

MUHAMMAD AL-XORAZMIY
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI
FERGANA BRANCH OF TUIT
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

“AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



4-SON 1(4)
2023-YIL

TATU, FARG'ONA
O'ZBEKISTON



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
FARG'ONA FILIALI



Muassis: Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

Язык издания: узбекский, английский, русский. Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

Language of publication: Uzbek, English, Russian. The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2023 yil, Tom 1, №4
Vol.1, Iss.4, 2023 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2023 YIL

TAHRIR HAY'ATI

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Muxtarov Farrux Muhammadovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

Arjannikov Andrey Vasilevich,

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Satibayev Abdugani Djunosovich,

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

G'aniyev Abduxalil Abdjalilovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Muhammadjon To'ychiyevich,

Farg'ona politexnika instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Abdullayev Abdujabbor,

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Qo'ldashev Abbosjon Hakimovich,

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Sirojiddin Fayazovich,

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

Qoraboyev Muhammadjon Qoraboevich,

Toshkent tibbiyot akademiyasi Farg'ona filiali fizika matematika fanlari doktori, professor, BMT ning maslahatchisi maqomidagi xalqaro axborotlashtirish akademiyasi akademigi

Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

Zulunov Ravshanbek Mamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

Saliyev Nabijon,

O'zbekiston jismoniy tarbiya va sport universiteti Farg'ona filiali dotsenti

Abdullaev Temurbek Marufovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Muxtarov Farrux Muhammadovich, TARMOQ TRAFIGI ANOMALIYALARINI IDENTIFIKATSIYA QILISHNING STATIK USULI	4-7
Daliyev Baxtiyor Sirojiddinovich, Abelning umumlashgan integral tenglamasini yechish uchun Sobolev fazosida optimal kvadratur formulalar	8-14
Umarov Shuxratjon Azizjonovich, KRIPTOBARDOSHLI KRIPTOGRAFIK TIZIMLAR VA ULARNING KLASSIFIKATSIYASI	15-21
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, PYTHONDA NEYRON TARMOQNI QURISH VA BASHORAT QILISH	22-26
Djalilov Mamatisa Latibdjanovich, IKKI QATLAMLI NOELASTIK PLASTINKANING KO'NDALANG TEBRANISHI UMUMIY TENGLAMASINI TAHLIL QILISH	27-30
Erkin Uljaev, Azizjon Abdulkhamidov, Utkirjon Ubaydullayev, A Convolutional Neural Network For Classification Cotton Boll Opening Degree	31-36
Seytov Aybek Jumabayevich, Xusanov Azimjon Mamadaliyevich, Magistral kanallarda suv resurslarini boshqarish jarayonlarini modellashtirish algoritmini ishlab chiqish	37-43
Abdullayev Temurbek Marufjonovich, Algorithm of functioning of intellectual information-measuring system	44-49
Odinakhon Sadikovna Rayimjanova, Usmonali Umarovich Iskandarov, Reaserch of highly sensitive deformation semiconductor sensors based on AFV	50-53
S.S.Radjabov, G.R.Mirzayeva, A.O.Tillavoldiyev, J.A.Allayorov, BARG TASVIRI BO'YICHA MADANIY O'SIMLIKLARNING FITOSANITAR HOLATINI ANIQLASH ALGORITMLARI	54-59
Эргашев Отабек Мирзапулатович, Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для учета и контроля расходом воды в открытых каналах	60-65
Xomidov Xushnudbek Rapiqjon o'g'li, Nurmatov Sardorbek Xasanboy o'g'li, Yo'ldashev Bilol Iqboljon o'g'li, O'lmasov Farrux Yorqinjon o'g'li, Konus setkali chang tozalovchi qurilma uchun chang namunalarning dispers tarkibi tahlili	66-69
Akhundjanov Umidjon Yunus ugli, VERIFICATION OF STATIC SIGNATURE USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK	70-74
Лазарева Марина Викторовна, Горовик Александр Альфредович, Цифровизация и цифровой менеджмент в современном управлении	75-81
D.X.Tojimatov, KIBERTAHDIDLARNI OLDINI OLIHDA KIBERRAZVEDKA AMALIYOTI VA UNING USTUVOR VAZIFALARI	82-85
Muxtarov Farrux Muhammadovich, Rasulov Akbarali Maxamatovich, Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich, Kompyuter eksperimenti orqali kam atomli mis klasterlarining geometrik tuzilishini o'rganish	86-89
Umurzakova Dilnoza Maxamadjanovna, BOSHQARISH QONUNLARINI ADAPTATSIYALASH ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQLASH	90-94
Muxamedieva Dildora Kabilovna, Muxtarov Farrux Muhammadovich, Sotvoldiev Dilshodbek Marifjonovich, JAMOAT TRANSPORTI MARSHRUTLARINI QURISH INTELLEKTUAL ALGORITMLARI	95-103
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна, Перспективы применения элементов с аномальными фотовольтаическими напряжениями	104-108
Bozarov Baxromjon Pkhomovich, UCH O'LCHOVLI FAZODAGI SFERADAANIQLANGAN FUNKSIYALARNI TAQRIBIY INTEGRALLASH UCHUN OPTIMAL KUBATUR FORMULALAR	109-113
Улжаев Эркин, Худойбердиев Элёр Фахриддин угли, Нарзуллаев Шохрух Нурали угли, РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПОЛУЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЁМКОСТНОГО ПОТОЧНОГО ВЛАГОМЕРА	114-122
Mamirov Uktam Farkhodovich, Buronov Bunyod Mamurjon ugli, ALGORITHMS FOR FORMATION OF CONTROL EFFECTS IN CONDITIONS OF UNOBSERVABLE DISTURBANCES	123-127
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Jabborov Anvar Mansurjonovich, YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARI DIAGNOSTIKASI UCHUN TEXNOLOGIYALAR, ALGORITMLAR VA VOSITALAR	128-136
Marina Lazareva, Estimating development time and complexity of programs	137-141
Asrayev Muhammadmullo, ONLINE HANDWRITING RECOGNITION	142-146
Norinov Muhammadyunus Usibjonovich, SPEKTR ZONALI TASVIRLARGA INTELLEKTUAL ISHLOV BERISH USULLARI TAHLILI	147-152
Xudoynazarov Umidjon Umarjon o'g'li, PARAMETRLI ALGEBRAGA ASOSLANGAN EL-GAMAL SHIFRLASH ALGORITMLARINI GOMOMORFIK XUSUSIYATINI TADQIQ ETISH	153-157
D.M.Okhunov, M.Okhunov, THE ERA OF THE DIGITAL ECONOMY IS AN ERA OF NEW OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR BUSINESS DEVELOPMENT BASED ON CROWDSOURCING TECHNOLOGIES	158-165

