

TIBBIY SIGNALLAR ASOSIDA QAROR QABUL QILISHGA KO'MAKLASHISH TIZIMLARI

Kutliyev Sardor Pulatovich

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti

“Ma'lumotlar uzatish tarmoqlari va tizimlari” kafedrası

katta o'qituvchisi, q.sardor.86@gmail.com

Annotatsiya — Ushbu maqolada tibbiy signallar asosida qaror qabul qilishga ko'maklashish tizimlarining umumiy arxitekturası va amaliy ahamiyati IMRAD talablari asosida tahlil qilinadi. ECG, EEG, PPG, nafas olish, arterial qon bosimi va EMG kabi fiziologik signallarni yig'ish, oldindan qayta ishlash, xususiyatlarni ajratish hamda mashinali va chuqur o'qitish modellari yordamida tahlil qilish bosqichlari ko'rib chiqiladi. Tahlillar ECG asosidagi tizimlar aritmiyalarni aniqlashda, EEG tizimlari tutqanoq va uyqu bosqichlarini baholashda, PPG va ICU waveform signallari esa masofaviy monitoring va erta ogohlantirishda muhim ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi. Shu bilan birga, signal shovqini, ma'lumotlar nomutanosibligi, model izohlanuvchanligi, klinik xavfsizlik va standartlarga moslik asosiy muammolar sifatida qayd etiladi.

Kalit so'zlar — tibbiy signallar, qaror qo'llab-quvvatlash tizimi, ECG, EEG, PPG, mashinali o'qitish, chuqur o'qitish, klinik qaror.

Аннотация — В статье на основе требований IMRAD анализируются общая архитектура и практическое значение систем поддержки принятия решений на основе медицинских сигналов. Рассматриваются этапы сбора, предварительной обработки, выделения признаков и анализа физиологических сигналов, таких как ECG, EEG, PPG, дыхание, артериальное давление и EMG, с применением методов машинного и глубокого обучения. Анализ показывает, что ECG-системы важны для выявления аритмий, EEG-системы — для оценки судорожных состояний и стадий сна, а PPG и ICU waveform-сигналы — для дистанционного мониторинга и раннего предупреждения. При этом основными проблемами остаются шумы сигналов, дисбаланс данных, интерпретируемость моделей, клиническая безопасность и соответствие стандартам.

Ключевые слова — медицинские сигналы, система поддержки принятия решений, ECG, EEG, PPG, машинное обучение, глубокое обучение, клиническое решение.

Abstract — This paper analyzes the general architecture and practical significance of decision support systems based on medical signals in accordance with the IMRAD structure. The study considers the acquisition, preprocessing, feature extraction, and analysis of physiological signals such as ECG, EEG, PPG, respiration,

arterial blood pressure, and EMG using machine learning and deep learning models. The analysis shows that ECG-based systems are important for arrhythmia detection, EEG-based systems for seizure and sleep-stage assessment, and PPG and ICU waveform signals for remote monitoring and early warning. At the same time, signal noise, data imbalance, model interpretability, clinical safety, and compliance with standards remain key challenges.

Keywords — medical signals, decision support system, ECG, EEG, PPG, machine learning, deep learning, clinical decision.

I. Kirish. Sogʻliqni saqlash tizimida toʻgʻri va tezkor qaror qabul qilish bemorning hayoti, davolash samaradorligi va klinik resurslardan oqilona foydalanish uchun muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy tibbiyotda shifokorlar faqat bemorning shikoyatlari yoki laborator koʻrsatkichlariga emas, balki uzluksiz yozib boriladigan fiziologik signallarga ham tayanadi. Tibbiy signallar organizm faoliyatidagi dinamik oʻzgarishlarni aks ettirgani sababli yurak ritmi buzilishi, tutqanoq, nafas yetishmovchiligi, gipotenziya, uyqu buzilishlari va boshqa xavfli holatlarni erta aniqlash imkonini beradi [1], [2].

