

DSP (DIGITAL SIGNAL PROCESSING) ALGORITMLARI YORDAMIDA AUDIO VA SENSOR SIGNALLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA SHOVQINNI KAMAYTIRISH

Ilmiy tatqiqotchi: Vohidov Fayzullo Zokirjon og'li

Tojaliyeva Azizaxon O'ktamjon qizi

Ilmiy rahbar: Dalibekov Lochinbek Rustambekovich

Farg'ona davlat texnika universiteti.

Annotatsiya: Ushbu maqolada DSP (Digital Signal Processing) algoritmlari yordamida audio va sensor signallarni optimallashtirish va shovqini kamaytirish muammolari tadqiq etiladi. Raqamli signal qayta ishlash texnologiyalari real vaqt ilovalarda, jumladan audio qurilmalar, IoT sensorlar va tibbiy monitoring tizimlarida signallar sifatini oshirish uchun keng qo'llaniladi. Tadqiqot doirasida FIR va IIR filtrlar, LMS (Least Mean Squares) algoritmi va adaptiv filtrlar yordamida signallarni shovqindan tozalash va ma'lumotning aniqligini oshirish usullari o'rganiladi. MATLAB va Python muhitida simulyatsiyalar yordamida turli filtr va algoritmlarning samaradorligi solishtiriladi, shovqin kamaytirish darajasi va signal sifati baholanadi. Maqolada shuningdek, real vaqt sensor ma'lumotlari va audio oqimlarda adaptiv algoritmlarning ishlash printsiplari, signallarni optimallashtirishda vaqt va chastota domenida qo'llaniladigan usullar, hamda optimal parametrlarni tanlash masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari DSP algoritmlarining audio va sensor signallar sifatini yaxshilashda, shovqin va xatoliklarni kamaytirishda samaradorligini ko'rsatadi va IoT, tibbiyot, telekommunikatsiya hamda audio texnologiyalarda qo'llanishi mumkin bo'lgan amaliy tavsiyalar beradi.

Kalit so'zlar: DSP, raqamli signal qayta ishlash, audio signallar, sensor signallar, shovqin kamaytirish, FIR filtr, IIR filtr, adaptiv filtr, LMS algoritmi, MATLAB, Python, optimallashtirish, real vaqt ilovalari.

Abstract: This article investigates the optimization and noise reduction of audio and sensor signals using DSP (Digital Signal Processing) algorithms. Digital signal processing techniques are widely applied to enhance signal quality in real-time applications, including audio devices, IoT sensors, and medical monitoring systems. The study examines the use of FIR and IIR filters, LMS (Least Mean Squares) algorithms, and adaptive filters to reduce noise and improve data accuracy. Simulations in MATLAB and Python are conducted to compare the efficiency of different filters and algorithms, evaluating noise reduction levels and signal quality. The article also analyzes adaptive algorithm performance for real-time sensor data and audio streams, methods for signal optimization in both time and frequency domains, and the selection of optimal parameters. The results demonstrate the effectiveness of DSP algorithms in

improving audio and sensor signal quality, reducing noise and errors, providing practical guidance for applications in IoT, healthcare, telecommunications, and audio technologies.

Keywords (English): DSP, digital signal processing, audio signals, sensor signals, noise reduction, FIR filter, IIR filter, adaptive filter, LMS algorithm, MATLAB, Python, optimization, real-time applications.

Аннотация (Abstract на русском): В данной статье рассматривается оптимизация и снижение шума аудио- и сенсорных сигналов с использованием алгоритмов DSP (Digital Signal Processing). Технологии цифровой обработки сигналов широко применяются для улучшения качества сигналов в реальном времени, включая аудиоустройства, датчики IoT и медицинские системы мониторинга. В исследовании изучаются методы подавления шума и повышения точности данных с использованием фильтров FIR и IIR, алгоритма наименьших квадратов (LMS) и адаптивных фильтров. С помощью моделирования в MATLAB и Python сравнивается эффективность различных фильтров и алгоритмов, оценивается уровень снижения шума и качество сигнала. Статья также рассматривает работу адаптивных алгоритмов с данными реального времени, методы оптимизации сигналов в временной и частотной областях, а также выбор оптимальных параметров. Результаты демонстрируют эффективность алгоритмов DSP в улучшении качества аудио- и сенсорных сигналов, снижении шума и ошибок, а также предоставляют практические рекомендации для применения в IoT, здравоохранении, телекоммуникациях и аудиотехнологиях.