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Солиев Бахромжон Набиджонович, Путеводитель по построению веб-API на Django - Шаг за шагом с Django REST framework — от моделей до проверки работоспособности	166-171
Sevinov Jasur Usmonovich, Boborayimov Okhunjon Khushmurod ogli, ALGORITHMS FOR SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS WITH IMPLICIT REFERENCE MODELS BASED ON THE SPEED GRADIENT METHOD	172-176
Mamatov Narzullo Solidjonovich, Jalelova Malika Moyatdin qizi, Tojiboyeva Shaxzoda Xoldorjon qizi, Samijonov Boymirzo Narzullo o'g'li, SUN'IY YO'LDOSHDAN OLINGAN TASVIRDAGI DALA MAYDONI CHEGARALARINI ANIQLASH USULLARI	177-181
Обухов Вадим Анатольевич, Криптография на основе эллиптических кривых (ECC)	182-188
Turdimatov Mamirjon Mirzayevich, Sadirova Xursanoy Xusanboy qizi, AXBOROTNI HIMOYALASHDA CHETLAB O'TISHNING MUMKIN BO'LGAN EHTIMOLLIK XOLATINI BAHOLASH USULLARI	189-193
Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ MAHSULOTLARIDA NUQSONLI TO'QIMALARNING ANIQLASHNING MATEMATIK MODELI VA UNING ALGORITMLARI	194-196
Kodirov Ahkhmadkhon, Umarov Abdumukhtar, Rozaliyev Abdumalikjon, ANALYSIS OF FACIAL RECOGNITION ALGORITHMS IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE	197-205
Suyumov Jorabek Yunusalievich, METHODOLOGICAL PROBLEMS OF QUALIMETRY IN CONDUCT OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT-EXAMINATION	206-211
Хаджаев Саидакбар Исмоил угли, АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ОТ КИБЕРАТАК	212-217
M.M.Khalilov, Effect of Heat Treatment on the Photosensitivity of Polycrystalline PbTe Films AND PbS	218-221
Тажибаев Илхом Бахтиёрвич, ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ СЕНСОР, ОСНОВАННЫЙ НА КОНСТРУКЦИИ ИЗ МАЛОМОДОВОГО ВОЛОКОННОГО СМЕЩЕНИЯ С КАСКАДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ С БОЛЬШИМ ИНТЕРВАЛОМ, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКРИВЛЕНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	222-225
Sharibaev Nosir Yusubjanovich, Djuraev Sherzod Sobirjanovich, To'xtasinov Davronbek Xoshimjon o'g'li, PRIORITIES IN DETERMINING ELECTRIC MOTOR VIBRATION WITH ADXL345 ACCELEROMETER SENSOR	226-230
Mukhammadjonov A.G., ANALYSIS OF AUTOMATION THROUGH SENSORS OF HEAT AND HUMIDITY OF DIFFERENT DIRECTIONS	231-236
Эрматова Зарина Кахрамоновна, АКТУАЛЬНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ	237-241
Saparbaev Rakhmon, ANALOG TO DIGITAL CONVERSION PROCESS BY MATLAB SIMULINK	242-245
Садикова М.А., Авазова Н.К., САМООБУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРОСТОМ ПРИМЕРЕ	246-250
Abduhafizov Tohirjon Ubaydullo o'g'li, Abdurasulova Dilnoza Botirali kizi, DEVELOPMENT OF ALGORITHMS IN THE ANALYSIS OF DEMAND AND SUPPLY PROCESSES IN ECONOMIC SYSTEMS	251-256
Kayumov Ahror Muminjonovich, CREATING MATHEMATICAL MODELS TO IDENTIFY DEFECTS IN TEXTILE MACHINERY FABRIC	257-261
Mirzakarimov Baxtiyor Abdusalomovich, Xayitov Azizjon Mo'minjon o'g'li, BIOMETRIC METHODS SECURE COMPUTER DATA FROM UNAUTHORIZED ACCESS	262-266
Soliyev B., Odilov A., Abdurasulova Sh., Leveraging Python for Enhanced Excel Functionality: A Practical Exploration	267-271
Жураев Нурмахамад Маматович, Системы Электроснабжения Оборудования Предприятий Связи: Надежность и Эффективность	272-276
Rasulova Feruzaxon Xoshimjon qizi, Isroilov Sharobiddin Mahammadyusufovich, OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA MUTAXASSISILIK FANLARINI O'QITISHDA MULTIMEDIALI MOBIL ILOVADANDAN FOYDALANISHNING STATISTIK TAHLILI	277-280
Muxtarov Farrux Muxammadovich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich, SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA IJTIMOYIY TARMOQ MONITORINGI TIZIMINI YARATISH, AFZALLIKLARI VA MUHIM JIXATLARI	281-285
Sadikova Munira Alisherovna, APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVICES IN MANUFACTURING	286-290
Mamatov Narzullo Solidjonovich, Ibroximov Sanjar Rustam o'g'li, Fayziyev Voxid Orzumurod o'g'li, Samijonov Abdurashid Narzullo o'g'li, SUN'IY INTELLEKT VOSITALARINI TA'LIMNI NAZORAT QILISH VA BAHOLASHDA QO'LLASH	291-297

YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARI DIAGNOSTIKASI UCHUN TEXNOLOGIYALAR, ALGORITMLAR VA VOSITALAR

Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich,
Namangan Muhandislik texnologiyalari instituti
fizika matematika fanlari doktori, professor

Jabborov Anvar Mansurjonovich
Namangan Muhandislik texnologiyalari instituti
katta o'qituvchisi
anvarj1987@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada yurak-qon tomir kasalliklari diagnostikasi uchun ishlatiladigan turli xil texnologiyalar, algoritmlar va vositalar keltirilgan. So'nggi paytlarda CNN EKG tasnifining talqin qilinishini yaxshilash uchun asoslangan arxitekturadan foydalandi. HeartNet, CNN modeli ustidagi ko'p boshli diqqat mexanizmi bilan siqilgan yangi chuqur o'rganish usuli EKGni avtomatik tasniflash uchun taklif qilingan.

Kalit so'zlar: Texnologiya, Diagnostika, EKG, Algoritmlar, Xolter monitori, Fiziologik signal, Filtrlash, Veyvlet almashtirish.

Kirish: EKG texnologiyasi shifokorlar tomonidan yillar davomida bemorlarning sog'lig'i haqida muhim ma'lumotlarni to'plash uchun ishlatilgan. EKG texnologiyalar 1.3-rasmda ko'rsatilganidek, tibbiy va iste'molchi dunyosida ham qo'llanilishi mumkin (Neurosky, 2015). Tibbiy ilovalarda EKG texnologiyasi odatda ikki toifaga bo'linadi. Diagnostik maqsadlar uchun EKG va monitoring uchun EKG.

• Diagnostik maqsadlarda EKG texnologiyasidan foydalanilganda bemorning chap/o'ng qo'llari va oyoqlariga, ko'krak qafasiga va hokazolarga birlashtirilgan elektrodlar orqali bir nechta kanallar (odatda 8–12 kanallar) ma'lumotlar olinadi. Ma'lumotlar yig'ilgandan so'ng, shifokor ma'lumotlarni tahlil qiladi va yurakning ishlashi va biron bir anormallik kuzatilganligi bilan bog'liq qimmatli ma'lumotlarni beradi. Agar biron bir anormallik bo'lsa, shifokor qo'shimcha testlarni buyurishi va tegishli davolanishni taklif qilishi mumkin.

• Monitoring maqsadida EKG texnologiyasi odatda ko'krak qafasi yoki chap/o'ng qo'l elektrodlariga ulangan bitta kanaldan foydalanadi. Ushbu turdagi EKG texnologiyasi yurak urish tezligini va yurakning asosiy faoliyatini jarrohlik paytida yoki kasalxonaga yotqizish paytida, tez yordam xonalarida

yoki bemorni tez yordam mashinasida tashishda hayotiy belgilarda biron bir g'ayritabiiy o'zgarishlar aniqlanganda ogohlantirish uchun ishlatiladi.

Tibbiy EKG uskunalarining aksariyati gel asosidagi maxsus sensor elektrodlardan foydalanadi va elektrodni tanaga to'g'ri joylashtirishni talab qiladi. Tibbiy maqsadlarda foydalanish uchun EKG uskunalari odatda me'yoriy muvofiqlikni talab qiladi.

