

ELEKTROKARDIOGRAMMA SIGNALLARINI QAYTA ISHLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

*Jabborov Anvar Mansurjonovich, Mansurov Ezozbek
Namangan muhandislik texnologiyalari instituti*

Abstract. So'nggi o'n yillikda yurak-qon tomir kasalliklari (YuQTK) dunyo miqyosida o'limning asosiy sabablaridan biridir. YuQTK ning erta baholash og'ir bemorlarning asoratlarini kamaytirishga yordam beradi. Elektrokardiogramma (EKG) samarali yordamchi vosita bo'lib, inson yuragining turli xil yurak kasalliklari haqida aniq ma'lumot beradi. Sog'liqni saqlash sohasidagi IoT (internet of things-internet ashyolari) shifokorlar va mutaxassislarga bemorning holatini masofadan turib, oqilona va samarali diagnostika qilish imkonini beradi. Yurak anomaliyalarini erta tashxislash va yuqori xavfli bemorlarning hayotini saqlab qolish uchun ushbu sohada olib borilgan barcha tadqiqotlardan kelib chiqqan holda, [2] adabiyotda keltirilgan ko'plab tadqiqot ishlarini o'rganib chiqishdi va EKG signallarini kuzatish tizimlarining bir necha jihatlariga nazar tashladi.

Keywords. EKG, internet of things, 12-kanal, FPGA, QRS, elektrod, FrWT, WT, MIT-BIH aritmiya ma'lumotlar bazasi, yurak-qon tomir kasalliklari, KKF.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

*Джаббаров Анвар Мансуржонович, Мансуров Эзоzbek
Наманганский инженерно-технологических институт*

Абстрактный. В последнее десятилетие сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из основных причин смертности во всем мире. Ранняя оценка ХБП помогает уменьшить осложнения у пациентов в критическом состоянии. Электрокардиограмма (ЭКГ) – эффективный вспомогательный инструмент, дающий точную информацию о различных заболеваниях сердца человека. IoT (интернет вещей-интернет-объекты) в сфере здравоохранения позволяет врачам и специалистам диагностировать состояние пациента удаленно, интеллектуально и эффективно. Основываясь на всех исследованиях в этой области для ранней диагностики нарушений сердечной деятельности и спасения жизни пациентов из группы высокого риска, [2] проанализировали множество научных работ в литературе и рассмотрели некоторые аспекты систем мониторинга ЭКГ-сигналов.

Ключевые слова: ЭКГ, интернет вещей, канал 12, FPGA, QRS, электрод, FrWT, WT, база данных аритмий MIT-BIH, сердечно-сосудистые заболевания, СКФ.

MODERN METHODS OF PROCESSING ELECTROCARDIOGRAM SIGNALS

Jabbarov Anvar Mansurjonovich, Mansurov Ezozbek
Namangan Institute of Engineering Technologies

Abstract. In the last decade, cardiovascular diseases (CVD) are one of the main causes of death worldwide. Early assessment of CKD helps reduce complications in critically ill patients. Electrocardiogram (ECG) is an effective auxiliary tool that provides accurate information about various heart diseases of the human heart. IoT (internet of things-internet objects) in the field of healthcare allows doctors and specialists to diagnose the patient's condition remotely, intelligently and effectively. Based on all the research in this field for the early diagnosis of cardiac abnormalities and saving the lives of high-risk patients, [2] reviewed many research papers in the literature and looked at several aspects of ECG signal monitoring systems.

Keywords. ECG, internet of things, channel 12, FPGA, QRS, electrode, FrWT, WT, MIT-BIH arrhythmia database, cardiovascular diseases, CKF.

So'nggi o'n yillikda yurak-qon tomir kasalliklari (YuQTK) dunyo miqyosida o'limning asosiy sabablaridan biridir. YuQTK ning erta baholash og'ir bemorlarning asoratlarini kamaytirishga yordam beradi. Elektrokardiogramma (EKG) samarali yordamchi vosita bo'lib, inson yuragining turli xil yurak kasalliklari haqida aniq ma'lumot beradi. EKG signalini baholash va talqin qilish xavfli yurak-qon tomir sharoitlarini aniqlash va yumshatish uchun hozirgi tadqiqotlarning asosiy maqsadiga aylandi. EKG signali an'anaviydan tortib mashinani o'rganishga qadar bo'lgan signallarni qayta ishlash usullaridan foydalangan holda samarali tahlil qilinadi va tasniflanadi va uning chuqur o'rganish kabi kichik tarmoqlari yurak kasalliklari va aritmiyalarni erta aniqlash va tashxislash uchun ishlatiladi. Tana sensorlarining yangi turlarining rivojlanishi uyda yoki ambulatoriya sharoitida ishlatilishi mumkin bo'lgan avtomatlashtirilgan, arzon, real vaqt rejimida samarali EKG monitoringi tizimlariga bo'lgan ehtiyojni oshirdi. Sog'liqni saqlash sohasidagi IoT (internet of things-internet ashyolari) shifokorlar va mutaxassislariga bemorning holatini masofadan turib, oqilona va samarali diagnostika qilish imkonini beradi. Yurak anomaliyalarini erta tashxislash va yuqori xavfli bemorlarning hayotini saqlab qolish uchun ushbu sohada olib borilgan barcha tadqiqotlardan kelib chiqqan holda, [2] adabiyotda keltirilgan ko'plab tadqiqot ishlarini o'rganib chiqishdi va EKG signallarini kuzatish tizimlarining bir necha jihatlariga nazar tashladi. Birinchi navbatda EKG signalini tahlil qilishning bosqichma-bosqich asosini taqdim etdi, ma'lumotlarni tasniflashdan boshlab, adabiyotda keltirilgan an'anaviy va ilg'or mashinani o'rganish modellarining har bir bosqichli tahlilini tavsiflaydi. EKG signalini olish, ma'lumotlar bazalaridan olingan oldindan yozib olingan klinik EKG ma'lumotlari, signalni qayta ishlash, xususiyat