Ключевые слова (Russian): DSP, цифровая обработка сигналов, аудио сигналы, сенсорные сигналы, снижение шума, FIR фильтр, IIR фильтр, адаптивный фильтр, LMS алгоритм, MATLAB, Python, оптимизация, приложения реального времени.

Kirish: So‘nggi yillarda raqamli signallarni qayta ishlash (DSP – Digital Signal Processing) texnologiyalari turli sohalarda, xususan audio va sensor tizimlarida keng qo‘llanilmoqda. Audio signallarni qayta ishlash musiqiy va telekommunikatsiya ilovalari, nutqni tanish tizimlari, akustik monitoring va ovozli interfeyslar uchun muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, sanoat, tibbiyot va IoT sensorlaridan keladigan ma’lumotlar tahlili ham real vaqt monitoringi va avtomatlashtirish jarayonlarini samarali tashkil etish uchun DSP texnologiyalarini talab qiladi. Audio va sensor signallar odatda turli shovqin manbalari, elektromagnit aralashuvlar, harakat va atrof-muhit sharoitlari sababli shovqin bilan ifloslanadi. Shovqin signalning aniqligi va sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, bu esa tahlil natijalari, avtomatik boshqaruv tizimlari va foydalanuvchi tajribasining ishonchliligini pasaytiradi. Shu sababli DSP

algoritmllari yordamida signallarni optimallashtirish va shovqinni kamaytirish zamonaviy audio va sensor tizimlarida asosiy talab hisoblanadi. Raqamli signallarni qayta ishlashning asosiy vazifalaridan biri – kirish signalidan foydali ma'lumotlarni aniqlash va kerakli parametrlarni qayta ishlashdir. Audio signallarni misol qiladigan bo'lsak, musiqiy signallar, nutq va atrof-muhit tovushlarini tahlil qilishda shovqinni kamaytirish yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Sensor signallari esa harorat, bosim, harakat, nur, magnit va boshqa fizik parametrlarni o'lchashda ishlatiladi va shovqin bu o'lchovlarni noto'g'ri ko'rsatishi mumkin. DSP algoritmllari yordamida FIR (Finite Impulse Response) va IIR (Infinite Impulse Response) filtrlar, adaptiv filtrlar va LMS (Least Mean Squares) algoritmllari kabi metodlar orqali signal sifati sezilarli darajada yaxshilanadi. DSP texnologiyalarining afzalligi shundaki, ular real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini beradi, bu esa audio va sensor tizimlarida kechikishlarni kamaytirish va tezkor javob olish imkonini yaratadi. Masalan, tibbiyot sensorlaridan olingan elektrokardiogram (EKG) yoki elektroenfalogram (EEG) signallari real vaqt monitoringi orqali shovqindan tozalanadi va diagnostika aniqligi oshadi. Shu bilan birga, sanoat IoT tizimlarida mashinalarning harakatini kuzatish, vibratsiya va harorat parametrlarini tahlil qilish uchun DSP algoritmllari asosida shovqinni kamaytirish va signalni normallashtirish zarur. Matematik modellash va algoritmik yondashuvlar DSP jarayonining ajralmas qismi hisoblanadi. Audio va sensor signallarni analiz qilishda Fourier transform, z-transform, spektral tahlil, adaptiv filtrlash va filtr parametrlarini optimallashtirish metodlari keng qo'llaniladi. Bu metodlar signalning foydali komponentlarini saqlab, shovqinni minimal darajaga tushirishga yordam beradi. Shuningdek, zamonaviy DSP tizimlarida MATLAB va Python kabi dasturlash muhitlarida algoritmllar sinovdan o'tkaziladi va real tizim sharoitida natijalar baholanadi. Simulyatsiya yordamida turli shovqin sharoitlari va sensor parametrlariga moslashuvchan algoritmllarni ishlab chiqish mumkin. Shovqinni kamaytirish va signalni optimallashtirishning yana bir muhim jihati – adaptivlikdir. Sensorlar va audio tizimlaridagi shovqin manbalari va darajalari doimiy o'zgarib turadi. Shu sababli LMS algoritmllari va boshqa adaptiv filtrlash metodlari real vaqt sharoitida signal parametrlarini kuzatib, filtrlarni dinamik ravishda sozlashga imkon beradi. Bu, ayniqsa, mobil audio tizimlar, avtomatik boshqaruv va IoT qurilmalari uchun muhimdir. Masalan, shovqin ko'p bo'lgan sanoat muhitida yoki transport vositalarida olingan audio signallarni tozalash orqali aniqlik va ishonchlilik oshadi. DSP algoritmllari shuningdek energiya samaradorligini oshirish va hisoblash resurslarini optimal ishlatishga yordam beradi. Kichik o'lchamli va cheklangan resurslarga ega sensor qurilmalarda algoritmllarning samarali ishlashi tizimning umumiy ishlash sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Bu esa IoT tarmoqlarida real vaqt monitoringi va uzoq muddatli ishlash imkoniyatini ta'minlaydi. Umuman olganda, audio va sensor signallarni DSP algoritmllari yordamida optimallashtirish va shovqinni kamaytirish

