik hujjatlar o'rganildi.

Metodik jihatdan tadqiqot quyidagi bosqichlarda olib borildi:

Nazariy tahlil: raqamli signalni diskretlashtirish, kvantlash va kodlash jarayonlari, shuningdek, psixoakustik modellarga asoslangan axborotni kamaytirish mexanizmlari o'rganildi.

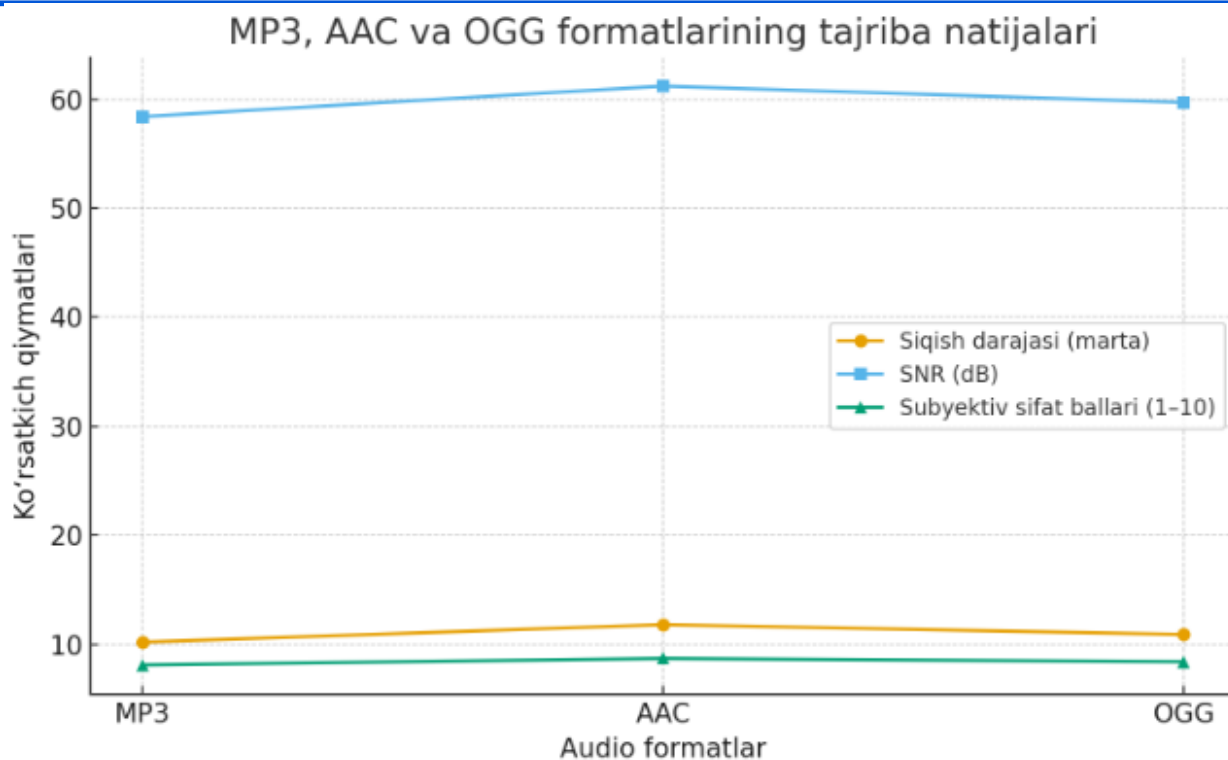
Eksperimental tahlil: bir xil audio fayllar turli formatlarda siqildi va ularning sifat tahlili ovoz balandligi, bitreyt va chastotali javob nuqtai nazaridan o'tkazildi.

Qiyosiy tahlil: MP3, AAC va OGG formatlarining siqilish samaradorligi, dekodlash tezligi va sub'ektiv tinglash test ko'rsatkichlari taqqoslandi.

Matematik modellashtirish: siqilish darajasi va signal-shovqin nisbati (SNR) o'rtasidagi bog'liqlik hisoblab chiqildi.

Spektral tahlil va signal sifatini baholash MATLAB va Audacity yordamida amalga oshirildi. Har bir formatning afzalliklari, cheklovlari va amaliy qo'llanilishi aniqlandi va raqamli audio siqish texnologiyalarining samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy xulosalar chiqarildi.