Iste'molchi dunyosida EKG texnologiyasi taqiladigan va mobil texnologiyalarga kiritilgan sog'liqni saqlash va sog'lomlashtirishda qo'llaniladi. Bunday hollarda bir kanalli EKG signali teriga, odatda barmoqlar yoki bilakka tegib turgan quruq kontaktli metall elektrodlar yordamida qayd etiladi. Iste'molchi EKG uskunasi hech qanday maxsus tayyorgarliksiz foydalanish mumkin va algoritmlar foydalanuvchiga foydali ma'lumotlarni taqdim etish uchun ma'lumotlarni tahlil qiladi. Bu ma'lumotlar yurak urish tezligi, yurak urish tezligining o'zgaruvchanligi, stress darajasi, nafas olish tezligi va boshqalarni o'z ichiga olishi mumkin. Iste'molchi ilovalarida olingan ma'lumotlar ko'pincha uzoq muddatli monitoring va tahlilni ta'minlash uchun mobil ilovalar bilan birlashtiriladi. Bundan tashqari, ushbu ilovalar o'qish, tushunish va sharhlash oson bo'lgan qimmatli salomatlik ko'rsatkichlari orqali ma'lumotlarni ko'rsatishi mumkin.





1.3-rasm. EKGga oid texnologiyalar.

Metodlar: Yurak-qon tomir kasalliklarini tashxislash uchun ko'plab algoritmlar mavjud. Ushbu algoritmlar an'anaviy qoidalarga asoslangan, ilg'or mashinani o'rganish va chuqur o'rganish algoritmlari bo'lishi mumkin.

An'anaviy algoritmlar: Bu algoritmlar, asosan, EKG diagnostikasida dastlabki ishlov berish, xususiyatlarni ajratib olish va tasniflash bosqichlarida qo'llaniladigan oddiy qoidaga asoslangan usullardir. Tadqiqotchilar turli xil filtrlardan foydalanadilar, masalan, past o'tkazuvchan [1][2], yuqori o'tkazuvchan [3] [2], tarmoqli o'tkazuvchi [4], adaptiv filtrlar [5], notch filtri [6] va boshqa filtrga asoslangan yondashuvlar [7][8] tadqiqotchilar tomonidan so'nggi tadqiqotlarda dastlabki ishlov berish bosqichida EKG signalini shovqindan tozalash uchun qabul qilingan. Xususiyatlarni ajratib olish bosqichida vaqtinchalik, morfologik xususiyatlarni ajratib olish uchun bir nechta chekli impulsli xarakteristika (finite impulse response - FIR) [9], hosila [10], oynalash [11] va almashtirishga asoslangan algoritmlar [12] qo'llaniladi. Xuddi shunday, EKG signallarini tasniflash uchun tasniflash bosqichida turli xil chegaraga asoslangan algoritmlar [13] qo'llaniladi. Biroq, an'anaviy diagnostika jarayonlari ko'p vaqt talab etadi, shuningdek qimmat va ko'pincha inson aralashuvini talab qiladi.

Mashinani o'rganish algoritmlari. Mashinani o'rganish algoritmlari odatda uchta guruhga bo'linadi: nazorat qilinadigan, nazoratsiz va yarim nazoratli algoritmlar. Biroq, turli xil o'rganish strategiyalariga asoslangan mashinani o'rganish algoritmlarining turli kichik guruhlari mavjud. Mashhur mashinani o'rganish algoritmlaridan ba'zilar EKG signallari xususiyatlarni ajratib olish va tasniflash uchun ishlatiladi. Masalan vektorli mashinalar [14][15], qaror daraxti [16],

tasodifiy o'rmon [6][17], sodda Bayes [18], keng yaqin qo'shnilar [19] va boshqa o'rganish algoritmlarini [20][21] o'z ichiga oladi.

Chuqur o'rganish algoritmlari: Chuqur o'rganish (DL) - bu mashinani o'rganishning (ML) kichik sohasi bo'lib, u kirishdan yuqori va past darajadagi ma'lumotlarni (ya'ni, tasvirlar, raqamli qiymat, kategorik qiymatlar) olish uchun bir nechta qatlamlardan foydalanadi. Chuqur o'rganish uch turga bo'linishi mumkin: nazorat ostida, yarim nazorat ostida va nazoratsiz. So'nggi yillarda sun'iy neyron tarmog'i (ANN) [22], (CNN) [23][24], (RNN) [25], (LSTM) [26] va (DBN) [27] ni o'z ichiga olgan xususiyatlarni yaratish va tasniflash jarayonida turli xil o'quv vazifalarining aniqligini oshirish uchun bir nechta chuqur o'rganish modellari taklif qilindi.

Natijalar: Diagnostika va tadqiqot vositalari

Yurak qon tomir kasalliklarini diagnostika qilish uchun shifoxonadan olinadigan va ko'chma qurilmalarda qabul qilinadigan turli xil vositalar qo'llaniladi. Bunga quyidagilar kiradi:

1. EKG: Yurakning elektr faolligini ko'krak qafasiga yoki ba'zan qo'l yoki oyoqlarga birlashtirilgan elektrodlar yordamida aniqlash mumkin.

2. Exokardiyogram: Invaziv bo'lmagan yurak o'lchami, tarkibi va harakati tasvirlarini olish uchun ko'krak qafasiga qo'llaniladigan qo'lda ushlab turuvchi asbob (datchik) o'z ichiga oladi.

3. Xolter monitori: Tashxis qo'yish uchun bir kun davomida yurakning elektr faolligini kuzatuvchi portativ EKG qurilmasi.

4. Event recorder (Xodisani yozib olish): taqiladigan EKG qurilmasi "sporadic" aritmiyalarni aniqlash uchun uzoqroq muddatga (odatda 30 kun) foydalanish mumkin.

5. Stres testi: Jismoniy mashqlar ba'zi aritmiyalarga olib kelishi yoki yomonlashishi mumkin. Yugurish yo'lakchasida yurganingizda yoki statsionar velosipedda yurganingizda, stres testi paytida yurak faoliyati kuzatiladi.

6. Stolni egish testi: Stolda tekis yotganingizda yurak tezligi va qon bosimini nazorat qiladi. Shifokor stol egilish paytida stolning burchagi o'zgarishiga javob beradigan yurak va asab tizimini kuzatadi.

Hozirgi kunda an'anaviy ambulator Xolter monitorlari (XM) keng qo'llaniladi, ammo ular turli



vaqtlarda ba'zi cheklovlarga ega, ular ko'pincha bemorlarda noqulaylikni tug'diradi va natijalarni tahlil qilishni qiyinlashtiradi [28]. So'nggi yillarda ambulator EKGdagi texnologik yutuqlar mobil sog'liqni saqlash (mHealth) qurilmalarini ishlab chiqish uchun iste'molchi dunyosi ilovalarini inqilob qildi, xususan, o'zi bilan taqib yuradigan texnologiyalar yurak kasalliklarini samarali usullarda aniqlash uchun innovatsion yechim sifatida kirib keldi. Biosensolar va murakkab sun'iy intellekt (AI-artificial intelligence) algoritmlari endi aqli soatlar va smartfon texnologiyalarining yangi iteratsiyasiga kiritilgan bo'lib, ular yurak aritmiyalarini tashxislash imkoniyatiga ega. Ushbu qurilmalarning spektri aqli aksessuarlardan kiyim va poyabzalga o'rnatilgan sensorlarga [29] bo'lgan qamrovni o'z ichiga oladi.

Tadqiqot vositalari

Tadqiqotchilar o'zgarishlarni aniqlash va tasniflash algoritmlarini o'rgatish, sinab ko'rish va baholash uchun shaxsiy kompyuterga asoslangan dasturiy ta'minotdan foydalanadilar. Ko'pgina kutubxonalar algoritmlarni baholash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan Matlab, Python va Labview kabi kompyuter dasturlarida mavjud. Ushbu vositalar oldindan yozib olingan EKG signallarini umumiy foydalanish mumkin bo'lgan ma'lumotlar bazalaridan import qilish usullarini taklif qiladi. Boshqa tomondan, Arduino Mega 2560, Duino Olimexino-5510, TI MSP430-T5510 va sinov va tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan boshqa ko'plab vositalar kabi ochiq manbali apparat sifatida ham tanilgan emulyatsiya taxtalari mavjud. Masalan, Arduino IDE va MSPSim. AD8232 EKG sensori signalni yig'ish va tahlil qilish uchun Arduino emulyatoridan foydalanadi.