muhandisligiga asoslangan xususiyatni aniqlash va signal tasnifi, shuningdek ko'rib chiqilgan tadqiqotlar orasida qiyosiy baholash bo'yicha chuqur muhokamani taqdim etdi. Shuningdek, bemorning sog'lig'i holatiga masofadan kirish imkonini beruvchi ma'lumotlarni uzatish uchun innovatsion vosita sifatida portativ va taqiladigan qurilmalar, shuningdek, Interneti ashyolari va simsiz texnologiyalardan foydalanadigan arzonroq va yuqori samaradorlik bilan aqlli sog'liqni saqlash tizimining batafsil tahlilini taqdim etadi. Bundan tashqari, biomeditsina protsessorlarni, shu jumladan mikrokontrollerlarni, FPGA (field-programmable gate array) va ASIC (application-specific integrated circuit) ni ishlab chiqish uchun qabul qilingan turli xil apparat platformalari haqida keng bilim beradi. Bundan tashqari, tadqiqot sohasida qiyinchiliklar va cheklovlar muhokama qilingan.

Yozib olingan EKG signali odatda yurak (izoelektrik interval, uzoq muddatli depolarizatsiya va atriyal chayqalish) yoki qo'shimcha yurak (nafas olish, elektrod holatidagi o'zgarishlar, mushaklarning qisqarishi va elektr tarmog'idagi shovqin) kabi turli xil shovqinlar / buzilishlar bilan buziladi. Ushbu omillar foydali ma'lumotni yashiradi va signalning shovqin nisbati pastligi tufayli signal xarakteristikasini o'zgartiradi. Bunday holatlarda EKG signalini to'g'ri baholamaslik davolanishning kechikishiga olib kelishi va sub'ekt (bemor) sog'lig'iga zarar etkazishi mumkin. Shuning uchun, sub'ektni yaxshiroq davolashni osonlashtirish uchun signalning shovqin nisbatini yaxshilash uchun tegishli oldindan ishlov berish texnikasi zarur. EKG signalini tahlil qilishda (R-cho'qqilarini aniqlash asosida) turli xil dastlabki ishlov berish usullarining ta'siri sezuvchanlik, aniqlik va signalning shovqin nisbati bilan aniqlash xatolik darajasi kabi turli xil "Xizmat ko'rsatkichlari" yordamida taqqoslanadi. Tadqiqotchilar [1] boshqa mavjud keng tarqalgan usullarning kamchiliklarini bartaraf etish uchun oldindan ishlov berish usuli sifatida yangi fraksiyonel wavelet transformatsiya (FrWT), wavelet transformatsiya (WT) va fraksiyonel Furye transformatsiyasi (FrFT) taklif qilingan. Taklif etilgan FrWT texnikasi ko'p rezolyutsiyani tahlil qilish xususiyatlariga ega va signallarni vaqt-chastota tekisligida aylanish nuqtai nazaridan tasvirlashdan iborat bo'lgan fraksiyonal sohada signalni ifodalaydi. Adabiyotlarda EKG signalini tahlil qilish asosiy komponentlar tahlili va mustaqil komponent tahlili kabi statistik dastlabki ishlov berish usullaridan foydalangan holda ishlab chiqilgan. Biroq, agar asosiy funktsiyalar butun dunyo bo'ylab EKG to'plami bilan tayyorlanmagan bo'lsa, asosiy komponentlar tahlili ham, mustaqil komponent tahlili ham signal yoki shovqinda ozgina o'zgarishlarga moyil. Asosiy komponentlar tahlili va mustaqil komponent tahlili ning ushbu kamchiligini bartaraf etish uchun mustaqil asosiy komponent tahlili (IPCA) ishlatilgan. Shuning uchun, [1] da uchta texnika, ya'ni EKG signallarini oldindan qayta ishlashda taqqoslash uchun FrFT, FrWT va IPCA tanlangan.

Zamonaviy WBAN (simsiz tana hududi tarmog'i) ilovalarida taqiladigan sensorli tugunlar EKG signalini doimiy kuzatish bilan yurak-qon tomir kasalliklarini tugunda

aniqlash tomon oldinga siljiydi. Biroq, yurak hodisalarini chiqarish uchun tugunni qayta ishlashga ega kuchli quvvatli arxitektura intensiv hisoblash murakkabligidan tashqari apparat resurslaridagi cheklovlar tufayli muammolarni keltirib chiqaradi. Tadqiqotchilar [3] uzatish quvvatini tejash uchun ishlov berilmagan EKG signalining bit oqimini kamaytiradigan batareya darajasiga qarab ikki tomonlama rejimga asoslangan uzatish tizimi muhokama qildilar. Bit oqimini kodlash uchun sog'lig'ining uzluksiz monitoringi uchun real vaqt rejimida xususiyatni ajratib olishni amalga oshiradigan quvvatni biladigan EKG ishlov berish arxitekturasi taklif etiladi. Taklif etilayotgan arxitektura resurslarni cheklash sensori tuguniga qaratilgan past hisoblash murakkab operatsiyalarning afzalliklarini o'rganadi. Arxitektura ikki turdagi yurak anomaliyalari bilan shug'ullanadi, ya'ni yurak urish tezligining tartibsiz o'zgarishi (HRV- heart rate variation) va 1-darajali AV blokadasini; adaptiv chegara texnikasi orqali R-cho'qqisi va P-cho'qqisini aniqlaydi. Taklif etilgan algoritim uchun umumiy sezuvchanlik va ijobiy prognozlik MIT-BIH aritmiya ma'lumotlar bazasi bilan tasdiqlangan holda 99% gacha aniqlandi. Taklif etilayotgan arxitektura TSMC 90 nm texnologiyali tugunda 2,11 mVt quvvat sarfi bilan 0,087 mm² maydonni sarflagan holda sintez qilingan. Arxitektura 10 KHz ish chastotasi bilan 1,2 V da ishlaydi.