nafaqat signal sifatini yaxshilashga, balki tizimlarning ishonchliligi, samaradorligi va real vaqt ishlash qobiliyatini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda FIR va IIR filtrlar, LMS algoritmi, adaptiv filtrlar va MATLAB/Python orqali simulyatsion tajribalar asosida signalni optimallashtirish jarayonlari batafsil tahlil qilinadi. Shu bilan birga, tizimlarda turli shovqin sharoitlarida ishlash, resurslardan samarali foydalanish va real vaqt javobini ta'minlash masalalari ham ko'rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari audio va sensor signallarni sifatli qayta ishlash, shovqinni kamaytirish va tizimlarning ishlash samaradorligini oshirishga qaratilgan amaliy yechimlarni ishlab chiqishga yordam beradi. Ushbu ish DSP algoritmlari va filtr texnologiyalarining zamonaviy audio va sensor tizimlarida o'rni va ahamiyatini yoritishga qaratilgan.

Adabiyotlar taxlili: So'nggi yillarda audio va sensor signallarni qayta ishlash bo'yicha tadqiqotlar katta rivojlanishga erishdi. Raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) texnologiyalari turli sohalarda, jumladan telekommunikatsiya, tibbiyot, sanoat monitoringi va IoT tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, DSP algoritmlari yordamida shovqinni kamaytirish va signal sifatini oshirish birinchi navbatda filtrlar, Fourier tahlili, adaptiv algoritmlar va spektral analiz metodlariga tayanadi. Misol uchun, Oppenheim va Schafer (2010) tomonidan yozilgan "Discrete-Time Signal Processing" asari DSPning nazariy asoslari, FIR va IIR filtrlar, hamda spektral tahlil metodlarini keng yoritadi va audio signallarni optimallashtirishda qo'llanilishini ko'rsatadi. Boshqa manbalarda, Proakis va Manolakis (2006) "Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications" kitobida DSP algoritmlari va ularning real tizimlarda ishlashi batafsil tahlil qilinadi. Bu manba audio va sensor signallarni qayta ishlashda shovqinni kamaytirish va filtr parametrlarini optimallashtirish metodlarini chuqur o'rganishga imkon beradi. Shu bilan birga, adaptiv filtrlar va LMS algoritmlari bo'yicha Haykin (2002) "Adaptive Filter Theory" asari asosiy manba hisoblanadi. U yerda adaptiv filtrlar va LMS algoritmlari yordamida real vaqt rejimida shovqinni kamaytirish va signalni optimallashtirish jarayonlari amaliy misollar bilan ko'rsatilgan. So'nggi tadqiqot maqolalari ham DSP texnologiyalarining rivojlanishini yoritadi. Masalan, Zhou va boshq. (2019) audio signallarni real vaqt shovqindan tozalash bo'yicha metodlarni tahlil qilgan. Ular adaptiv filtrlar, spektral analiz va matritsali transform metodlari yordamida turli shovqin sharoitlarida signal sifatini yaxshilash imkoniyatlarini ko'rsatgan. Shu bilan birga, sensor signallarini optimallashtirish bo'yicha Liu va boshq. (2020) tadqiqotida IoT va tibbiyot sensorlaridagi shovqinni kamaytirish va ma'lumotlarni to'g'ri olish metodlari o'rganilgan. Bu maqolalarda DSP algoritmlari, filtrlar va real vaqt ishlash qobiliyati birgalikda tahlil qilinadi, bu esa tizim samaradorligini oshirishga yordam beradi. Bundan tashqari, MATLAB va Python kabi dasturlash muhitlarida DSP algoritmlarini sinovdan o'tkazish va simulyatsiya qilish bo'yicha adabiyotlar mavjud. Mitra (2006) "Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach" kitobi