EKG elektrod tizimi

Birinchi odamning EKGsi va yurakning elektr faolligi 1887 yilda A.D.Uoller tomonidan qayd etilgan [30]. Biroq, 1960-yillargacha an'anaviy tibbiy ko'riklar uchun oddiy ritmni tashxislash qiyin edi. Keyinchalik sig'imga asoslangan qurilmalar [31] tana tomonidan qo'zg'atilgan elektr potentsialining o'zgarishini o'lchaydi, bu signalni taxminan 2 sm masofada baholashga imkon beradi. Ko'pgina hollarda, shaxsiy toifadagi qurilmalar qo'llaniladi va

odatda fiziologik monitoring uchun inson tanasiga biriktirilgan bir nechta elektrodlardan foydalanishni talab qiladi, laboratoriya yoki shifoxonalardan foydalanishni kamaytirishga yordam beradi. Shifoxonalarda EKG monitoringi uchun boshqa statsionar tibbiy asboblarga mavjud bo'lishi mumkin. Statsionar tibbiy asboblarga to'shak EKGsi va xolter monitorlari misol bo'la oladi.

Tanadagi sensorlar signalni olish uchun ba'zi elektrodni talab qiladi, ulardan biri qolganlari uchun ko'rsatma bo'lib xizmat qiladi. Odatda, bu boshqariladigan elektrod o'ng oyoqqa ulashgan. Tanlangan va teriga joylashtirilgan elektrodlar juftligiga qarab, signallarning turli kanallari olinadi va kanallar nomi bilan ko'rsatiladi. Elektrodning odatiy joylashuvi Einthoven uchburchagiga bog'liq [32]. Shifoxonalarda standart monitoring tizimi o'n ikki kanal EKG qurilmalari hisoblanadi, bu kuchli tahliliy vosita bo'lib, shifoxonalarda yotoqda yotgan bemorni yurak kasalliklarini aniqlash uchun ishlatiladi.

12 kanalli EKG tizimi 10 ta elektrod [33] yordamida hisoblangan 3 ta oyoq-qo'l kanallaridan (I, II, III), 3 ta kengaytirilgan oyoq-qo'l kanallaridan (aVR, aVL, aVF) va 6 ta prekordial (ko'krak qafasi) kanallaridan (V1, V2, V3, V4, V5 va V6) foydalanadi. Ulardan II va V kanallari asosan yurak urishi va aritmiya tasnifi uchun ishlatiladi. Ushbu ikkala kanaldan foydalanadigan usullar ma'lumotlarning yaxshi natijalarini beradi. Ammo ushbu tizimning cheklovlari mavjud, bular:

- gel asosidagi elektrodlardan uzoq vaqt foydalanish terining tirnash xususiyati keltirib chiqarishi mumkin;
- tizim katta hajmli;
- tizimning harakatsizligi.

Bular o'z navbatida bemorga tashxis qo'yishda shifokorning to'g'ri qaror qabul qilishiga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Harakatsizlik chegarasini bartaraf etish uchun 1962 yilda Jeff Xolter tomonidan xolter monitoringi tizimi ixtiro qilingan. Bu yurak ritmini doimiy monitoring qilish uchun bemor tomonidan kamida 24 dan 48 soatgacha bo'lgan vaqt davomida portativ EKG qurilmasini o'zi bilan olib yuradi¹ (Medline Plus, 2020). Ushbu usulning asosiy cheklovi

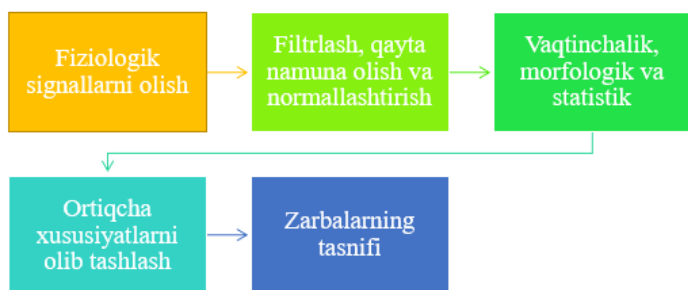
¹ <https://medlineplus.gov/ency/article/003877.htm>



shundan iboratki, monitoring davri oxirida ma'lumotni olish va tahlil qilish uchun qurilma shifokorga qaytarilishi kerak. Bozorda mavjud bo'lgan bir nechta ma'lumotlarni yig'ish moslamalari EKGni baholash uchun qo'llanilsa-da, qurilmaning aniqligi va ishlashi signalni olish uchun foydalanadigan ishlov berish, texnik muhandislik va tasniflash usullariga bog'liq.

Bosqichga asoslangan EKG signalini tahlil qilish

EKG signallaridan aritmiyalarni aniqlash uchun to'liq avtomatik yondashuv 1.4-rasmda [34] ko'rsatilgan besh bosqichga bo'linishi mumkin, 1) ma'lumotlarni yig'ish, 2) dastlabki ishlov berish, 3) xususiyat funktsionalligi, 4) xususiyatni optimallashtirish va 5) xususiyatlarni tasniflashni o'z ichiga oladi. Birinchi bosqich EKG ma'lumotlarini turli manbalardan, masalan, klinik ma'lumotlar bazasidan, taqiladigan qurilmalardan olishni tavsiflaydi va eksperimental bo'lishi mumkin. Ikkinchi bosqichda shovqinni yo'qotish va EKG signalini normallashtirish uchun turli xil filtrlash va tekislash usullarini o'z ichiga oladi. Turli xil yurak kasalliklarini to'g'ri tasniflash EKG signalining ishonchli nuqtalarini aniqlashga bog'liq. Ishonchli xususiyatlarni aniqlash va chiqarish uchun bosqichda amalga oshiriladi. To'rtinchi bosqichda modelni tasniflashning aniqligini oshirish uchun takroriy va qo'shimcha xususiyatlarni olib tashlash kerak. Har bir yurak urishining turi yoki sinfi optimallashtirilgan xususiyatlar to'plamidan tasniflanishi mumkin.



1.4-rasm. Fiziologik signalni aniqlash tizimi.

Ma'lumotlarni yig'ish

EKG ma'lumotlarini elektrodlarni joylashtirish orqali 12 yoki bitta kanalli elektrod tizimi yordamida olish mumkin. Turli davlat, akademik va xususiy tashkilotlar EKG ma'lumotlarini yozib olib ularni mavjud ma'lumotlar bazasi sifatida taqdim etishadi.

Ushbu ma'lumotlar bazalarida ro'yxatga olish uchun ishlatiladigan yozuvlar soni, kanal raqami, turi, izohlari, yoshi, jinsi va bemorning sog'lig'i holati kabi atributlar mavjud. Ushbu atributlar tahlil va tasniflash uchun EKG signalining turli xil vaqtinchalik va morfologik xususiyatlarini ajratib olishga yordam beradi. Ommaviy foydalanish mumkin bo'lgan turli xil EKG ma'lumotlar manbalari va ularning texnik tavsiflari 1.1-jadvalda keltirilgan. Ma'lumotlar bazasining masshtablari yozuv uzunligi, har bir yozuv kanalidan foydalanish, kuchlanish (voltage), namuna olish chastotasi, ma'lumotlar bazasi qayd etadigan sinflar soni, ma'lumotlar yig'ish va uning ilovalari bo'yicha hisobot qilinadi. Ba'zi hollarda, bitta kanalli yozuvlar 12-kanalliga qaraganda samarali bo'lishi mumkin. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ko'pchilik tadqiqotchilar o'zlarining tadqiqotlarini baholash uchun MITDB ma'lumotlar bazasidan keng foydalanishadi.