Tabiiy tillarga o'xshab, yurakning funkcionalligini o'rganish va bir nechta anormal aritmiyalarni tashxislash uchun eng keng tarqalgan noinvaziv vosita bo'lgan EKG signali P-to'lqini, QRS kompleksini, T to'lqini va U to'lqini o'z ichiga olgan uch yoki to'rtta turli xil to'lqinlar ketma-ketligidan iborat. EKG signali har bir to'lqinning bir nechta turli navlarini o'z ichiga olishi mumkin (masalan, QRS kompleksi turli xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin). Shu sababli, EKG signali tabiiy tillardagi jummalarga o'xshash yurak urishlarining ketma-ketligidir) va har bir yurak urishi turli morfologiyaga ega bo'lgan to'lqinlar to'plamidan iborat. Kompyuterlarga insonning tabiiy tilini tushunish va talqin qilishda qo'llaniladigan tabiiy tilni qayta ishlash (NLP- natural language processing) ga o'xshash bo'lib, kompyuterlarga elektrokardiogramma signallarini chuqurroq tushunishga yordam berish uchun NLP usullarni ishlab chiqish mumkin. [4] da EKGni tahlil qilishning yangi texnikasini taklif qilishdi, EKG tilini qayta ishlash (ELP- ECG language processing), EKG signallarini shifokorlar kabi tushunish uchun kompyuterlarni kuchaytirishga qaratilgan. Taklif qilingan yondashuvni ikkita vazifa bo'yicha baholadi, jumladan, yurak urishlarini tasniflash va EKG signallarida atriya fibrilatsiyani aniqlash. Bu texnikaning boshqa chuqur neyron tarmoqlari va mavjud algoritmlarga nisbatan kichikroq neyron tarmoqlar bilan yaxshi ishlash yoki solishtirish mumkin bo'lgan ishlashga olib keldi. Bu uchta ma'lumotlar bazasi bo'yicha eksperimental natijalar (masalan, PhysioNet's MIT-BIH, MIT-BIH AFIB va PhysioNet Challenge 2017 AFIB Dataset ma'lumotlar bazalari) taklif qilingan yondashuv umumiy g'oya sifatida turli xil biotibbiyot dasturlariga qo'llanilishi va ajoyib natijalarga erishishi mumkinligini ko'rsatadi.

Bugungi kunda yurak kasalliklarini tashxislash etarli darajada ko'p kanalli ma'lumotlarni olish uchun katta vaqt sarfini talab qiladi. 12 kanalli EKG ma'lumotlarini saqlash va uzatish katta xarajatlarga olib keladi. [5] ishda ko'p kanalli EKGni yo'qotishsiz siqishni taklif qildi, bu kanal ichidagi va kanallararo dekorrelyatsiya uchun adaptiv chiziqli bashoratdan foydalanadi. Entropiyani kodlash uchun moslashtirilgan Golomb-Rays kodekidan ham foydalanilgan. Moslashuvchan chiziqli bashorat qilish va Golomb-Rays kodek uchun tavsiya etilgan texnika o'tgan namunalarning ishlashiga asoslangan. Shunday qilib, chiziqli bashorat koeffitsienti va Golomb-Rays kodeklari jarayon davomida o'z-o'zini sozlashni amalga oshiradi. Taklif qilingan algoritmni bir kanalli siqish uchun MIT-BIH Arrhythmia ma'lumotlar bazasi va ko'p kanalli siqish uchun Physikalisch-Technische Bundesanstalt ma'lumotlar bazasi (PTB) bilan baholadi. Umumiy siqish sxemasi real vaqt rejimida namoyish qilish uchun ARM Cortex-M4 protsessori bilan o'rnatilgan tizimda ham amalga oshirildi.

Hozirgi vaqtda ko'plab ishlar EKG signallarida R-pikni aniqlash bilan shug'ullanadi. Ular aniqlashda aniq ko'rsatkichlarga ega bo'lishiga qaramasdan, ularning aksariyati oflayn echimlar sifatida taqdim etiladi, ikkalasi ham yuqori samarali platformalarda (katta xarajat ostida) qayta ishlanadi yoki vaqt cheklovlarisiz laboratoriyalarda tahlil qilinadi. Shu sababli, vaqt va hisoblash yukida cheklovlar bilan ko'chma / taqiladigan arzon platformalarda ishlaydigan yangi echimlarni ishlab chiqishga harakat qilib, bir qadam oldinga borish juda muhimdir. [6] da R-Peaksni onlayn va ishonchli aniqlashning aniq va hisoblash samarali usuli taqdim etishdi. Bu usul uchta asosiy bosqichga bo'linadi: birinchidan, dastlabki ishlov berish bosqichida shovqin va signal intensivligi yondashuvi asosida artefaktlarni to'liq yo'q qilish amalga oshiriladi; ikkinchidan, R-cho'qqilarini aniqlash samarali "egri chiziq ustidagi maydon" usuli orqali amalga oshiriladi; nihoyat, uchinchi bosqichda, uchta ketma-ket holat mashinasidan iborat yangi iterativ algoritmi yurak davri masofasi qoidalarini qo'llagan holda R-cho'qqilarini to'g'ri aniqlashni amalga oshiradi. Bundan tashqari, usul qisqa uzunlikdagi vaqt o'tishi bilan amalga oshiriladi. Algoritmi MIT-BIH aritmiya ma'lumotlar bazasining barcha 48 ta to'liq uzunlikdagi EKG yozuvlari yordamida sinovdan o'tkazdi, bu R-pikni aniqlashda 99,54% sezgirlik va 99,60% ijobiy prognozlikka erishdi.