Qaror qabul qilishga koʻmaklashish tizimlari klinik maʼlumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish va shifokorga tavsiya yoki ogohlantirish berishga moʻljallangan axborot tizimlaridir. Tibbiy signallar asosidagi bunday tizimlar signalni qabul qilish, shovqindan tozalash, segmentlash, diagnostik belgilarni ajratish, algoritmik tahlil qilish va yakuniy natijani klinik koʻrinishda taqdim etish bosqichlaridan iborat boʻladi. Masalan, ECG signali asosida aritmiya turi aniqlanishi, EEG signali asosida epileptik tutqanoq xavfi baholanishi, PPG signali asosida kislorod bilan toʻyinish darajasi yoki puls oʻzgarishlari monitoring qilinishi mumkin [3], [4].

Soʻnggi yillarda mashinali oʻqitish va sunʼiy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ushbu yoʻnalishga katta taʼsir koʻrsatdi. Avvalgi tizimlar koʻproq ekspert qoidalari va chegaraviy qiymatlarga asoslangan boʻlsa, zamonaviy tizimlar katta hajmdagi tibbiy signal maʼlumotlaridan murakkab qonuniyatlarni oʻrganishga qodir. Chuqur oʻqitish modellaridan, ayniqsa, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN), rekurrent neyron tarmoqlar (RNN), LSTM va transformer arxitekturalaridan ECG, EEG va ICU waveform signallarini tahlil qilishda keng foydalanilmoqda [5], [6].

Mazkur maqolaning maqsadi tibbiy signallar asosida qaror qabul qilishga koʻmaklashish tizimlarining nazariy va amaliy jihatlarini tahlil qilish, ularning asosiy komponentlari, algoritmlari, afzalliklari, cheklovlari hamda kelajakdagi rivojlanish yoʻnalishlarini aniqlashdan iborat.

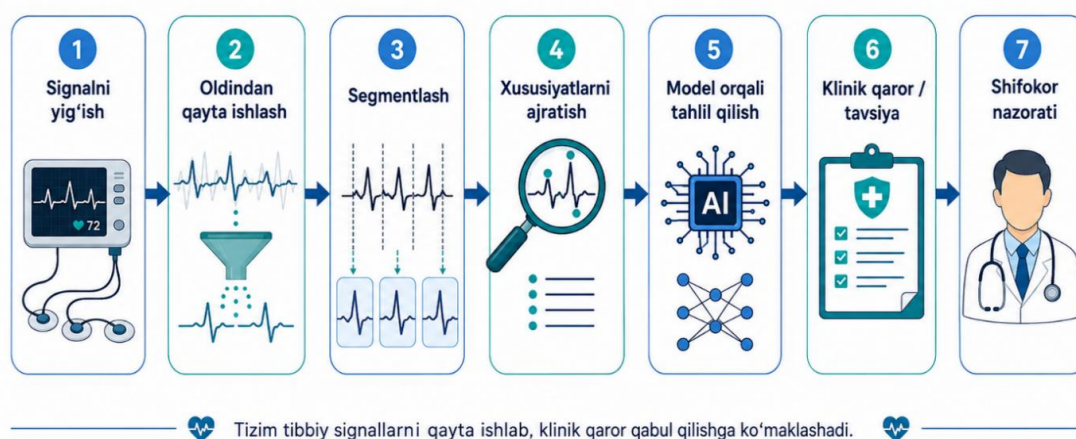
II. METODLAR. Ushbu maqola tahliliy sharh shaklida tayyorlandi. Tadqiqotda tibbiy signallarni qayta ishlash, klinik qaror qabul qilishga koʻmaklashish tizimlari, mashinali oʻqitish va chuqur oʻqitish asosidagi diagnostik modellar boʻyicha ilmiy

manbalar o'rganildi. Asosiy e'tibor ECG, EEG, PPG, nafas olish, qon bosimi va intensiv terapiya signallariga qaratildi.

Tahlil quyidagi mezonlar asosida olib borildi: signal turi, klinik qo'llanish sohasi, ma'lumotlar manbasi, oldindan qayta ishlash usullari, xususiyatlarni ajratish yondashuvlari, model turi, baholash metrikalari, klinik joriy etish imkoniyati va xavfsizlik talablari.