Umumiy foydalanish mumkin bo'lgan EKG ma'lumotlar bazalari va uning texnik xususiyatlari 1.1-jadval da keltirilgan.

1.1-jadval

Ma'lumotlar bazasi	Kanallar soni	Sinflar soni	Yozuvlar soni	kuchlanish	Namuna olish chastotasi	Yozuv uzunligi	Ma'lumotlar yig'ish	Ilola
MIT-BIH Arrhythmia (Moody et al., 2001)[35]	2 (MLII & V1/2/4/5)	5	48	5m kV	360	30 min	Holter	Aritmiy aniqlash va shovqinni yo'qotish
MIT-BIH Normal Sinus Rhythm (Mousavi et al., 2019)[36]	2	qq	18	qq	360	24 soat	Ambulator EKG yozuvlari	Biometrik identifi katsiya
MIT-BIH Atrial Fibrillation (Li et al., 2020)[37]	2	4	25	10 mv	250	10 soat	Ambulator EKG yozuvlari	Biometrik identifi katsiya
MIT-BIH Supraventricular Arrhythmia (Elgendi et al., 2013)[38]	2	qq	78	qq	360	30 min	Ambulator EKG yozuvlari	Biometrik identifi katsiya
Challenge 2011 Test Set B (challenge/2011/set-b)	12(I,II,III,aVL,aVR,aVF,V1-6)	Qq	1000	Qq	500	10 sek und -12 soat	qq	Qq

qq-qayd qilinmagan Dastlabki ishlov berish



Munozara: Inson tanasi tomonidan qayd etilgan elektr impulslari juda kichik amplitudaga ega va turli shovqinlar va artefaktlar bilan birga keladi. Dastlabki ishlov berishning asosiy maqsadi bunday shovqinni kamaytirishdir. Shovqinning turli shakllari quyidagicha tasniflanadi:

- Tok uzatish kabelidagi shovqin: 50/60 Gts chastotali va 1 Gts dan kam tarmoqli kengligidagi shovqin yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining nurlanishi va elektron mexanizmlarning noto'g'ri yerga ulanganligi va hokazolar tufayli yuzaga keladi.

- Baza yurish: Asosiy yurish - elektrod-teri qarshiligi, nafas olish va inson tanasi harakatlaridagi kuchlanishlarning o'zgarishi natijasida juda past chastotali (0,15-0,3) Gts chastotali shovqin signalidir.

- Instrumental shovqin: EKGni o'lchash uchun ishlatiladigan asbobning har bir komponenti bilan bog'liq shovqin.

- Elektrojarrohlik shovqini: (100K-1M) Gts gacha bo'lgan chastotada bemorning atrofidagi boshqa elektron qurilmalardan foydalanish natijasida paydo bo'ladigan shovqin.

- Elektrod bilan aloqa qilish shovqini: shovqin teri va elektrod o'rtasidagi aloqaning buzilishi tufayli paydo bo'ladi.

- Mushak shovqini: elektromiyografiya shovqini deb ham ataladi, yurakning boshqa muskullari qisqarganda paydo bo'ladi.

- Elektrod harakati yoki harakat artefaktlari: Shovqin elektrod va teri o'rtasidagi impedans o'zgarishi tufayli yuzaga keladi, bu esa harakat tufayli potentsial EKG o'zgarishiga olib keladi.

Ushbu shovqinlarning EKG tahliliga ta'siri shifokorning bemorning ahvoli to'g'risida noto'g'ri qaror qabul qilishi va noto'g'ri davolanishni oldini olishi mumkin. Shuning uchun signalni bu artefaktlar va shovqinlardan filtrlash kerak. Shovqinni kamaytirish va dastlabki ishlov berish bunday shovqinlarni bartaraf etishda muhim rol o'ynaydi va signalning aniqligini oshiradi.

[39] signalni 1D, 2D, 3D va shunga o'xshash MD gacha olish mumkinligini ko'rsatdi. Ammo 2D, 3D va undan yuqori darajalar ko'p o'zgaruvchilarni talab qiladi va matematik tarzda hisoblash uchun murakkablikni tug'diradi. Demak, ma'lumotlarni qayta

ishlash va tahlil qilish uchun 1D (1 o'lchovli) signallarga afzallik beriladi. Dastlabki ishlov berish bosqichi filtrlash, qayta namuna olish, raqamlashtirish, normallashtirish va xususiyatni samarali baholash uchun artefaktlarni olib tashlashni o'z ichiga oladi.

Bundan tashqari, amplitudani normallashtirish [40][8] dastlabki ishlov berish bosqichidagi muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Bunda R va T to'lqinlarining maksimal amplitudalari noto'g'ri musbat va noto'g'ri manfiy holatlardan qochadi. Namuna olingan va raqamlangan signalning chiqishi amplituda o'zgarishlarini, doimiy to'lqinlarni o'zgartirishni kamaytirish va signal o'zgarishlarini minimallashtirish hamda amplituda o'zgarishlarining ta'sirini bartaraf etish uchun normallashtirilishi kerak. [41]. Shuningdek, u turli bemorlarning EKG signallarini vizual tarzda solishtirishga yordam beradi. 1.2-jadvalda dastlabki ishlov berish bosqichida qo'llaniladigan turli filtrlarning ishlash ko'rsatkichlari jamlangan.

1.2-jadval

Turli filtrlarning ishlashini qiyosiy tahlili.

Adabiyotlar	Filter Turi	Chastotasi/ Davomiyligi	Ishlash Ko'rsatkichlar (Aniqlik)
(Chua et al., 2011; Mak et al., 2010)[42][43]	Raqamli tarmoqli Pass, Notch, Median	(0.05–40) Gts, 60 Gts, 200 ms and 600 ms	100 %
(Afkhami et al., 2016)[4]	Raqamli tarmoqli o'tish	(0.10–101) Gts	99.7 %
(Ubeyli et al., 2009)[44]	4-tartib Buttervort Tarmoqli o'tish	(~0.1–101) Gts	95.24 %

Xususiyat funksionalligi

Xususiyat funksionalligi EKG signalini tahlil qilishda istiqbolli rol o'ynaydi. EKG tasnifi xususiyatlarni to'g'ri aniqlashni talab qiladi. Davriy EKG signali sxemasi turli xil murakkab xususiyatlardan iborat. Xususiyat - bu EKG namunasidan olinishi mumkin bo'lgan xarakterli, strukturaviy komponent yoki nazorat nuqtasidir. Xususiyatlar vaqtinchalik, morfologik va statistik kabi har xil turdagi ko'rinishlarga ega bo'ladi. Vaqtinchalik xususiyatlar signal vaqt oralig'idan olinadi va



morfoloqik xususiyatlar ST kabi segmentning tuzilishini tavsiflaydi. Statistika xususiyatlar asosan vaqt sohasidagi cheklovlar yordamida hisoblanadi. Bu xususiyatlar eng past qiymat, eng yuqori qiymat, o'rtacha qiymat, standart og'ish, qiyalik va boshqalar kabi alohida parametrlar yordamida chiqariladi. Tahlilning ishochliligi olingan xususiyatlarga bog'liq, shuning uchun xususiyatni aniq ajratib olish kerak. Yurak o'tkazuvchanligi tizimining ishlashi ushbu ishonchli nuqtalarning amplitudalari va ularning intervallari asosida baholanishi mumkin. Oddiy sinus ritmi uchun AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation - Tibbiy asboblarni rivojlantirish assotsiatsiyasi) bo'yicha xususiyat amplitudalarining standart qiymatlari va uning intervallari 1.3-jadvalda keltirilgan.