Portativ EKG sinov qurilmalari odamlarning yurak kasalliklarini o'z vaqtida tushunishlarini rivojlantirishi mumkin va kasallikning oldini olishda katta ahamiyatga ega. R-pikni aniqlash EKG tez va aniq tashxisiga erishishning birinchi bosqichidir. Hozirgi vaqtda ko'pchilik R-peak (va QRS kompleksi) aniqlash algoritmlari tibbiy darajadagi ko'p tarmoqli EKG o'lchash moslamalariga mo'ljallangan va kam hisoblash quvvati va kuchli shovqin muhitida portativ bitta o'tkazgichli EKG o'lchash brasletga qo'llaniladi. Shu sababli, cheklangan apparat resurslari bilan EKG sifatini yaxshilash uchun [7] da EKG R-cho'qqisini aniqlash uchun filter dizayn usuli taklif qilingan. Bundan tashqari, genetik algoritmi yaxshi global qidiruv qobiliyati va EKGning

morfologik xususiyatlari orqali optimal filterni aniqlash uchun R-peakni aniqlash algoritmining filter dizaynida evolyutsion o'rganish qabul qilindi. Nihoyat, o'z-o'zidan qurilgan EKG ma'lumotlar to'plamida aniqlik, eslab qolish va F1 ko'rsatkichlari mos ravishda 97,03%, 98,49% va 97,67% ga etdi va boshqa mukammal filterlar bilan solishtirganda ba'zi ishlash ko'rsatkichlarida usulning ustunligi tekshirildi.

Kengaytirilgan Kalman filter (KKF) - bu turli xil EKG ishlov berish dasturlarida qo'llaniladigan taniqli chiziqli bo'lmagan Bayes tizimi. Biroq, EKG yozuvlarida keng tarqalgan mushak artefaktlari (MA) kabi statsionar bo'lmagan shovqinlarni olib tashlash juda samarali emas. Modelga asoslangan ramka sifatida ushbu filter oldindan belgilangan holat fazo modeliga tayanadi. Natijada, EKG dinamikasi uning davlat-kosmik modeliga mos kelmasa, KKF muvaffaqiyatsizlikka uchraydi. Yuqoridagi muammolarni hal qilish uchun ushbu maqolada biz zarrachalar to'dasini optimallashtirishdan yaxshiroq va aniqroq holat-kosmik modelni topish uchun foydalanishni taklif qildi. Bundan tashqari, statsionar bo'lmagan muhitda EKF ish faoliyatini yaxshilash uchun [8] yangi o'lchov modelini taklif qildi. Ushbu model Gauss bo'lmagan statsionar qo'shimchalar va statsionar shovqinlarni o'z ichiga olgan holda o'zgartirilgan. Biroq, EKF ushbu modeldan foydalanishi uchun uning tenglamalarini qayta shakllantirish kerak. EKF tenglamalarini qayta shakllantirish uchun ikki xil yondashuv taklif etilgan; 1-holatni kuchaytirish va 2- o'lchovlarni farqlash strategiyalari. EKF algoritmi uchun tavsiya etilgan formulalar statsionar bo'lmagan ifloslantiruvchi moddalarni olib tashlashda standart EKFga qaraganda yaxshiroq ishlashga imkon beradi. Tavsiya etilgan filterlar EKG signallarining klinik xususiyatlarini standart EKFga qaraganda yaxshiroq saqlaydi. Taklif etilgan EKF algoritmlarining samaradorligini ko'rsatish uchun ularning noaniqlik ko'rsatkichlari MITBIH Normal Sinus Ritm Ma'lumotlar bazasida (NSRDB) ikki xil turdagi statsionar bo'lmagan ifloslantiruvchi moddalar mavjudligida baholandi; 1- sintetik pushti shovqin va 2- Physionet shovqin stress bazasidan olingan haqiqiy mushak artefakt shovqini. Natijalar shuni ko'rsatdiki, tavsiya etilgan o'zgartirilgan EKF ramkalar statsionar bo'lmagan muhitda standart EKF ramkasidan sezilarli darajada oshib ketgan.

Miyokard ishemiyasini ko'rsatadigan alomatlari bo'lgan bemorlarning gospitalgacha (erta kasalxonaga yotqizilgan) bosqichida EKG juda muhimdir. Shu sababli, EKGga asoslangan miokard ishemiyasini aniqlashning yangi algoritmlari doimiy ravishda o'rganilmoqda. Ushbu algoritmlarni ishlab chiqish va tasdiqlash o'tkir EKG ma'lumotlar bazasini (kasalxonagacha yoki shoshilinch tibbiy yordam bo'limidan), shu jumladan (ishemiya mavjud) va nazorat vositalarini (ishemiya mavjud emas) vakillik aralashmasini talab qiladi. Shuning uchun, har bir bemor uchun yangi ishlab chiqilgan algoritmni solishtirish uchun o'tkir EKGni qayd etish paytida miyokard ishemiyasining haqiqiy mavjudligi yoki yo'qligi haqidagi "haqiqat" ni aniqlash kerak. Ishemik sharoitda o'tkir (kasalxonadan oldingi yoki tez yordam bo'limida orttirilgan) EKG o'tkazilganligini aniqlashning ushbu post hoc jarayoni