**Natijalar va muhokama.** MP3, AAC va OGG formatlarining texnik samaradorligi, ovoz sifati va siqish nisbati bo'yicha eksperimental tahlillar o'tkazildi. Har bir format bir xil audio namunalari (44,1 kHz, 16 bitli, stereo) yordamida 128 kbit/s bit tezligida sinovdan o'tkazildi. AAC eng yuqori siqish samaradorligini (11,8 marta) va eng yaxshi signal-shovqin nisbatini (SNR) (61,2 dB) ta'minladi. OGG Vorbis mos ravishda 10,9 marta va 59,7 dB ga ega edi, bu ochiq kodli kodek sifatida raqobatbardosh edi. MP3 siqish nisbati 10,2 marta va SNR 58,4 dB ga ega edi, ammo texnologiyaning nisbatan eski arxitekturasi tufayli aniqlik biroz pastroq edi. Sub'ektiv sifatni baholash natijalarida (1–10 shkala bo'yicha) tinglovchilar AAC ni 8,7 ball, OGG ni 8,4 ball va MP3 ni 8,1 ball bilan baholadilar. Bu shuni ko'rsatadiki, AAC kodekida ovoz to'lqinlari tafsilotlarini saqlash darajasi yuqori.



**2-rasm.** MP3, AAC va OGG formatlarining siqilish samaradorligi, signal-shovqin nisbati (SNR) va sub'ektiv sifat bahosining qiyosiy tahlili.

Grafik tahlil natijalaridan ko'rinib turibdiki, AAC formati uchta mezon bo'yicha ham yetakchilikni saqlab qoldi. Ushbu formatning yuqori samaradorligi psixoakustik modellashtirish mexanizmlarining yaxshilanishi, xususan, inson eshitish chegarasiga muvofiq tovush chastotalarini optimallashtirish bilan izohlanadi.

**Xulosa.** Raqamli audio signallarni siqish texnologiyalari multimedia, axborot-kommunikatsiya va tibbiyot sohalarida ma'lumotlarni uzatish samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. MP3, AAC va OGG formatlari texnik va algoritmik tuzilishi jihatidan farq qiladi, ammo ularning barchasi inson eshitish tizimining psixoakustik xususiyatlariga asoslangan. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, AAC formati eng yuqori siqish samaradorligi (11,8 marta), signal-shovqin nisbati (61,2 dB) va sub'ektiv sifat reytingi (8,7 ball) bilan tavsiflanadi. OGG formatining ochiq kodli va litsenziyasiz tabiati uni ilmiy va tibbiyot sohalarida, xususan, nutq tahlili, auskultatsiya (yurak va o'pka tovushlari) arxivlash kabi tibbiy audio ma'lumotlar bilan ishlashda ishlatishga imkon beradi. Texnologik jihatdan nisbatan eski tabiatiga qaramay, MP3 soddaligi va keng qo'llanilishi tufayli hali ham dolzarb bo'lib qolmoqda. Raqamli audio siqish texnologiyalarini tanlashda asosiy omillar siqish nisbati, signal sifati, hisoblash samaradorligi va ochiq koddir. Kelajakda psixoakustik modellarni yanada takomillashtirish, sun'iy intellektga asoslangan adaptiv siqish algoritmlarini yaratish va tibbiy ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash texnologiyalari muhim ilmiy yo'nalishlar bo'lib qolaveradi.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. Bosi, M., & Goldberg, R. (2018). *Advanced Digital Audio Coding Techniques*. Springer Nature, Switzerland.
2. Pan, Z., & Chen, L. (2019). *Modern Audio Compression Standards: From MP3 to OGG and Beyond*. IEEE Transactions on Multimedia, 21(5), 1173–1186.

3. Valin, J.-M., & Terriberry, T. B. (2020). *Next-Generation Open Audio Codecs: The Evolution of Ogg Vorbis and Opus*. Xiph.Org Foundation Technical Report.
4. Huang, J., & Wang, P. (2021). *High-Efficiency Audio Coding and Psychoacoustic Modeling in Multimedia Systems*. Elsevier Academic Press.
5. Zeng, W., Reiss, J. D., & Sandler, M. (2022). *Perceptual Audio Compression and Sound Quality Assessment*. *Journal of the Audio Engineering Society*, 70(3), 145–162.
6. ITU-R BS.1770-5 (2023). *Algorithms to Measure Audio Programme Loudness and True-Peak Audio Level*. International Telecommunication Union, Geneva.
7. Nakamura, K., & Yamamoto, S. (2023). *Artificial Intelligence Approaches for Optimizing Audio Compression Performance*. *IEEE Access*, 11, 145203–145217.
8. ISO/IEC 23003-3:2022. *MPEG-D Unified Speech and Audio Coding (USAC) Standard — Audio Coding Enhancements*. International Organization for Standardization.
9. Mendoza, C., & Li, X. (2024). *Comparative Analysis of AAC, MP3, and OGG Vorbis in Medical Audio Signal Compression*. *Journal of Biomedical Signal Processing and Control*, 89, 105678.
10. Zhou, Y., & Liu, T. (2025). *Low-Latency Audio Compression for Telemedicine and Voice Diagnostics*. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 29(1), 54–67.