1.3-jadval

Oddiy sog'lom sinus ritmi uchun EKG xususiyatlarining standart qiymatlari.

Xususiyatlar/Ishonch nuqtalari	Normal qiymat	Xatolik
P Kengligi	110 ms	±20 ms
PR Interval	160 ms	±40 ms
QRS Interval	100 ms	±20 ms
QT Interval	400 ms	±40 ms
RR Interval	800 ms	±200 ms
P Amplituda	0.15 mV	±0.05 mV
QRS Amplitude	1.5 mV	±0.5 mV
ST Daraja	0.0 mV	±0.1 mV
T Amplituda	0.3 mV	±0.2 mV
U Amplituda	0.1 mV	±0.06 mV

Xususiyatlarni uchta alohida sohada, ya'ni fazoviy, chastotali va vaqt-chastotali sohada olish mumkin. Morfoloqik xususiyatlar fazoviy sohada aniqlanadi. Vaqt va statistik xususiyatlar mos ravishda vaqt va chastota sohalarida olinadi. So'nggi o'n yillikdan boshlab R-R oralig'i, QRS kompleksi, J-qo'shma, P-R intervali, ST segmenti, T-to'liqini va boshqa xususiyatlarni topish uchun turli xil an'anaviy signallarni qayta ishlash texnikasi va mashinani o'rganish modellari joriy etildi.

An'anaviy xususiyatlarni loyihalash usullari

Dastlabki ishlov berishdan so'ng, shovqindan tozalangan EKG signali texnik muhandislik bosqichiga o'tkaziladi, bunda kirish nuqtalar olinadi. Bu

to'g'ridan-to'g'ri yoki almashtirish usullari bilan amalga oshirilishi mumkin. To'g'ridan-to'g'ri usulda QRS kompleksi, R dan R oralig'i va ST segmentining kengligi va balandligini to'g'ridan-to'g'ri filtrlar yordamida olish mumkin. Masalan, [45] tahlil uchun ST segmentini aniqlash uchun takomillashtirilgan moslashtirilgan filtr usulidan foydalangan. Keyinchalik [46] R-R intervallari va EKG signali morfoloqiyasini olish uchun mashhur o'zini o'zi tashkil qiluvchi Kohonen xaritalarini ishlab chiqdi. To'g'ridan-to'g'ri usullarni qo'llash bilan bog'liq cheklovlar morfoloqik xususiyatlar va chastota tarkibi vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Bundan tashqari, signalning xususiyatlarini samarali tasvirlash uchun EKG signalini vaqt bo'yicha tahlil qilish kerak. Bu EKG signalini miqdoriy tahlil qilishda vaqt-chastota ko'rinishidan foydalanishni asoslaydi.

Veyvlet almashtirish (WT) ko'plab tadqiqotchilar EKG signalining turli xususiyatlarini aniqlash uchun foydalangan samarali vositadir. Vaqt chastotasi lokalizatsiya hodisasi tufayli WT statsionar bo'lmagan EKG signalini Furiye almashtirishi (FT) va qisqa muddatli Furiye almashtirishi (STFT) yondashuvlariga qaraganda aniqroq tahlil qilish qobiliyatiga ega. WT bilan taqqoslaganda, Diskret veyvlet almashtirish (DWT) kamroq hisoblash vaqti bilan signal ma'lumotlarini beradi. Ushbu almashtirish vaqt va chastota sohasida EKG kabi biotibbiyot signallarini tahlil qilishning mashhur usuliga aylandi. U signalni turli darajadagi aniqlik bilan parchalaydi va turli xil nuqtalarni olish uchun turli xil filtrlar yordamida keyingi tahlil qilinishi mumkin. [12] QRS kompleksi va R-pikini aniqlash uchun DWT yondashuvini taklif qildi va 99,64% sezgirlikka, 99,82% ijobiy prognozlikka va 0,54 kamroq xatolik darajasiga erishdi.

Mashinani o'rganishga (ML) asosidagi xususiyat loyihalash usullari

Signalni qayta ishlashning an'anaviy yondashuvlari hisoblash cheklovlarini hisobga olgan holda miokard infarktni aniqlash va tasniflash uchun ancha vaqt talab etadi. Ushbu ishlov berish vaqtini kamaytirish uchun inson hayoti uchun juda muhim hisoblangan tezkor aniqlash texnikalar ishlab chiqilmoqda. Texnologiyalardagi so'nggi yutuqlar matematik hisob-kitoblar va Neyron tarmoqlari (NN)



yordamida turli g'ayritabiiy holatlarni aniqlashning tezroq usullarini ishlab chiqadi. Boshqa tomondan, ushbu texnologiyalar ko'p jihatdan xususiyatlarni aniq aniqlashga tayanadi, ulardan QRS kompleksi EKG signalining eng ustun xususiyati hisoblanadi. Adabiyotlarda EKG signalining turli nuqtalarini aniqlash uchun bir nechta sun'iy intellekt (AI) usullari taklif qilingan.

Veyvlet almashtirish va sun'iy neyron tarmoqlar (ANN) kombinatsiyasi [47] tomonidan EKG xususiyatlarini ajratib olish va tasniflash uchun ishlatilgan. Sinov natijalari ko'rsatilgan xususiyatlar veyvlet almashtirish yordamida chiqariladi va 92% aniqlik bilan ANN yordamida tasniflanadi. Uzluksiz veyvlet almashtirish o'rniga [22] aniqlikni 96,5% ga oshirish uchun DWT va neyron tarmoqlaridan foydalangan.

ML va DL asosidagi tasniflash usullari

Sun'iy intellektning kichik qismi bo'lgan mashinani o'rganish kompyuterlarning aqlli xatti-harakatlari bilan shug'ullanadi. U turli nazorat ostidagi yoki nazoratsiz o'rganish algoritmlari yordamida tasniflashni amalga oshiradi. Nazorat ostidagi ta'lim ma'lumotlarni belgilangan/tuzilgan ma'lumotlar asosida tasniflaydi. Nazoratsiz ta'lim tuzilmagan ma'lumotlarga asoslangan klasterlash/kategorik shakllarni o'z ichiga oladi.

Xulosa: Sun'iy neyron tarmog'i turli xil tarmoq konfiguratsiyalarining chiziqli va chiziqli bo'lmagan tasnifi bilan bog'liq muammolarni hal qiladi. [16] ANN samaradorligini oshirish uchun qarorlar daraxti (DT) asosidagi noaniq klasterlash qo'llaniladi. Moslashuvchan shovqin tizimi bilan empirik tartibli dekompozitsiyaga ega ANN turli xil yurak urish turlarini tasniflash uchun ishlab chiqilgan [48]. Vektor mashinasini qo'llab-quvvatlash (SVM) [14], bu yuqori o'lchamli fazodan giperplanni yaratish orqali sinflarni chiziqli ravishda ajratib turadigan chiziqli tasniflagichdir. SVM shuningdek, yurak urishlarini aniqlaydi va ma'lumotlarni yuqori aniqlik bilan normal/g'ayritabiiy deb tasniflaydi. Tadqiqotchilar [15] aritmiyalarni aniqlash uchun bir nechta SVM asosidagi tasniflash usullarini taklif qilishdi. Biroq, yuqori o'lchamli bo'shliq tufayli, u hisoblash cheklovlari bilan cheklandi. Ushbu mashinani o'rganish echimlarining asosiy cheklovi arziyas

atributlarni o'rganish funksiyalari bilan evristik qo'lda yaratilgan xususiyatlardan foydalanishdir. Shuningdek, ba'zi mashina o'rganish echimlari EKG signalidagi xususiyatlarni qo'lda tanlashni talab qiladi, bu esa o'z navbatida ma'lumot yo'qolishiga olib keladi.