Tibbiy signalga asoslangan qaror qo'llab-quvvatlash tizimining umumiy arxitekturasi quyidagi ketma-ketlikda ifodalanadi(Rasm-1): Signalni yig'ish → Oldindan qayta ishlash → Segmentlash → Xususiyatlarni ajratish → Model orqali tahlil qilish → Klinik qaror/tavsiya → Shifokor nazorati.

Tibbiy signalga asoslangan qaror qo'llab-quvvatlash tizimining umumiy arxitekturasi



Rasm-1. Tibbiy signalga asoslangan qaror qo'llab-quvvatlash tizimining umumiy arxitekturasi sxemasi

Birinchi bosqichda signal sensor, elektrod, Holter qurilmasi, EEG qopqog'i, pulsoksimetr, reanimatsion monitor yoki boshqa tibbiy qurilma orqali olinadi. Ikkinchi bosqichda signal shovqindan tozalanadi. ECG signallarida bazaviy chiziqli siljishi, mushak shovqini va elektr tarmog'i shovqini uchrashi mumkin. EEG signallarida ko'z pirpirashi, mushak harakati va tashqi elektromagnit ta'sirlar sezilarli xatolik keltirib chiqaradi. PPG signallari esa harakat artefaktlariga juda sezgir [6].

Oldindan qayta ishlashda band-pass filtr, notch filtr, normallashtirish, qayta namunalash, artefaktlarni olib tashlash, signal sifat indeksini hisoblash va segmentlash usullaridan foydalaniladi. ECG tahlilida QRS kompleksini aniqlash, R-R intervalini hisoblash va yurak ritmini baholash muhim ahamiyatga ega. EEG tahlilida esa spektral quvvat, chastota diapazonlari, entropiya va vaqt-chastota belgilaridan foydalaniladi [7].

Model qurish bosqichida bir nechta yondashuvlar qo'llaniladi. Qoidaga asoslangan tizimlar klinik chegaraviy qiymatlarga tayanadi. Klassik mashinali o'qitish usullariga logistic regression, support vector machine, random forest va gradient boosting algoritmlari kiradi. Chuqur o'qitish modellarida esa CNN signal shaklini, LSTM vaqt bo'yicha bog'liqlikni, transformer modellar esa uzoq muddatli munosabatlarni aniqlash imkonini beradi [5], [8].

Tizim samaradorligini baholashda aniqlik, sezgirlik, xoslik, precision, recall, F1-score, ROC-AUC, PR-AUC, noto'g'ri ogohlantirishlar soni va aniqlash kechikishi kabi metrikalardan foydalaniladi. Tibbiy tizimlarda faqat umumiy aniqlik yetarli emas, chunki kasallik holatlari odatda normal holatlarga nisbatan kam uchraydi. Shu sababli sezgirlik va noto'g'ri alarm darajasi klinik ahamiyatga ega.

III. NATIJALAR. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, tibbiy signallar asosida qaror qabul qilishga ko'maklashish tizimlari bir nechta asosiy yo'nalishda qo'llaniladi: yurak-qon tomir kasalliklarini aniqlash, nevrologik monitoring, uyqu va nafas olish tahlili, intensiv terapiya monitoringi hamda masofaviy kuzatuv.

ECG asosidagi tizimlar eng rivojlangan yo'nalishlardan biridir. MIT-BIH Arrhythmia Database aritmiyalarni aniqlash algoritmlarini baholashda eng ko'p foydalaniladigan ECG ma'lumotlar bazalaridan biri hisoblanadi [1], [2]. PTB-XL esa 12-kanalli ECG yozuvlarini o'z ichiga olgan yirik ochiq ma'lumotlar to'plami bo'lib, avtomatik ECG interpretatsiyasi va chuqur o'qitish tadqiqotlari uchun muhim manba hisoblanadi [3]. ECG asosidagi tizimlar atrial fibrillyatsiya, ventrikulyar aritmiya, yurak urish tezligi buzilishi va boshqa ritm anomaliyalarini aniqlashda qo'llaniladi.

