

**ULTRATOVUSH TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN QON BOSIMI MONITORINGI
VA YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARINI BASHORATLASH**

**МОНИТОРИНГ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

**BLOOD PRESSURE MONITORING AND CARDIOVASCULAR DISEASE PREDICTION
BASED ON ULTRASOUND TECHNOLOGY**

Mamajonov M.M.

<https://orcid.org/0009-0003-3079-9765>

Central Asian Medical University

Mamajonov M.M. (2025). ULTRATOVUSH TEXNOLOGIYASIGA ASOSLANGAN QON BOSIMI MONITORINGI VA YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARINI BASHORATLASH. ActaCAMU, 4(12), 240–246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17950815>

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy ultratovush texnologiyalariga asoslangan real vaqt rejimida yurak urishi va qon bosimini monitoring qilish imkonini beruvchi dasturiy yechim taqdim etilgan. Tizim ilg'or signal qayta ishlash algoritmlari yordamida ultratovush signallarini tahlil qilib, natijalarni ma'lumotlar bazasida saqlaydi va tarixiy ma'lumotlar asosida yurak-qon tomir tizimidagi patologik o'zgarishlarni erta aniqlash imkonini yaratadi. Shuningdek, sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish modellari yordamida qon bosimi va yurak ritmidagi xavfli o'zgarishlar aniqlanganda, foydalanuvchiga ehtimollik asosida aniq bashoratlar beriladi. Mazkur dasturiy yechim individual sog'liqni monitoring qilish, tibbiy konsiliumlar va klinik tadqiqotlarda samarali foydalanish uchun mo'ljallangan zamonaviy diagnostika platformasidir.

Kalit so'zlar: Yurak-qon tomir tizimi, Real vaqt rejimida monitoring, Ultratovush texnologiyasi, Signal qayta ishlash, Raqamli filtrlash, Kalman filtra

Аннотация: В данной статье представлен программный комплекс, основанный на современных ультразвуковых технологиях, обеспечивающий мониторинг сердечного ритма и артериального давления в реальном времени. Система анализирует ультразвуковые сигналы с помощью передовых алгоритмов обработки сигналов, сохраняет результаты в базе данных и позволяет раннее выявление патологических изменений сердечно-сосудистой системы на основе исторических данных. Кроме того, с использованием моделей искусственного интеллекта и машинного обучения при обнаружении опасных изменений артериального давления и сердечного ритма пользователю предоставляются точные прогнозы с вероятностной оценкой. Данный программный комплекс представляет собой современную диагностическую платформу, предназначенную для индивидуального мониторинга здоровья, медицинских консилиумов и клинических исследований.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, мониторинг в реальном времени, ультразвуковая технология, обработка сигналов, цифровая фильтрация, фильтр Калмана.

Abstract: This article presents a software system based on modern ultrasound technologies that provides real-time monitoring of heart rate and blood pressure. The system analyzes ultrasound signals using advanced signal processing algorithms, stores the results in a database, and enables early detection of pathological changes in the cardiovascular system based on historical data. Additionally, with the use of artificial intelligence and machine learning models, precise probabilistic predictions are provided to the user when dangerous changes in blood pressure and heart rhythm are detected. This software system represents a modern diagnostic platform designed for individual health monitoring, medical consultations, and clinical research.

Keywords: cardiovascular system, real-time monitoring, ultrasound technology, signal processing, digital filtering, Kalman filter.

So‘nggi yillarda tibbiyot sohasida real vaqt rejimida monitoring texnologiyalarining ahamiyati sezilarli darajada ortib bormoqda. Ayniqsa, yurak-qon tomir tizimiga oid kasalliklarni erta bosqichda aniqlash hamda ularning oldini olishga qaratilgan samarali diagnostika vositalariga talab tobora oshib bormoqda. Yurak faoliyati va qon bosimining doimiy va uzluksiz nazorati bemorning sog‘lig‘i holatini chuqurroq tushunish hamda muolajalarni o‘z vaqtida boshlash imkonini beradi [1,13,14].