MATLAB muhitida DSP algoritmlarini sinash va turli shovqin sharoitlarida natijalarni baholash bo'yicha amaliy misollar beradi. Shu bilan birga, sensor tizimlarida real vaqt monitoringi va adaptiv filtrlash jarayonlarini sinash bo'yicha yangi maqolalar (Ahmed, 2021; Kumar, 2022) ilg'or yondashuvlar va optimallashtirilgan algoritmlarni taklif qiladi. Shovqinni kamaytirish va signalni optimallashtirish mavzusidagi adabiyotlarni tahlil qilganda, bir nechta asosiy tendensiyalar ko'rinadi: birinchidan, FIR va IIR filtrlar DSP algoritmlarining asosi sifatida keng qo'llaniladi; ikkinchidan, adaptiv filtrlar va LMS algoritmlari real vaqt ishlash va turli shovqin sharoitlariga moslashuvchanlikni ta'minlaydi; uchinchidan, MATLAB va Python muhitidagi simulyatsiyalar real tizimlarda algoritmlarning samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega; to'rtinchidan, sensor va audio tizimlarida DSP algoritmlari nafaqat shovqinni kamaytirishga, balki tizim energiya samaradorligi va hisoblash resurslarini optimallashtirishga xizmat qiladi. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, zamonaviy DSP algoritmlari yordamida audio va sensor signallarni optimallashtirish texnologiyalari juda samarali va turli sohalarda qo'llanilishi mumkin. Shu bilan birga, real vaqt rejimida ishlash, shovqin darajasining o'zgaruvchanligi va resurslarning cheklanganligi kabi masalalar doimiy ravishda tadqiqot obyekti bo'lib kelmoqda. Bu esa DSP algoritmlarini yanada takomillashtirish va yangi metodlarni ishlab chiqish uchun asos bo'ladi. Natijada, audio va sensor signallarni optimallashtirish va shovqinni kamaytirish bo'yicha DSP algoritmlari zamonaviy tizimlarning sifat va samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi va tadqiqotlar bu yo'nalishda yanada kengayib bormoqda.

Metodologiya: Ushbu tadqiqotda audio va sensor signallarni optimallashtirish va shovqinni kamaytirish jarayoni uchun raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) metodologiyasi qo'llanildi. Asosiy maqsad – real shovqin sharoitlarida signal sifatini oshirish va tizim samaradorligini ta'minlash. Tadqiqotning metodologiyasi bir nechta asosiy bosqichlardan iborat: signallarni yig'ish, oldindan ishlov berish, filtrlash va optimallashtirish, shuningdek, natijalarni tahlil qilish. Birinchi bosqichda audio va sensor signallar real tizimlardan yoki simulyatsiya muhitlaridan MATLAB va Python dasturlari yordamida yig'ildi. Audio signallar musiqiy yoki nutq namunalaridan, sensor signallari esa IoT qurilmalari, harorat, bosim yoki harakat sensorlaridan olinadi. Yig'ilgan signallar turli shovqin darajalarida va chastotalarda qayd etilib, keyingi ishlov berish bosqichiga tayyorlandi. Ikkinchi bosqich – oldindan ishlov berish. Bu bosqichda signallarni normallashtirish, noaniqliklarni aniqlash va signalni tozalash amalga oshirildi. Signallarni oldindan ishlov berish jarayonida turli matematik metodlar, masalan, o'rtacha qiymatni chiqarish, standart deviasiyani hisoblash va signalni markazlashtirish qo'llanildi. Bu jarayon DSP algoritmlari ishlashini soddalashtirish va natijalarni barqarorlashtirishga yordam beradi. Uchinchi bosqich – filtrlash va optimallashtirish. Bu yerda FIR va IIR filtrlar, shuningdek adaptiv filtrlar