keyingi bemorning barcha mavjud klinik ma'lumotlaridan (klinik tashxis, yurak ko'rish ma'lumotlari va laboratoriya qiymatlari) foydalanishi kerak. Barcha ma'lumotlar qo'lda bo'lsa ham, bemorni va uning o'tkir EKGsini miokard ishemiyasi holati yoki nazorati sifatida belgilab qo'yishni aniq holatlar va aniq nazoratlar o'rtasida ikkilik bo'linishga majburlab bo'lmaydi. Aniqrog'i, yangi algoritmi ishlab chiqishda foydalanish uchun bemorlarning EKG ni qayd etishning aniq vaqtida miokard ishemiyasining mavjudligi yoki yo'qligi uchun baholanishi kerak, bu esa tasniflashni yanada qiyinlashtiradi. Masalan, bemorni yotqizish vaqtida ma'lum bir vaqtda miyokard ishemiyasi mavjudligi ishonchli bo'lishi mumkin bo'lsa-da, bu kasalxonadan oldingi (yoki erta kasalxonaga yotqizilgan) EKG ishemik sharoitda ham o'tkazilganligini isbotlash shart emas: ishemiya o'zgaruvchan jarayon bo'lishi mumkin. (masalan, beqaror angina pektorisida bo'lgani kabi). Shuning uchun o'tkir EKGni ishemiyaning yo'qligi yoki mavjudligi nuqtai nazaridan post hoc tasnifi uchun aniq ishemikdan noishemikgacha bo'lgan ko'p balli shkala kerak, masalan, 5 balli shkala (taxmin qilingan ishemik bo'lmagan, ehtimol ishemik bo'lmagan, noaniq, ehtimol ishemik, taxmin qilingan ishemik). Tez yordam (va shoshilinch tibbiy yordam bo'limi) bemorlarining EKG larini post hoc ko'rib chiqish jarayoni miokard ishemiyasi sifatida aniq holatlarga va nazoratga (ya'ni, o'tkir EKGni qayd etish paytida miokard ishemiyasi bo'lgan yoki bo'lmagan bemorlarga) ikkilik bo'linishiga olib kelishi mumkin emas. ko'pincha doimiy emas, balki dinamikdir. EKG ko'p balli shkala bo'yicha belgilanishi mumkin, bunda yorliq ushbu EKG qayd etilgan paytda miyokard ishemiyasining haqiqiy mavjudligi (yoki yo'qligi) ehtimolini ko'rsatadi. Miyokard ishemiyasini aniqlash algoritmlarini yanada rivojlantirish ushbu kontsepsiyani hisobga olishi kerak.

Biotibbiy signalni qayta ishlash - bu Furye o'zgarishi, filtrlash, spektral baholash va to'lqinlarni biotibbiy asoratlarga aylantirish kabi raqamli signallarni qayta ishlash usullaridan foydalanish, masalan, nafas olish sikli, yurak signallari, miya signallari va boshqalarni tahlil qilish. Raqamli filtrlar saqlash uchun ishlatiladi. tarmoq ichidagi signallar va tarmoqdan tashqari shovqinlarni blokirovka qilish. [10] Ilovalarni filtrlash uchun odatda past o'tkazuvchan, yuqori o'tkazuvchan, tarmoqli o'tkazuvchi va tarmoqli to'xtatuvchi filtrlardan foydalaniladi. Raqamli signalni qayta ishlash (DSP) tushunchalari biomedikal tasvirlash (MRI, CT, rentgen, PET, ultratovush) va genomik signallarni qayta ishlash kabi boshqa biomedikal ilovalar uchun ham qo'llanilishi mumkin. Buzilgan EKG signallarini yo'q qilish, nafas olish artefaktlarini olib tashlash va spektrogramma tahlili bilan EEG signallaridan ritmik naqshlarni aniqlash kabi tajribalar o'tkaziladi. Ushbu tadqiqot uchun Matlab R2016b vositasidan foydalanilgan. Va nihoyat, kursni o'rganishni yaxshilash uchun talabaning baholashi, so'rovi va fikr-mulohazalari jadvalga kiritiladi.

Atriyal fibrilatsiyani (AF) ishonchli aniqlash kasallikni tashxislash, uning rivojlanishini kuzatish va individual parvarish strategiyalarini ishlab chiqish uchun muhimdir. Shu bilan birga, cheklangan ma'lumotlarga asoslangan modellar

ma'lumotlar xususiyatlarini taqsimlashdagi farqlar tufayli ma'lumotlarga bog'liq bo'lishga moyil bo'lib, bu ularning ko'rinmas tashqi ma'lumotlar to'plamlarida ishlashini yomonlashtiradi. [11] EKG va RR intervallari (RRI) ning chuqur xususiyatlarini olish uchun qoldiq konvolyutsion neyron tarmoqlari va ikki tomonlama uzoq qisqa muddatli xotira tarmoqlarini kaskadlaydigan ko'p kirishli termoyadroviy AF aniqlash tarmog'ini (MIF-AFNet) taklif qildi. Bundan tashqari, EKG signallari morfologik muvozanatni yumshatish uchun ma'lumotlarni ko'paytirish usulidan foydalanadi. MIF-AFNet RRI va EKGdagi mavjud ma'lumotlarni birlashtirib, aniq AFni aniqlash uchun mustahkam xususiyatlarni o'rganadi. Taklif etilgan usul PhysioNet-dan 5 ta uzoq muddatli EKG ma'lumotlar to'plami (CPSC2021, AFDB, LTAF, MITDB va NSRDB) yordamida ishlab chiqilgan va baholangan. Mavzu bo'yicha ikki marta o'zaro tekshirish CPSC2021 da amalga oshirildi va tavsiya etilgan usul 98,63% AFni aniqlash aniqligiga erishdi. Umumlashtirish samaradorligi to'rtta tashqi mustaqil ma'lumotlar to'plamida (AFDB, LTAF, MITDB va NSRDB) baholanadi va mos ravishda 98,63%, 97,04%, 98,07% va 100% aniqliklarga erishadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, tavsiya etilgan usul uzoq muddatli EKG yozuvlaridan AFni aniq aniqlashi mumkin. Bundan tashqari, modelning past murakkabligi uni hisoblash resurslariga nisbatan kamroq talab qiladi. Shu sababli, u taqiladigan qurilmaga asoslangan uzoq muddatli uy monitoringida AFni avtomatik tashxislash va boshqarishni yaxshilash imkoniyatiga ega.