Ushbu cheklovlarni bartaraf etish uchun istiqbolli echimlardan biri chuqur o'rganiladigan strukturaviy texnologiyalardan foydalanishdir. CNN ancha chuqurroq tahlil qiladigan va tasniflashni amalga oshiradigan ANN dan ishlab chiqilgan. [49] kardio aritmiyani aniqlash uchun chuqur o'rganishda turli segmentatsiya yondashuvlarini ko'rib chiqdi.

So'nggi paytlarda CNN EKG tasnifining talqin qilinishini yaxshilash uchun diqqatga asoslangan arxitekturadan foydalandi. Diqqat tarmoqlari faqat yakuniy tanlov uchun zarur bo'lgan informatsion xususiyatlarni tanlaydi [50]) HeartNet, CNN modeli ustidagi ko'p boshli diqqat mexanizmi bilan siqilgan yangi chuqur o'rganish usuli EKGni avtomatik tasniflash uchun taklif qilingan [51]. Biroq, agar manfiy namunalar juda ko'p bo'lsa, ushbu model o'z bashoratlarini bajara olmasligi mumkin. EKG signallarining Evklid bo'lmagan tabiati ularni standart CNN yordamida tahlil qilishni qiyinlashtiradi.

Chuqur o'rganish modellari tasniflash muammolari uchun yuqori aniqlik beradi. Biroq, bu modellar o'qitish uchun maxsus jihozlarga muhtoj va ko'p vaqt talab etadi. Ba'zi mashhur tasniflash modellari va uning ishlashi 1.4-jadvalda keltirilgan.

1.4-jadval

ML va DL asosidagi EKG tasniflash usullari.

Adabiyotlar	Ma'lumotlar bazasi	Sinflar soni	Tasniflash texnikasi	Samaradorlik
(Exarchos va boshqalar, 2007)[16]	ESCDB, MITDB	2	DT + Fuzzy clustering	Aniqlik 91.7%
(Venkatesan va boshqalar, 2018)[14]	MITDB	2	SVM	Aniqlik 96%
(Kamaleswaran va boshqalar, 2018)[24]	ChallengeDB	3	Deep-CNN	Aniqlik 82.24%
(Chang va boshqalar, 2020)[26]	CSEDB	Multi-class	LSTM (Long Short Term Memory)	Aniqlik 90%



Adabiyotlar:

- [1] T. Castroflorio, L. Mesin, G. M. Tartaglia, C. Sforza, and D. Farina, "Use of electromyographic and electrocardiographic signals to detect sleep bruxism episodes in a natural environment," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 17, no. 6, 2013, doi: 10.1109/JBHI.2013.2274532.
- [2] K. T. Chui, K. F. Tsang, H. R. Chi, B. W. K. Ling, and C. K. Wu, "An Accurate ECG-Based Transportation Safety Drowsiness Detection Scheme," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 12, no. 4, 2016, doi: 10.1109/TII.2016.2573259.
- [3] I. Nejadgholi, M. H. Moradi, and F. Abdolali, "Using phase space reconstruction for patient independent heartbeat classification in comparison with some benchmark methods," *Comput. Biol. Med.*, vol. 41, no. 6, 2011, doi: 10.1016/j.compbmed.2011.04.003.
- [4] R. Ghorbani Afkhami, G. Azarnia, and M. A. Tinati, "Cardiac arrhythmia classification using statistical and mixture modeling features of ECG signals," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 70, 2016, doi: 10.1016/j.patrec.2015.11.018.
- [5] S. Nuthalapati, V. Y. Goduguluri, M. Z. Ur Rahman, C. S. L. Prasanna, S. Y. Divvela, and K. Cheemakurty, "Artifact elimination in cardiac signals using through circular leaky adaptive algorithms for remote patient care monitoring," *Indian J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 10, no. 11, 2019, doi: 10.5958/0976-5506.2019.03956.1.
- [6] L. Q., R. C., and C. G.D., "Ventricular fibrillation and tachycardia classification using a machine learning approach," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 61, no. 6, 2014.
- [7] M. N. Salman, P. Trinatha Rao, and Z. Ur Rahman, "Novel logarithmic reference free adaptive signal enhancers for ECG analysis of wireless cardiac care monitoring systems," *IEEE Access*, vol. 6, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2866303.
- [8] A. Sulthana, M. Z. U. Rahman, and S. S. Mirza, "An efficient kalman noise canceller for cardiac signal analysis in modern telecardiology systems," *IEEE Access*, vol. 6, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2848201.
- [9] C. Lastre-Dominguez, Y. S. Shmaliy, O. Ibarra-Manzano, and M. Vazquez-Olguin, "Denoising and features extraction of ecg signals in state space using unbiased fir smoothing," *IEEE Access*, vol. 7, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2948067.
- [10] D. Sadhukhan and M. Mitra, "R-Peak Detection Algorithm for Ecg using Double Difference And RR Interval Processing," *Procedia Technol.*, vol. 4, 2012, doi: 10.1016/j.protey.2012.05.143.
- [11] P. Oktivasari, M. Hasyim, H. S. Amy, H. Freddy, and Suprijadi, "A simple real-time system for detection of normal and myocardial ischemia in the ST segment and T wave ECG signal," 2019, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938461.
- [12] N. Fujita, A. Sato, and M. Kawarasaki, "Performance study of wavelet-based ECG analysis for ST-segment detection," 2015, doi: 10.1109/TSP.2015.7296298.
- [13] A. Kumar and M. Singh, "Ischemia detection using Isoelectric Energy Function," *Comput. Biol. Med.*, vol. 68, 2016, doi: 10.1016/j.compbmed.2015.11.002.
- [14] C. Venkatesan, P. Karthigaikumar, A. Paul, S. Satheeskumaran, and R. Kumar, "ECG Signal Preprocessing and SVM Classifier-Based Abnormality Detection in Remote Healthcare Applications," *IEEE Access*, vol. 6, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2794346.
- [15] C. K. Jha and M. H. Kolekar, "Cardiac arrhythmia classification using tunable Q-wavelet transform based features and support vector machine classifier," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 59, 2020, doi: 10.1016/j.bspc.2020.101875.
- [16] T. P. Exarchos, M. G. Tsipouras, C. P. Exarchos, C. Papaloukas, D. I. Fotiadis, and L. K. Michalis, "A methodology for the automated creation of fuzzy expert systems for ischaemic and arrhythmic beat classification based on a set of rules obtained by a decision tree," *Artif. Intell. Med.*, vol. 40, no. 3, 2007, doi: 10.1016/j.artmed.2007.04.001.
- [17] V. A. Ardeti, V. R. Kolluru, G. T. Varghese, and R. K. Patjoshi, "An Outlier Detection and Feature Ranking based Ensemble Learning for ECG Analysis," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 13, no. 6, 2022, doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130686.
- [18] K. K. Jen and Y. R. Hwang, "ECG feature extraction and classification using cepstrum and neural networks," *J. Med. Biol. Eng.*, vol. 28, no. 1, 2008.
- [19] G. Goovaerts, S. Padhy, B. Vandenberk, C. Varon, R. Willems, and S. Van Huffel, "A Machine-Learning Approach for Detection and Quantification of QRS Fragmentation," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 23, no. 5, 2019, doi: 10.1109/JBHI.2018.2878492.
- [20] M. Hadjem, F. Naït-Abdesselam, and A. Khokhar, "ST-segment and T-wave anomalies prediction in an ECG data using RUSBoost," 2016, doi: 10.1109/HealthCom.2016.7749493.
- [21] R. Xiao et al., "Monitoring significant ST changes through deep learning," *J. Electrocardiol.*, vol. 51, no. 6, 2018, doi: 10.1016/j.jelectrocard.2018.07.026.
- [22] M. K. Sarkaleh, "Classification Of Ecg Arrhythmias Using Discrete Wavelet Transform and Neural Networks," *Int. J. Comput. Sci. Eng. Appl.*, vol. 2, no. 1, 2012, doi: 10.5121/ijcsea.2012.2101.
- [23] A. Sellami and H. Hwang, "A robust deep convolutional neural network with batch-weighted loss for heartbeat classification," *Expert Syst. Appl.*, vol. 122, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2018.12.037.
- [24] R. Kamaleswaran, R. Mahajan, and O. Akbilgic, "A robust deep convolutional neural network for the classification of abnormal cardiac rhythm using single lead electrocardiograms of variable length," *Physiol. Meas.*, vol. 39, no. 3, 2018, doi: 10.1088/1361-6579/aaaa9d.
- [25] A. Mostayed, J. Luo, X. Shu, and W. Wee, "Classification of 12-Lead ECG Signals with Bi-directional LSTM Network," pp. 1–16, 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1811.02090>.
- [26] K. C. Chang et al., "Usefulness of Machine Learning-Based Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias With 12-Lead Electrocardiograms," *Can. J. Cardiol.*, vol. 37, no. 1, 2021, doi: 10.1016/j.cjca.2020.02.096.