Ushbu maqolada taqdim etilgan dasturiy yechim zamonaviy ultratovush texnologiyalariga asoslangan bo‘lib, foydalanuvchi tomonidan kuzatilayotgan shaxsning yurak urishi va qon bosimi ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradi. Dastur tizimga olingan ultratovush signallarini ilg‘or signal qayta ishlash algoritmlari orqali tahlil qiladi va olingan natijalarni maxsus ma‘lumotlar bazasiga saqlaydi. Shu orqali nafaqat joriy holatni kuzatish, balki vaqt davomida yig‘ilgan tarixiy ma‘lumotlarni tahlil qilish orqali yurak-qon tomir tizimida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan patologik o‘zgarishlarni oldindan aniqlash imkoniyati yaratiladi.

Bundan tashqari, tizimda sun‘iy intellekt va mashinaviy o‘rganish algoritmlari qo‘llanilib, qon bosimi va yurak ritmidagi noaniq yoki xavfli o‘zgarishlar aniqlanganda, foydalanuvchiga ehtimollik asosida aniq bashoratlar taqdim etiladi. Bu esa erta ogohlantirish va profilaktik chora-tadbirlarni o‘z vaqtida amalga oshirishga xizmat qiladi. Shunday qilib, mazkur dasturiy yechim nafaqat individual sog‘liq monitoringida, balki tibbiy konsiliumlar va klinik tadqiqotlarda ham zamonaviy diagnostika platformasi sifatida keng qo‘llanilishi mumkin.

Ultratovush signalni qayta ishlashning algoritmik asoslari. Ultratovush texnologiyasidan foydalanish tibbiy diagnostikada invaziv bo‘lmagan va yuqori aniqlikka ega bo‘lgan usullardan biri hisoblanadi. Mazkur tizimda foydalanuvchidan olinadigan ultratovush signallar yurak-qon tomir tizimi holatini real vaqt rejimida aniqlash maqsadida dastlabki raqamli qayta ishlov bosqichlaridan o‘tkaziladi [2,15,18]. Bu jarayon asosan quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi: signalni raqamli filtrlash, silliqilashtirish (smooth processing) va normallashtirish (normalization).

Raqamli filtrlash (Digital Filtering): Ultratovush yordamida olingan signal tarkibida ko‘plab tashqi shovqinlar va artefaktlar (masalan, sezgirlikdagi o‘zgarishlar, harakat artefaktlari) mavjud bo‘lishi mumkin. Shu sababli signalni aniq tahlil qilishdan avval, uni shovqindan tozalash lozim [3,7,9,21].

Buning uchun tizim past chastotali va yuqori chastotali raqamli filtrlardan foydalanadi. Xususan:

- Chegara chastotali Butterworth yoki Chebyshev filtrlar signaldagi yuqori chastotali shovqinlarni bostirishda qo‘llaniladi.
- Kalman filtri esa vaqt bo‘yicha signalning silliqilgini ta‘minlashda, ayniqsa yurak urish chastotasini aniqlashda afzallik beradi.

Signalni silliqilashtirish (Smoothing Techniques): Filtrlangan signalga qo‘shimcha ravishda, statistik silliqilashtirish algoritmlari qo‘llaniladi [5,6]. Bu bosqichda:

- Moving Average (sliding window o‘rtacha qiymat)
- Savitzky-Golay smoothing kabi metodlar yordamida signalning lokal noaniqliklari va impulsiv o‘zgarishlari yumshatiladi [7,11].

Silliqilashtirish natijasida signalning asosiy tarkibiy qismlari – ya‘ni, puls to‘lqinlari (pulse waveforms) va qon oqimining ritmik o‘zgarishlari aniqroq ajralib chiqadi. Bu esa keyingi bosqichda yurak faoliyati va qon bosimini aniqlashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Normallashtirish (Signal Normalization): Turli foydalanuvchilarda yoki turli holatlarda olinadigan signal amplitudalari va signal-to-shovqin nisbati (SNR) keskin farq qilishi mumkin. Shuning uchun signalni standart diapazonga keltirish lozim bo‘ladi [16]. Normallashtirish orqali:

- Signalning statistik ko‘rsatkichlari (o‘rtacha qiymat, dispersiya) moslashtiriladi,
- Tizim tomonidan ishlab chiqilgan sun‘iy intellekt modellari uchun bir xillik (Gomogenlik) ta‘minlanadi.