Atriyal fibrilatsiya bilan kasallanish yil sayin ortib bormoqda. Avtomatik aniqlash tizimini ishlab chiqamiz, bu atriyal fibrilatsiyani erta aniqlash va davolash uchun katta ahamiyatga ega. Bu jiddiy kasalliklar va o'lim holatlarini kamaytirishga olib kelishi mumkin. [12] elektrokardiograf signallari orqali atriyal faollikning ko'p xususiyatli ekstraksiyasi va konvolyutsion neyron tarmog'iga asoslangan atriyal fibrilatsiyani aniqlash algoritmini taklif qildi va aniqlik, o'ziga xoslikdan foydalangan holda klaster tahlili, bittaga qarshi qoida va qo'llab-quvvatlash vektor mashinasi asosida aniqlashni solishtirdilar. , sezgirlik va haqiqiy ijobiy ko'rsatkich baholash mezonlari sifatida. Natijada taklif qilingan atriyal fibrilatsiyani aniqlash algoritmi aniqlik darajasi 98,92%, o'ziga xoslik 97,04%, sezgirlik 97,19% va haqiqiy ijobiy ko'rsatkich 96,47% ni tashkil qiladi. Biz taqqoslagan algoritmlarning o'rtacha aniqligi 80,26% ni tashkil qiladi va bizning algoritmimizning aniqligi boshqa algoritmlarga nisbatan bu o'rtacha ko'rsatkichdan 23,25% yuqori. Yuqori aniqlik, mustahkamlik va umumlashtirish qobiliyati talablariga javob beradigan atriyal fibrilatsiyani aniqlash algoritmini amalga oshirdi. Atriyal fibrilatsiyani erta aniqlash, bemorlarni davolash rejalarini takomillashtirish va tibbiy tashxisni takomillashtirishda muhim klinik va ijtimoiy ahamiyatga ega.

An'anaviy usullar yordamida amalga oshirilgan EKG urish belgilari IoT taqiladigan qurilmalaridan olingan EKG signallari uchun mos emas. An'anaviy usullarda qo'lda yorliqlangan ma'lumotlar bir nechta etakchilar yordamida olinadi,

aksariyat IoT qurilmalari yorliqsiz bitta etakchi ma'lumotlarni ishlab chiqaradi. Mavzu bo'yicha mutaxassis (KO'K) tomonidan belgilangan EKG ma'lumotlarini olish resurs/vaqt/xarajat talab qiladigan vazifadir. Bizning tadqiqotimiz bitta etakchidan olingan EKG vaqt seriyali ma'lumotlari uchun avtomatik yorliqlash texnikasini taklif qilish orqali ushbu muammoni hal qiladi. [13]Texnika EKG urishlarini avtomatik belgilash uchun ma'lumotlarni dasturlash (DP) tomonidan zaif nazorat ostida o'rganish (WSL) usulidan foydalanadi. Biz to'qqizta yangi evristikaga asoslangan yorliqlash funktsiyalarini (LF) taklif qildik, ularni har bir EKG urishiga qo'lladik va keyinchalik MIT-BIH da bemor ichidagi va bemorlararo paradigmadan foydalangan holda har bir EKG urishiga ehtimollik belgisini belgilash uchun generativ modeldan (GM) foydalandik. va INCART ma'lumotlar to'plami. Bundan tashqari, ma'lumotlar qamrovini maksimal darajada oshirish va mustahkamlikni ta'minlash uchun GM tepasida diskriminativ model (DM) o'qitiladi. Nihoyat, ma'lumotlarni ko'paytirish (DA) EKG ma'lumotlariga xos bo'lgan sinf muvozanati muammosini hal qilish uchun ishlatiladi. Bizning eksperimental natijalarimiz oddiyroq, tezroq va aniqroq yorliqlash usulini ko'rsatadi, ya'ni bir soat ichida taxminan 105 ta EKG urishi bitta qo'rg'oshin ma'lumotlaridan 92,2% aniqlik bilan belgilanadi. Inson annotatorlaridan farqli o'laroq, biz taklif qilayotgan etiketkalash usuli uchun vaqt va xarajat talablari sezilarli darajada kamroq.

Eng xavfli aritmiyalardan biri bo'lgan qorincha fibrilatsiyasi (VF) to'satdan yurak tutilishi uchun javobgardir. Shunday qilib, ikkilik tasniflash muammosi bo'lgan elektrokardiogramma (EKG) dan VFni taxmin qilish uchun turli xil algoritmlar ishlab chiqilgan. [14]Adabiyotda biz signalni qayta ishlashga asoslangan bir qator algoritmlarni topamiz, bu erda ba'zi mustahkam matematik operatsiyalardan so'ng qaror bitta qiymat bo'yicha oldindan belgilangan chegara asosida beriladi. Boshqa tomondan, adabiyotda mashinani o'rganishga asoslangan ba'zi algoritmlar ham keltirilgan; ammo, bu algoritmlar faqat ba'zi parametrlarni birlashtiradi va ulardan xususiyatlar sifatida foydalangan holda bashorat qiladi. Ikkala yondashuvning ham o'ziga xos afzalliklari va tuzoqlari bor; Shunday qilib, bizning motivatsiyamiz ikkala dunyodan eng yaxshisini olish uchun ularni birlashtirish edi. Shunday qilib, biz VFPred-ni ishlab chiqdik, bu signalni qayta ishlash quvur liniyasidan, ya'ni foydali xususiyatlarni ajratib olish uchun empirik rejim parchalanishi va diskret Furye transformatsiyasidan foydalanishdan tashqari, samarali tasniflash uchun Yordam vektor mashinasidan foydalanadi. VFPred kuchli algoritmi bo'lib chiqadi, chunki u ikki sinfni 5 s uzunlikdagi qisqa signaldan ham teng ishonch bilan muvaffaqiyatli ajrata oladi (sezuvchanlik = 99,99%, o'ziga xoslik = 98,40%), mavjud ishlar esa uzoqroq signallarni talab qilsa ham, birida gullab-yashnaydi, ikkinchisida esa muvaffaqiyatsizlikka uchraydi.