(masalan, LMS algoritmi) qo'llanildi. FIR va IIR filtrlar signalning chastota komponentlarini ajratishda va shovqinni kamaytirishda asosiy vosita sifatida ishlatiladi. Adaptiv filtrlar esa real vaqt sharoitida shovqinni dinamik ravishda kamaytirish imkonini beradi. LMS algoritmi asosida filtr parametrlari signaldagi o'zgarishlarga mos ravishda yangilanadi, bu esa signal sifatini maksimal darajada oshirishga yordam beradi. To'rtinchi bosqich – spektral va vaqt domenida tahlil qilish. Fourier tahlili va spektral analiz metodlari yordamida signallarning chastotaviy xususiyatlari o'rganildi. Bu tahlil filtr parametrlarini optimallashtirish va shovqin komponentlarini aniqlash uchun zarur. Sensor signallari uchun ham spektral analiz signaldagi noaniqliklar va shovqin manbalarini aniqlashda qo'llanildi. Beshinchi bosqich – simulyatsiya va natijalarni baholash. MATLAB va Python dasturlari yordamida DSP algoritmlari simulyatsiya qilindi va turli shovqin sharoitlarida signallarni qayta ishlash natijalari tahlil qilindi. Signallarni optimallashtirish samaradorligi signal-to-noise ratio (SNR), keskinlik (distortion) va boshqa sifat ko'rsatkichlari orqali baholandi. Bu bosqich DSP algoritmlarining haqiqiy tizimlarda ishlash qobiliyatini aniqlash va optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, metodologiyada eksperimental va taqlidiy (simulation-based) yondashuvlar kombinatsiyasi qo'llanildi. Audio signallar va sensor ma'lumotlarining turli shovqin sharoitlarida tahlil qilinishi, algoritmlarning kuchli va zaif tomonlarini aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot davomida turli parametrlar, filtr turlari, adaptiv algoritmlarning o'rnatilgan o'zgaruvchanliklari va real vaqt ishlash qobiliyati solishtirildi. Umuman olganda, ushbu metodologiya DSP algoritmlari yordamida audio va sensor signallarni optimallashtirish va shovqinni kamaytirish jarayonini tizimli va samarali amalga oshirish imkonini beradi. Yig'ish, oldindan ishlov berish, filtrlash, spektral tahlil, optimallashtirish va natijalarni baholash bosqichlari bir-birini to'ldiradi va signal sifatini maksimal darajada yaxshilashga xizmat qiladi.

Natijalar: Tadqiqot natijalari DSP algoritmlari yordamida audio va sensor signallarni optimallashtirish jarayonining samaradorligini aniq ko'rsatdi. Audio signallarni qayta ishlashda FIR va IIR filtrlar hamda adaptiv LMS algoritmi qo'llanilganda shovqin darajasi sezilarli darajada kamaydi. Masalan, turli shovqin sharoitida test qilingan audio signalning signal-to-noise ratio (SNR) ko'rsatkichlari FIR filtr qo'llanganda o'rtacha 6–8 dB, IIR filtrda 7–9 dB, LMS adaptiv filtrda esa 10–12 dB ga oshdi. Bu natija real sharoitlarda audio sifatini yaxshilash va shovqin ta'sirini kamaytirish imkonini berdi. Sensor signallari bo'yicha natijalar ham ijobiy bo'ldi. Harorat, bosim va harakat sensorlaridan olingan ma'lumotlar turli shovqin manbalarida qayta ishlanib, LMS algoritmi yordamida shovqin komponentlari dinamik ravishda kamaytirildi. Masalan, harorat sensori signali uchun SNR 5 dB dan 11 dB gacha oshdi, harakat sensorlarida esa 4 dB dan 9 dB gacha yaxshilanish kuzatildi. Ushbu natijalar DSP algoritmlarining turli turdagi sensor signallarini optimallashtirishda samarali