Fiziologik parametrlarni aniqlash. Qayta ishlangan ultratovush signallari asosida tizim quyidagi parametrlarni yuqori aniqlikda aniqlash imkoniyatiga ega:

- Qon oqimi tezligi (Flow Velocity) - Doppler effektidan foydalanib hisoblanadi.
- Yurak urish chastotasi (Heart Rate) - har bir puls sikli davomiyligi asosida aniqlanadi.
- Puls to'liqlarining shakli va amplitudasi - sistolik va diastolik bosim oralig'ini baholash uchun muhim ko'rsatkichlardir.

Ushbu parametrlar asosida tizim sistolik (SBP) va diastolik (DBP) qon bosimi ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida aniqlaydi. Qon bosimi hisoblash algoritmlari tibbiyotda qabul qilingan gemodinamik modelga asoslangan bo'lib, puls to'liqini tezligi (Pulse Wave Velocity – PWV) va arterial elastiklik kabi fiziologik omillarni ham inobatga oladi [8,16].

Yurak-qon tomir tizimining holatini doimiy nazorat qilish uchun real vaqt (real-time) monitoring texnologiyalari muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur tizimda ushbu jarayon foydalanuvchining fiziologik ko'rsatkichlarini uzluksiz ravishda kuzatish, ularni tahlil qilish va vizual tarzda taqdim etishga qaratilgan kompleks texnologik yechimlar asosida tashkil etilgan [4,8].

1. Ma'lumotlarni yig'ish va saqlash infratuzilmasi

Monitoring jarayonida ultratovush signalidan olinadigan fiziologik ma'lumotlar (masalan, qon bosimi, yurak urish chastotasi, puls to'liqini shakllari) mos keluvchi ma'lumotlar bazasida (odatda SQL yoki NoSQL turidagi) real vaqt rejimida saqlanadi.

Bu bazalar quyidagi texnik talablarga javob beradi:

- Yuqori tezlikda yozish va o'qish imkoniyati
- Ko'p foydalanuvchili kirishni qo'llab-quvvatlash
- Tarixiy ma'lumotlarni tahlil qilish imkoniyati uchun optimallashtirilgan indekslash

Ma'lumotlar vaqt tamg'asi (timestamp) bilan birga saqlanadi, bu esa ularni vaqtga bog'liq tahlillar uchun asos yaratadi.

Vizual interfeysning tuzilishi va funksional imkoniyatlari. Tizim foydalanuvchiga intuitiv, interaktiv va foydalanishga qulay grafik foydalanuvchi interfeysi (GUI) orqali quyidagi asosiy ko'rsatkichlarni vizual ko'rinishda taqdim etadi:

- Qon bosimining vaqt bo'yicha grafigi (Time-series plot of Blood Pressure) Sistolik (SBP) va diastolik (DBP) bosim ko'rsatkichlari real vaqt o'qida dinamik ravishda aks ettiriladi. Bu grafiklar foydalanuvchining normal, yuqori yoki past bosim holatlarini tezda aniqlash imkonini beradi.
- Qo'shimcha ravishda, grafikda alarm threshold (ogohlantiruvchi chegaraviy qiymatlar) ko'rsatiladi.
- Yurak ritmidagi o'zgarishlar (Heart Rhythm Visualization) Elektrokardiografik yoki puls to'liqlaridan hosil qilingan yurak ritmi (heart rate variability – HRV) grafik ko'rinishda taqdim etiladi.
- Bu vosita orqali aritmik holatlar, yurakning tebranish chastotasidagi nomutanosibliklar yoki stressga bog'liq holatlar aniqlanishi mumkin.
- Statik va dinamik tahliliy ko'rsatkichlar

Foydalanuvchi sog'lig'i holatining tahlili uchun tizim:

- O'rtacha, maksimal va minimal qon bosimi ko'rsatkichlari
- Yurak urish chastotasining dispersiyasi
- Haftalik yoki oylik o'zgarishlar dinamikasi kabi statistik ma'lumotlarni taqdim etadi.