Adabiyotlar

1. V. Gupta, M. Mittal , A Comparison of ECG Signal Pre-processing Using FrFT, FrWT and IPCA for Improved Analysis, IRBM 40 (2019) 145–156 bet.
2. Venkata Anuhya Ardeti , Venkata Ratnam Kolluru , George Tom Varghese , Rajesh Kumar Patjoshi, An overview on state-of-the-art electrocardiogram signal processing methods: Traditional to AI-based approaches, Expert Systems With Applications 217 (2023)
3. Jitumani Sarma , Rakesh Biswas, A power-aware ECG processing node for real-time feature extraction in WBAN, Microprocessors and Microsystems 96 (2023)
4. Sajad Mousavi, Fatemeh Afghah , Fatemeh Khadem , U. Rajendra Acharya, ECG Language processing (ELP): A new technique to analyze ECG signals, Computer Methods and Programs in Biomedicine 202 (2021)
5. Tsung-Han Tsai , Fong-Lin Tsai, Efficient lossless compression scheme for multi-channel ECG signal processing, Biomedical Signal Processing and Control 59 (2020)
6. Erkaboev U.I, Rakhimov R.G., Sayidov N.A. Influence of pressure on Landau levels of electrons in the conductivity zone with the parabolic dispersion law // Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering. 2020. Vol.2., Iss.1.
7. Rakhimov R.G. Determination magnetic quantum effects in semiconductors at different temperatures // VII Международной научнопрактической конференции «Science and Education: problems and innovations». 2021. pp.12-16. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44685006>
8. Gulyamov G, Erkaboev U.I., Rakhimov R.G., Sayidov N.A., Mirzaev J.I. Influence of a strong magnetic field on Fermi energy oscillations in two-dimensional semiconductor materials // Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. 2021. Vol.3, Iss.1, pp.5-14
9. Erkaboev U.I., Sayidov N.A., Rakhimov R.G., Negmatov U.M. Simulation of the temperature dependence of the quantum oscillations' effects in 2D semiconductor materials // Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering. 2021. Vol.3., Iss.1.
10. Gulyamov G., Erkaboev U.I., Rakhimov R.G., Mirzaev J.I. On temperature dependence of longitudinal electrical conductivity oscillations in narrow-gap electronic semiconductors // Journal of Nano- and Electronic Physic. 2020. Vol.12, Iss.3, Article ID 03012. <https://doi.org/10.1142/S0217979220500526>
11. Erkaboev U.I., Gulyamov G., Mirzaev J.I., Rakhimov R.G. Modeling on the temperature dependence of the magnetic susceptibility and electrical conductivity oscillations in narrow-gap semiconductors // International Journal of Modern Physics B. 2020. Vol.34, Iss.7, Article ID 2050052. <https://doi.org/10.1142/S0217979220500526>

12. Erkaboev U.I., R.G.Rakhimov. Modeling of Shubnikov-de Haas oscillations in narrow band gap semiconductors under the effect of temperature and microwave field // Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. Vol.2, Iss.11. pp.27-35
13. Gulyamov G., Erkaboev U.I., Sayidov N.A., Rakhimov R.G. The influence of temperature on magnetic quantum effects in semiconductor structures // Journal of Applied Science and Engineering. 2020. Vol.23, Iss.3, pp. 453–460. [https://doi.org/10.6180/jase.202009_23\(3\).0009](https://doi.org/10.6180/jase.202009_23(3).0009)
14. Erkaboev U.I., Gulyamov G., Mirzaev J.I., Rakhimov R.G., Sayidov N.A. Calculation of the Fermi–Dirac Function Distribution in Two-Dimensional Semiconductor Materials at High Temperatures and Weak Magnetic Fields // Nano. 2021. Vol.16, Iss.9. Article ID 2150102. <https://doi.org/10.1142/S1793292021501022>
15. Erkaboev U.I., R.G.Rakhimov. Modeling the influence of temperature on electron Landau levels in semiconductors // Scientific Bulletin of Namangan State University. 2020. Vol.2, Iss.12. pp.36-42
16. Erkaboev U.I., Gulyamov G., Mirzaev J.I., Rakhimov R.G., Sayidov N.A. Calculation of the Fermi-Dirac Function Distribution in Two-Dimensional Semiconductor Materials at High Temperatures and Weak Magnetic Fields // Nano. 2021. Vol.16, Iss.9, Article ID 2150102. <https://doi.org/10.1142/S0217984921502936>
17. Erkaboev U.I., Rakhimov R.G., Sayidov N.A. Mathematical modeling determination coefficient of magneto-optical absorption in semiconductors in presence of external pressure and temperature // Modern Physics Letters B.2021. Vol.35, Iss.17, Article ID 2150293. <https://doi.org/10.1142/S0217984921502936>
18. Erkaboev U.I., Rakhimov R.G., Mirzaev J.I., Sayidov N.A. The influence of external factors on quantum magnetic effects in electronic semiconductor structures // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2020. Vol.9, Iss.5, pp. 1557-1563. <https://www.ijitee.org/portfolio-item/e2613039520/>
19. Erkaboev U.I., Rakhimov R.G., Sayidov N.A., Mirzaev J.I. Modeling the temperature dependence of the density oscillation of energy states in two-dimensional electronic gases under the impact of a longitudinal and transversal quantum magnetic fields // Indian Journal of Physics. 2022. Vol.96, Iss.10, Article ID 02435. <https://doi.org/10.1007/s12648-022-02435-8>
20. Erkaboev U.I., Negmatov U.M., Rakhimov R.G., Mirzaev J.I., Sayidov N.A. Influence of a quantizing magnetic field on the Fermi energy oscillations in two-dimensional semiconductors // International Journal of Applied Science and Engineering. 2022. Vol.19, Iss.2, Article ID 2021123. [https://doi.org/10.6703/IJASE.202206_19\(2\).004](https://doi.org/10.6703/IJASE.202206_19(2).004)