EEG asosidagi qaror qo'llab-quvvatlash tizimlari epileptik tutqanoqni aniqlash, uyqu bosqichlarini tasniflash, koma monitoringi va nevrologik holatni baholashda ishlatiladi. CHB-MIT EEG ma'lumotlar bazasi tutqanoq aniqlash algoritmlarini o'rganishda keng foydalaniladi [4]. Sleep-EDF ma'lumotlar bazasi esa uyqu bosqichlarini avtomatik tasniflash va polisomnografik tahlil uchun qo'llaniladi [9]. EEG signallarida bemorlararo farq kuchli bo'lgani uchun bunday tizimlarda individual moslashuv va tashqi validatsiya juda muhimdir.

PPG va wearable qurilmalar asosidagi tizimlar ham tez rivojlanmoqda. Smart soatlar, pulsoksimetrlar va portativ sensorlar yurak urishi, kislorod saturatsiyasi, puls o'zgaruvchanligi va nafas olish ritmini uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Bunday tizimlar surunkali kasalliklari bor bemorlarni masofadan monitoring qilish, sport va reabilitatsiya jarayonlarini kuzatish, shuningdek, yurak ritmidagi shubhali o'zgarishlarni aniqlash uchun qo'llaniladi.

Intensiv terapiya bo'limlarida ECG, arterial qon bosimi, PPG, nafas olish va kislorod saturatsiyasi signallari birgalikda tahlil qilinadi. MIMIC-IV Waveform ma'lumotlar bazasi intensiv terapiya bemorlaridan olingan fiziologik waveform signallarini o'z ichiga oladi [10]. Bunday multimodal tizimlar bemor ahvolidan

yomonlashuvi, gipotenziya, sepsis xavfi va yurak-qon tomir beqarorligini oldindan aniqlashga yordam beradi.

Jadval 1. Tibbiy signallar asosidagi qaror qo'llab-quvvatlash tizimlari

Signal turi	Qo'llanish sohasi	Model turi	Natija shakli
ECG	Aritmiya, yurak ritmi buzilishi	CNN, LSTM, Random Forest	Ritm klassi, xavf balli
EEG	Tutqanoq, uyqu bosqichlari	CNN, RNN, spektral tahlil	Tutqanoq ogohlantirishi, uyqu bosqichi
PPG	Puls, SpO ₂ , masofaviy monitoring	ML, signal sifat tahlili	Puls trendi, desaturatsiya ogohlantirishi
Qon bosimi	ICU monitoring	Multimodal ML	Gipotenziya xavfi
Nafas olish	Apnoe, respirator monitoring	Klassifikatsiya modeli	Nafas buzilishi ogohlantirishi

Natijalar shuni ko'rsatadiki, chuqur o'qitish modellarining afzalligi signal shaklidan avtomatik belgilarni o'rganishidadir. Biroq ular katta hajmdagi sifatli ma'lumotlar, kuchli hisoblash resurslari va izohlanuvchanlik mexanizmlarini talab qiladi. Klassik mashinali o'qitish modellari esa kichikroq datasetlarda va klinik jihatdan tushunarli belgilar mavjud bo'lganda samarali bo'lishi mumkin.

IV. MUHOKAMA. Tibbiy signallar asosida qaror qabul qilishga ko'maklashish tizimlari klinik amaliyotda muhim imkoniyatlar yaratadi. Ular bemor holatini uzluksiz kuzatish, xavfli holatlarni erta aniqlash, shifokor yuklamasini kamaytirish va diagnostika jarayonini tezlashtirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, Holter ECG, reanimatsion monitoring va masofaviy kuzatuv tizimlarida bunday yondashuv juda foydali. Bunday tizimlarni real klinik muhitga joriy etishda bir qator muammolar mavjud. Birinchi muammo — signal sifati. Harakat, elektrod noto'g'ri joylashuvi, sensor uzilishi yoki tashqi shovqin model natijasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ikkinchi muammo — ma'lumotlar nomutanosibli. Normal holatlar soni odatda patologik holatlardan ko'p bo'ladi, bu esa modelni normal holatga ortiqcha moslashib qolishiga olib kelishi mumkin. Uchinchi muammo — bemorlararo farq. Bir bemorda yaxshi ishlagan model boshqa bemorda yoki boshqa qurilmada past natija berishi mumkin.