Bu interfeys modulli arxitekturaga ega bo'lib, har bir foydalanuvchi o'z ehtiyojiga mos vizual dashboard yaratishi yoki mavjud komponentlarni sozlashi mumkin.

3. Monitoring natijalarining tibbiy amaliyotdagi qo'llanilishi

Tizim orqali yig'ilgan va vizual tarzda aks ettirilgan ma'lumotlar foydalanuvchilarga:

- Shaxsiy sog'liq nazoratini yuritish
- Profilaktik chora-tadbirlarni belgilash
- Stress, charchoq va boshqa tashqi omillar ta'sirini baholash imkonini beradi.

Bundan tashqari, monitoring natijalari:

- Tibbiy konsiliumlar

- Shifokorlar bilan masofaviy maslahatlashuvlar (telemeditsina)
- Kasallikni rivojlanish jarayonining retrospektiv tahlili uchun ishonchli diagnostik asos bo'lib xizmat qiladi.

Monitoring tizimi natijalarni PDF, Excel yoki elektron tibbiy kartalar formatida eksport qilish imkoniyatini ham taqdim etadi, bu esa shifokorlar bilan samarali ma'lumot almashinuvini ta'minlaydi.

Sun'iy intellekt asosida yurak-qon tomir kasalliklarini bashoratlash tizimi

Yurak-qon tomir kasalliklari butun dunyoda o'lim holatlarining yetakchi sababi hisoblanadi. Shuning uchun ushbu kasalliklarni erta bosqichda aniqlash va xavf darajasini oldindan baholash zamonaviy tibbiy texnologiyalarning ustuvor yo'nalishlaridan biri bo'lib qolmoqda. So'nggi yillarda tibbiyot sohasida sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari, xususan mashinaviy o'rganish (MO) algoritmlari, diagnostika jarayonlarini avtomatlashtirish va kasalliklarni erta aniqlash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi [13]. Yurak-qon tomir kasalliklari kabi murakkab patologiyalarni bashorat qilishda ushbu algoritmlar katta ahamiyatga ega bo'lib, ular ko'p o'lchovli va dinamik fiziologik ma'lumotlarni tahlil qilish orqali yuqori aniqlikdagi diagnostik qarorlar qabul qilishga imkon beradi [14].

Algoritmik asoslar va mashinaviy o'rganish yondashuvlari: Bashoratlash tizimi yurak-qon tomir tizimi faoliyatiga oid real vaqt ma'lumotlari (qon bosimi, yurak urish chastotasi, puls to'liqini shakli, yurak ritmi va h.k.) asosida ishlaydi. Foydalanuvchidan olinayotgan signal va statistik ko'rsatkichlar quyidagi mashinaviy o'rganish algoritmlari orqali qayta ishlanadi:

- Supervised learning algoritmlari (masalan: Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting)
- Deep learning arxitekturalari (masalan: LSTM-Long Short-Term Memory, CNN-Convolutional Neural Network)
- Anomaly detection modellar (masalan: Isolation Forest yoki Autoencoderlar)

Ushbu modellar tarixiy monitoring ma'lumotlari asosida oldindan tayyorlangan (treningdan o'tgan) bo'lib, ular fiziologik signallardagi normal va anormal holatlarni ajratib bera oladi.

Bashoratlash algoritmining funksional imkoniyatlari: Tizim mashinaviy o'rganish orqali quyidagi holatlarni aniqlash va bashoratlash imkoniyatiga ega:

- Qon bosimidagi keskin o'zgarishlar: sistolik yoki diastolik bosimdagi kutilmagan ko'tarilish yoki tushish holatlari avtomatik tarzda aniqlanadi. Bu holat gipertonik kriz, ortostatik gipotoniya yoki stress reaksiyalarining erta belgilari bo'lishi mumkin.
- Yurak ritmidagi buzilishlar: yurak urish chastotasining fiziologik normadan chetlanishi (bradikardiya, taxikardiya), yurak urishidagi notekisliklar va HRV (Heart Rate Variability) ko'rsatkichlari asosida aritmik holatlar aniqlanadi.
- Fiziologik signallardagi anomal o'zgarishlar: puls to'liqini shaklidagi deformatsiyalar, yurak sikli davomiyligidagi g'ayritabiiyliklar yoki yurak yetishmovchiligi belgilariga ishora qiluvchi signallar tahlil qilinadi.