21. Erkaboev U.I., Gulyamov G., Rakhimov R.G. A new method for determining the bandgap in semiconductors in presence of external action taking into account lattice vibrations // *Indian Journal of Physics*. 2022. Vol.96, Iss.8, pp. 2359-2368. <https://doi.org/10.1007/s12648-021-02180-4>
22. U.I.Erkaboev, N.A.Sayidov, R.G.Rakhimov, U.M.Negmatov. Simulation of the temperature dependence of the quantum oscillations'effects in 2D semiconductor materials // *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering*. 2021. Vol.3, Iss.1, p.8
23. R.Rakhimov, U.Erkaboev. Modeling of Shubnikov-de Haas oscillations in narrow band gap semiconductors under the effect of temperature and microwave field // *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*. 2020. Vol.2, Iss.11, pp.27-35
24. R.Rakhimov, U.Erkaboev. Modeling the influence of temperature on electron landau levels in semiconductors // *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*. 2020. Vol.2, Iss.12, pp.36-42
25. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov, N.Y.Azimova. Determination of oscillations of the density of energy states in nanoscale semiconductor materials at different temperatures and quantizing magnetic fields // *Global Scientific Review*. 2023. Vol.12, pp.33-49
26. G.Gulyamov, U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov, J.I.Mirzaev, N.A.Sayidov. Determination of the dependence of the two-dimensional combined density of states on external factors in quantum-dimensional heterostructures // *Modern Physics Letters B*. 2023. Vol.37, Iss.10, Article ID 2350015
27. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov. Determination of the dependence of the oscillation of transverse electrical conductivity and magnetoresistance on temperature in heterostructures based on quantum wells // *East European Journal of Physics*. 2023. Issue 3, pp.133-145
28. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov. Simulation of temperature dependence of oscillations of longitudinal magnetoresistance in nanoelectronic semiconductor materials // *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. 2023. Vol.5, pp.100236
29. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov, J.I.Mirzaev, U.M.Negmatov, N.A.Sayidov. Influence of a magnetic field and temperature on the oscillations of the combined density of states in two-dimensional semiconductor materials // *Indian Journal of Physics*. 2023. Vol.2023, pp.1-9
30. U.Erkaboev, R.Rakhimov, J.Mirzaev, N.Sayidov, U.Negmatov, M.Abduxalimov. Calculation of oscillations in the density of energy states in heterostructural materials with quantum wells // *AIP Conference Proceedings*. 2023. Volume 2789, Issue 1

31. U.Erkaboev, R.Rakhimov, J.Mirzaev, N.Sayidov, U.Negmatov, A.Mashrapov. Determination of the band gap of heterostructural materials with quantum wells at strong magnetic field and high temperature // AIP Conference Proceedings. 2023. Volume 2789, Issue 1
32. U.Erkaboev, R.Rakhimov, J.Mirzaev, U.Negmatov, N.Sayidov. Influence of the two-dimensional density of states on the temperature dependence of the electrical conductivity oscillations in heterostructures with quantum wells // International Journal of Modern Physics B. 2023. Article ID 2450185
33. R.G.Rakhimov. Clean the cotton from small impurities and establish optimal parameters // The Peerian Journal. 2023. Volume 17, Pages 57-63
34. U.I.Erkaboev, N.A.Sayidov, U.M.Negmatov, J.I.Mirzaev, R.G.Rakhimov. Influence temperature and strong magnetic field on oscillations of density of energy states in heterostructures with quantum wells HgCdTe/CdHgTe // E3S Web of Conferences. 2023. Volume 401, Pages 01090
35. U.I.Erkaboev, N.A.Sayidov, U.M.Negmatov, R.G.Rakhimov, J.I.Mirzaev. Temperature dependence of width band gap in $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ quantum well in presence of transverse strong magnetic field // E3S Web of Conferences. 2023. Volume 401, Pages 04042
36. U.I.Erkaboev, R.G.Rakhimov, U.M.Negmatov, N.A.Sayidov, J.I.Mirzaev. Influence of a strong magnetic field on the temperature dependence of the two-dimensional combined density of states in InGaN/GaN quantum well heterostructures // E3S Web of Conferences. 2023. Volume 401, Pages 04042
37. Эркабоев У.И., Рахимов Р.Г., Мирзаев Ж.И., Сайидов Н.А., Негматов У.М. Вычисление осцилляции плотности энергетический состояний в гетеронаноструктурных материалах при наличии продольного и поперечного сильного магнитного поля // Международные конференция: «Научные основы использования информационных технологий нового уровня и современные проблемы автоматизации». 25-26 апреля 2022. С. 341-344. <https://rep.bntu.by/handle/data/125284>
38. Эркабоев У.И., Рахимов Р.Г., Мирзаев Ж.И., Сайидов Н.А., Негматов У.М. Расчеты температурная зависимость энергетического спектра электронов и дырок в разрешенной зоны квантовой ямы при воздействии поперечного квантующего магнитного поля // Международные конференция: «Научные основы использования информационных технологий нового уровня и современные проблемы автоматизации». 25-26 апреля 2022. С. 344-347. <https://rep.bntu.by/handle/data/125284>
39. Erkaboev U.I., Sayidov N.A., Mirzaev J.I., Rakhimov R.G. Determination of the temperature dependence of the Fermi energy oscillations in nanostructured semiconductor materials in the presence of a quantizing magnetic field // Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering. 2021. Vol.3, Iss.2, pp.47-52