ishlashini tasdiqladi. Spektral tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, filtrlar signaldagi shovqin chastotalarini samarali ravishda ajratib, kerakli chastota komponentlarini saqlab qoladi. Fourier transformasi yordamida audio signallarning chastota spektri tahlil qilindi va filtr parametrlari optimallashtirildi. LMS adaptiv filtrning ishlashi natijasida signaldagi shovqin spektral komponentlari kamayib, signalning asosiy ma'lumotli qismlari saqlanib qoldi. Sensor signallari uchun ham spektral tahlil shovqin manbalarini aniqlash va filtr parametrlarini sozlash imkonini berdi. Turli DSP algoritmlari bir-birini to'ldiradi. FIR va IIR filtrlar signalni oldindan tozalash va doimiy shovqinlarni kamaytirishda samarali bo'lsa, LMS adaptiv filtr real vaqt sharoitida o'zgaruvchan shovqinlarga tez moslashadi. Bu esa tizimning samaradorligini oshiradi va real sharoitlarda yuqori sifatli signal olish imkonini beradi. Testlar davomida turli shovqin darajalari bilan signallarni qayta ishlashning samaradorligi baholandi. Natijalar ko'rsatdiki, shovqin darajasi oshgani sayin FIR va IIR filtr samaradorligi biroz kamayadi, ammo adaptiv LMS algoritmi ushbu sharoitlarda ham signal sifatini yuqori darajada ushlab turadi. Bu natija adaptiv filtrlarning real vaqt tizimlari uchun muhimligini ko'rsatadi. Eksperimental va simulyatsiya natijalari DSP algoritmlarining nafaqat audio, balki sensor signallarida ham samarali ishlashini tasdiqladi. Turli parametrlar, filtr turlari va algoritmlarning ishlash xususiyatlari solishtirildi, shuningdek, optimallashtirish jarayonida signalning aniqligi va shovqin kamayishi o'lchandi. Natijalar ko'rsatdiki, audio va sensor signallarni qayta ishlashda DSP algoritmlari qo'llanilishi tizim sifatini sezilarli darajada oshiradi. Natijalar DSP algoritmlari yordamida signallarni optimallashtirish va shovqini kamaytirish jarayonining samaradorligini aniq ko'rsatdi, real vaqtda ishlash imkonini berdi, turli turdagi signallar bilan ishlashda yuqori sifatli natijalarni ta'minladi va tizimning barqarorligini oshirdi. Ushbu natijalar keyingi texnologik tadqiqotlar va amaliy tizimlarda DSP algoritmlarini qo'llashga asos yaratadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqot natijalari DSP algoritmlarining audio va sensor signallarni qayta ishlashda samarali ekanligini ko'rsatdi. FIR va IIR filtrlar doimiy shovqinlarni kamaytirishda, LMS adaptiv filtr esa o'zgaruvchan shovqin sharoitlarida yuqori samaradorlikni ta'minladi. Audio signallarda signal-to-noise ratio (SNR) sezilarli darajada oshdi, bu esa audio sifatini yaxshilashga imkon berdi. Sensor signallari bilan ishlashda ham DSP algoritmlari shovqin komponentlarini samarali kamaytirib, aniq va barqaror ma'lumot olishni ta'minladi. Spektral tahlil natijalari filtrlar signaldagi kerakli chastota komponentlarini saqlab qolishini va shovqin chastotalarini samarali ajratishini ko'rsatdi. Turli algoritmlar bir-birini to'ldiradi: FIR va IIR filtrlar oldindan tozalashda, LMS adaptiv filtr esa real vaqt sharoitida moslashishda kuchli. Natijalar DSP algoritmlarining turli turdagi signallar bilan ishlashda tizim sifatini sezilarli darajada oshirishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, tadqiqot DSP algoritmlarini amaliy tizimlarda qo'llashning samaradorligini ham

ko'rsatdi. Audio va sensor signallarni optimallashtirish orqali yuqori aniqlik, barqarorlik va sifatli signal olish mumkinligi isbotlandi. Ushbu natijalar kelajakda DSP texnologiyalarini yanada rivojlantirish va turli sohalarda qo'llash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. DSP algoritmlari yordamida signallarni optimallashtirish va shovqini kamaytirish jarayoni yuqori samaradorlik, ishonchlilik va real vaqt tizimlarida ishlash imkoniyatini ta'minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1) Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*. Pearson Prentice Hall.
- 2) Oppenheim, A. V., Schafer, R. W., & Buck, J. R. (1999). *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice Hall.
- 3) Haykin, S. (2002). *Adaptive Filter Theory*. Prentice Hall.
- 4) Mitra, S. K. (2006). *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*. McGraw-Hill.
- 5) Widrow, B., & Stearns, S. D. (1985). *Adaptive Signal Processing*. Prentice-Hall.
- 6) Lyons, R. G. (2010). *Understanding Digital Signal Processing*. Prentice Hall.