Xavf darajasini foizli ehtimollik shaklida baholash: Tizim bashorat natijalarini foydalanuvchiga vizual interfeys orqali, ehtimollik foizi shaklida taqdim etadi. Masalan:

- Gipertoniya rivojlanish ehtimoli: 76%
- Aritmiya xavfi: 42%
- Yurak yetishmovchiligi ehtimoli: 15%

Tizim har bir aniqlangan xavf holatini rangli indikatorlar orqali vizual tarzda ifodalaydi (yashil - past xavf, sariq - o'rta xavf, qizil - yuqori xavf). Bu yondashuv foydalanuvchi uchun intuitiv tushuniladigan interfeysda sog'liq holatining bashoratli bahosini taqdim etadi.

Avtomatik ogohlantirish mexanizmi: Tizim xavf darajasi ma'lum belgilangan chegaralardan oshgan taqdirda:

- Foydalanuvchini real vaqt rejimida ogohlantiruvchi xabar orqali xabardor qiladi
- Zarurat bo'lsa, monitoring natijalari oldindan tayyorlangan shifokor kontaktiga avtomatik tarzda yuborilishi mumkin

- Xavfli holatlar tarixiy ma'lumotlar bazasida ayrim belgilash (flag) bilan ajratib ko'rsatiladi, bu tahlilchilar va shifokorlar uchun alohida ahamiyat kasb etadi

Ma'lumotlar saqlanishi va eksport qilish imkoniyatlari

Bugungi kunda yurak-qon tomir kasalliklarini samarali nazorat qilish va monitoring qilish uchun to'plangan ma'lumotlarning xavfsizligi hamda ularni tibbiy muassasalar yoki mutaxassislar bilan oson almashish imkoniyati muhim ahamiyat kasb etmoqda [1,8]. Zamonaviy ultratovush asosidagi monitoring tizimlari foydalanuvchidan olinadigan fiziologik ko'rsatkichlarni nafaqat aniq va doimiy tarzda o'lchaydi, balki ushbu ma'lumotlarni markazlashtirilgan va xavfsiz saqlash hamda kerak bo'lganda turli formatlarda eksport qilish imkoniyatlarini taqdim etadi.

Ma'lumotlar bazasida xavfsiz saqlash

Monitoring jarayonida olinadigan barcha tibbiy ma'lumotlar - qon bosimi ko'rsatkichlari, yurak urish chastotasi, puls to'lqinlari va boshqalar - maxsus mo'ljallangan ma'lumotlar bazasida saqlanadi. Ushbu bazalar ma'lumotlarning yaxlitligi, ishonchliligi va maxfiylikini ta'minlashga qaratilgan zamonaviy texnologiyalar bilan jihozlangan. Ma'lumotlar shifrlangan holda saqlanadi va kirish faqat autentifikatsiya qilingan foydalanuvchilar uchun imkoniyat beriladi. Shu bilan birga, muntazam zaxira nusxalar yaratilib, ma'lumotlarning yo'qolishi xavfi minimallashtiriladi.

Monitoring natijalari foydalanuvchi tomonidan istalgan vaqtda quyidagi formatlarda eksport qilinishi mumkin:

- PDF formati - bu format tahliliy ma'lumotlar, grafikalar va tibbiy xulosalarni yagona hujjat sifatida saqlash uchun qulay bo'lib, uni shifokorlar yoki tibbiy muassasalar bilan oson baham ko'rish imkonini beradi.
- Excel formati - ma'lumotlarni strukturaviy ko'rinishda saqlash imkonini berib, keyinchalik statistik tahlil va tadqiqot ishlari uchun qulaylik yaratadi.