- [27] S. M. Mathews, C. Kambhamettu, and K. E. Barner, "A novel application of deep learning for single-lead ECG classification," *Comput. Biol. Med.*, vol. 99, 2018, doi: 10.1016/j.compbimed.2018.05.013.
- [28] H. Beyramienanlou and N. Lotfivand, "An Efficient Teager Energy Operator-Based Automated QRS Complex Detection," *J. Healthc. Eng.*, vol. 2018, pp. 1–11, Sep. 2018, doi: 10.1155/2018/8360475.
- [29] A. Xintarakou, V. Sousonis, D. Asvestas, P. E. Vardas, and S. Tzeis, "Remote Cardiac Rhythm Monitoring in the Era of Smart Wearables: Present Assets and Future Perspectives," *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, vol. 9, 2022, doi: 10.3389/fcvm.2022.853614.
- [30] E. Besterman and R. Creese, "Waller: pioneer of electrocardiography," *Br. Heart J.*, vol. 42, no. 1, 1979, doi: 10.1136/hrt.42.1.61.
- [31] Y. M. Chi, T. P. Jung, and G. Cauwenberghs, "Dry-contact and noncontact biopotential electrodes: Methodological review," *IEEE Rev. Biomed. Eng.*, vol. 3, 2010, doi: 10.1109/RBME.2010.2084078.
- [32] N. Shukla, A. Pandey, A. P. Shukla, and S. C. Neupane, "ECG-ViT: A Transformer-Based ECG Classifier for Energy-Constraint Wearable Devices," *J. Sensors*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/2449956.
- [33] E. Spanò, S. Di Pascoli, and G. Iannaccone, "Low-Power Wearable ECG Monitoring System for Multiple-Patient Remote Monitoring," *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 13, 2016, doi: 10.1109/JSEN.2016.2564995.
- [34] M. Wasimuddin, K. Elleithy, A.-S. Abuzneid, M. Faezipour, and O. Abuzaghle, "Stages-Based ECG Signal Analysis From Traditional Signal Processing to Machine Learning Approaches: A Survey," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 177782–177803, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3026968.
- [35] G. B. Moody and R. G. Mark, "The impact of the MIT-BIH arrhythmia database," *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 20, no. 3, 2001, doi: 10.1109/51.932724.
- [36] S. H. Mousavi, J. M. Hijmans, R. Rajabi, R. Diercks, J. Zwerver, and H. van der Worp, "Kinematic risk factors for lower limb tendinopathy in distance runners: A systematic review and meta-analysis," *Gait and Posture*, vol. 69, 2019, doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.01.011.
- [37] Z. Li, D. Zhou, L. Wan, J. Li, and W. Mou, "Heartbeat classification using deep residual convolutional neural network from 2-lead electrocardiogram," *J. Electrocardiol.*, vol. 58, 2020, doi: 10.1016/j.jelectrocard.2019.11.046.
- [38] M. Elgendi, "Fast QRS Detection with an Optimized Knowledge-Based Method: Evaluation on 11 Standard ECG Databases," *PLoS One*, vol. 8, no. 9, 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0073557.
- [39] S. Celin and K. Vasanth, "ECG Signal Classification Using Various Machine Learning Techniques," *J. Med. Syst.*, vol. 42, no. 12, 2018, doi: 10.1007/s10916-018-1083-6.
- [40] H. P. da Silva, C. Carreiras, A. Lourenço, A. Fred, R. C. das Neves, and R. Ferreira, "Off-the-person electrocardiography: performance assessment and clinical correlation," *Health Technol. (Berl.)*, vol. 4, no. 4, 2015, doi: 10.1007/s12553-015-0098-y.
- [41] A. Ebrahimzadeh, B. Shakiba, and A. Khazaei, "Detection of electrocardiogram signals using an efficient method," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 22, 2014, doi: 10.1016/j.asoc.2014.05.003.
- [42] T. W. Chua and W. W. Tan, "Non-singleton genetic fuzzy logic system for arrhythmias classification," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 24, no. 2, 2011, doi: 10.1016/j.engappai.2010.10.003.
- [43] J. N. F. Mak, Y. Hu, and K. D. K. Luk, "An automated ECG-artifact removal method for trunk muscle surface EMG recordings," *Med. Eng. Phys.*, vol. 32, no. 8, 2010, doi: 10.1016/j.medengphy.2010.05.007.
- [44] E. D. Übeyli, "Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of ECG signals using Lyapunov exponents," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 93, no. 3, 2009, doi: 10.1016/j.cmpb.2008.10.012.
- [45] F. E. Olvera and S. Member, "Electrocardiogram Waveform Feature Extraction Using the Matched Filter," *Signal Processing*, 2006.
- [46] P. Tadejko and W. Rakowski, "Mathematical morphology based ECG feature extraction for the purpose of heartbeat classification," 2007, doi: 10.1109/CISIM.2007.47.
- [47] M. B. Tayel and M. E. El-Bouridy, "ECG Images Classification Using Feature Extraction Based On Wavelet Transformation And Neural Network," *WMSCI 2006 - 10th World Multi-Conference Syst. Cybern. Informatics, Jointly with 12th Int. Conf. Inf. Syst. Anal. Synth. ISAS 2006 - Proc.*, vol. 5, no. January 2006, pp. 68–70, 2006.
- [48] F. Y. O. Abdalla, L. Wu, H. Ullah, G. Ren, A. Noor, and Y. Zhao, "ECG arrhythmia classification using artificial intelligence and nonlinear and nonstationary decomposition," *Signal, Image Video Process.*, vol. 13, no. 7, 2019, doi: 10.1007/s11760-019-01479-4.
- [49] P. Jyothi and G. Pradeepini, "Review on Cardiac Arrhythmia Through Segmentation Approaches in Deep Learning," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, vol. 1312 AISC, doi: 10.1007/978-981-33-6176-8_15.
- [50] Z. Liu, H. Wang, Y. Gao, and S. Shi, "Automatic Attention Learning Using Neural Architecture Search for Detection of Cardiac Abnormality in 12-Lead ECG," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 70, 2021, doi: 10.1109/TIM.2021.3109396.
- [51] T. H. Rafi and Y. Woong Ko, "HeartNet: Self Multihead Attention Mechanism via Convolutional Network With Adversarial Data Synthesis for ECG-Based Arrhythmia Classification," *IEEE Access*, vol. 10, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3206431.