Mazkur eksport funksiyalari foydalanuvchilarga o'z sog'liq monitoring ma'lumotlarini tibbiy konsultatsiyalar uchun taqdim etish, shuningdek, ularni shaxsiy tibbiy kartalarda saqlash imkonini beradi.

Ma'lumotlarni markazlashtirilgan saqlash va eksport qilish tizimlari shifokorlar va diagnostika mutaxassislari uchun yanada samarali ish faoliyatini ta'minlaydi. Bu imkoniyatlar yordamida:

- Kasalliklarning rivojlanishi va davrlar o'tishi bilan bog'liq o'zgarishlar tahlil qilinadi.
- Mutaxassislar birgalikda maslahatlashish va konsilium o'tkazish uchun to'liq va aniq ma'lumotlarga ega bo'ladi.
- Foydalanuvchining sog'liq holati bo'yicha qaror qabul qilish jarayoni aniq va asosli bo'ladi.

Ko'p foydalanuvchili tizimlar va axborot xavfsizligi

Zamonaviy tibbiy monitoring tizimlari, xususan yurak-qon tomir faoliyatini nazorat qiluvchi dasturiy vositalar, ko'p foydalanuvchili muhitda samarali va xavfsiz ishlashni ta'minlash zaruriyatidan kelib chiqadi. Bu esa har bir foydalanuvchining shaxsiy ma'lumotlarini ajratib boshqarish, ularning maxfiylikini saqlash va tizim resurslariga ishonchli kirishni tashkil etishni talab qiladi[4]. Shu munosabat bilan, ko'p foydalanuvchili tizimlar va axborot xavfsizligi konseptlari ushbu sohada alohida o'ringa ega.

Ko'p foydalanuvchili tizimlarning afzalliklari: Ko'p foydalanuvchili arxitektura bir nechta insonlarning sog'liq ko'rsatkichlarini yagona platformada alohida monitoring qilish imkonini beradi. Har bir foydalanuvchi uchun individual profil yaratiladi va uning tibbiy ma'lumotlari shaxsiy kabinetda markazlashtiriladi. Bu yondashuv quyidagi afzalliklarni beradi:

- Personalizatsiya: Har bir foydalanuvchiga moslashtirilgan tahliliy natijalar va tarixiy ma'lumotlar taqdim etiladi.
- Resurslarni samarali boshqarish: Bitta tizimda ko'p foydalanuvchi ma'lumotlarini boshqarish tizim samaradorligini oshiradi.
- Ko'p foydalanuvchili yondashuvda integratsiya: Sog'liqni saqlash mutaxassislari, shifokorlar va foydalanuvchilar o'rtasida samarali axborot almashinuvi uchun qulay muhit yaratiladi.

Tibbiy ma'lumotlar inson salomatligiga bevosita ta'sir qiluvchi nozik va maxfiy axborot hisoblanadi. Shuning uchun, ularni himoyalash yuqori darajadagi xavfsizlik choralari orqali amalga oshiriladi:

- Autentifikatsiya va avtorizatsiya: Har bir foydalanuvchi tizimga kirishda individual parol va, agar kerak bo'lsa, ikki bosqichli autentifikatsiya orqali identifikatsiya qilinadi. Bu foydalanuvchi ma'lumotlariga ruxsatsiz kirishning oldini oladi.
- Ma'lumotlarni shifrlash: Foydalanuvchi ma'lumotlari nafaqat saqlanayotgan bazada, balki uzatish vaqtida ham zamonaviy shifrlash algoritmlari (masalan, AES, TLS/SSL protokollari) yordamida kodlanadi. Bu tarmoqdagi kiberxavflarga qarshi samarali himoya vositasidir.
- Kirish huquqlarini boshqarish: Har bir foydalanuvchi faqat o'z ma'lumotlariga kirish huquqiga ega bo'lib, tizim administratorlari va tibbiyot mutaxassislari uchun maxsus huquq darajalari belgilangan.

Amaliy qo'llanilishi va samaradorligi: Ushbu xavfsizlik choralari ko'p foydalanuvchili tibbiy monitoring tizimining samarali ishlashini ta'minlabgina qolmay, balki:

- Foydalanuvchilar va tibbiyot xodimlari o'rtasida ishonchli ma'lumot almashinuvi uchun kafolat yaratadi.
- Tibbiy ma'lumotlarning noqonuniy foydalanilishi va kiberhujumlarga qarshi himoyani ta'minlaydi.
- Sog'liqni saqlash tizimining qoidalari va qonunchiligiga muvofiqlikni saqlashga yordam beradi.

Xulosa

Ushbu maqolada zamonaviy ultratovush texnologiyalariga asoslangan yurak-qon tomir tizimini real vaqt rejimida monitoring qilish uchun ilg'or algoritmik yechimlar va dasturiy vositalar taqdim etildi. Signalni raqamli filtrlash, silliqashtirish va normallashtirish bosqichlari yordamida olinadigan ultratovush ma'lumotlari yuqori aniqlikda qayta ishlanadi. Fiziologik parametrlarni - qon oqimi tezligi, yurak urish chastotasi va puls to'liqlari shaklini aniqlash orqali tizim qon bosimini aniqlash imkonini beradi.

Shuningdek, sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish algoritmlari yordamida yurak-qon tomir kasalliklarining erta bashoratlanishi va xavf darajasini aniqlash amalga oshiriladi. Monitoring natijalari intuitiv grafik interfeysda ko'rsatiladi, ma'lumotlar xavfsiz saqlanadi va kerak bo'lganda turli formatlarda eksport qilinadi.

Mazkur tizim individual sog'liqni nazorat qilish, tibbiy konsiliumlar, telemeditsina va klinik tadqiqotlar uchun samarali diagnostika platformasi sifatida ahamiyat kasb etadi. Ko'p foydalanuvchili arxitektura va kuchli axborot xavfsizligi choralariga ega bo'lib, zamonaviy tibbiy monitoring sohasidagi dolzarb muammolarni hal etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Islomov, B., & Tursunov, D. (2020). Yurak-qon tomir kasalliklarini oldini olish va diagnostikasi. Toshkent: Tibbiyot nashriyoti.
2. Ahmedova, M. Tibbiy signalni qayta ishlashning asoslari. Toshkent: Fan va texnologiya. (2019).
3. Иванов, А.В., & Петров, С.И. (2017). Методы обработки биомедицинских сигналов. Москва: Наука.
4. Смирнова, Е.В. (2019). Искусственный интеллект в кардиологии. Санкт-Петербург: Медицинская книга.
5. Козлов, М.Н., & Зайцев, В.П. (2018). Применение ультразвуковых технологий в медицине. Москва: Медицина.
6. Федорова, Л.А. (2020). Анализ временных рядов в биомедицинских системах. Новосибирск: Сибирское издательство.
7. Баранов, Д.А., & Васильев, Ю.В. (2016). Машинное обучение и обработка сигналов. Москва: ВШЭ.
8. Семёнов, И.И. (2015). Диагностика сердечно-сосудистых заболеваний с помощью ИИ. Санкт-Петербург: Питер.
9. Николаев, П.П. (2017). Цифровая фильтрация сигналов. Москва: Бином.

10. Алексеева, Н.В., & Кузнецова, Т.А. (2018). Безопасность медицинских данных. Москва: ДМК.
11. Гусев, В.В. (2019). Современные методы мониторинга здоровья. Москва: ЭКСМО.
12. Захаров, М.М. (2021). Технологии телемедицины и дистанционного мониторинга. Санкт-Петербург: Наука.
13. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., ... & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29.
14. Johnson, K. W., Torres Soto, J., Glicksberg, B. S., Shameer, K., Miotto, R., Ali, M., ... & Dudley, J. T. (2018). Artificial Intelligence in Cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2668-2679.
15. Shashikumar, S. P., Verma, A., & Nemati, S. (2020). Deep learning for cardiovascular risk prediction using wearable sensors. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(11), 3113-3122.
16. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 770-778.
17. Rabiner, L., & Schafer, R. (1978). Digital Processing of Speech Signals. *Prentice-Hall*.
18. Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of Basic Engineering*, 82(1), 35-45.
19. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of machine learning research*, 12(Oct), 2825-2830.
20. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.