Klinik tizimlarda izohlanuvchanlik ham muhimdir. Shifokor tizim nima uchun muayyan ogohlantirish berganini tushunishi kerak. Masalan, ECG tizimi aritmiya aniqlasa, qaysi segment, qaysi R-R interval yoki qaysi morfologik o'zgarish asos bo'lganini ko'rsatishi zarur. EEG tizimida esa tutqanoq ehtimolini oshirgan kanal, vaqt oralig'i yoki chastota diapazoni ko'rsatilishi foydali. Regulyator va etik talablar ham

e'tibordan chetda qolmasligi kerak. FDA Clinical Decision Support Software yo'riqnomasi bunday tizimlarning klinik foydalanuvchi tomonidan mustaqil tekshirilishi, maqsadli qo'llanish sohasi va xavfsizlik talablariga e'tibor qaratadi [11]. WHO esa sog'liqni saqlashda sun'iy intellektdan foydalanishda inson nazorati, adolat, shaffoflik, maxfiylik va javobgarlik tamoyillariga amal qilish zarurligini ta'kidlaydi [12]. Bundan tashqari, HL7 FHIR va CDS Hooks kabi standartlar qaror qo'llab-quvvatlash tizimlarini elektron tibbiy yozuvlar bilan integratsiya qilishda muhim rol o'ynaydi [13], [14].

V. XULOSA. Tibbiy signallar asosida qaror qabul qilishga ko'maklashish tizimlari zamonaviy raqamli tibbiyotning muhim yo'nalishlaridan biridir. ECG, EEG, PPG, nafas olish, qon bosimi va boshqa fiziologik signallar bemor holatini real vaqt rejimida baholash, kasalliklarni erta aniqlash va klinik qarorlarni asoslash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari ECG asosidagi tizimlar aritmiya aniqlashda, EEG asosidagi tizimlar tutqanoq va uyqu tahlilida, PPG va multimodal ICU tizimlari esa masofaviy va intensiv monitoringda samarali ekanini ko'rsatadi. Biroq, bunday tizimlar klinik amaliyotda ishonchli ishlashi uchun signal sifatini nazorat qilish, bemorlararo umumlashuvni ta'minlash, tashqi validatsiya o'tkazish, model natijalarini izohlash, shifokor nazoratini saqlash va xalqaro standartlarga mos kelish zarur. Kelajakda multimodal signallarni birlashtirish, federativ o'qitish, izohlanadigan sun'iy intellekt, real vaqtli signal sifat tahlili va klinik axborot tizimlari bilan integratsiya qilish ushbu sohaning asosiy rivojlanish yo'nalishlari bo'lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] A. L. Goldberger et al., "PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals," *Circulation*, vol. 101, no. 23, pp. e215–e220, 2000. Available: <https://physionet.org>
- [2] R. G. Mark, P. S. Schluter, G. B. Moody, P. H. Devlin, and D. Chernoff, "An annotated ECG database for evaluating arrhythmia detectors," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 29, no. 8, p. 600, 1982. Available: <https://www.physionet.org/content/mitdb/>
- [3] P. Wagner et al., "PTB-XL, a large publicly available electrocardiography dataset," *Scientific Data*, vol. 7, article 154, 2020. Available: <https://www.nature.com/articles/s41597-020-0495-6>
- [4] A. H. Shoeb, "Application of machine learning to epileptic seizure onset detection and treatment," Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 2009. Available: <https://physionet.org/content/chbmit/>
- [5] N. Strodthoff, P. Wagner, T. Schaeffter, and W. Samek, "Deep learning for ECG analysis: Benchmarks and insights from PTB-XL," 2020. Available: <https://arxiv.org/abs/2004.13701>

- [6] Y. J. Lee et al., “Artificial intelligence on biomedical signals: Technologies, applications, and future directions,” *Med-X*, 2024. Available: <https://link.springer.com>
- [7] 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, pp. 45–50, 2001.
- [8] K. S. Adewole et al., “Expert system and decision support system for electrocardiogram interpretation and diagnosis: A review,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 23, article 12342, 2022. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/12342>
- [9] B. Kemp, A. H. Zwinderman, B. Tuk, H. A. C. Kamphuisen, and J. J. L. Obery , “Analysis of a sleep-dependent neuronal feedback loop: The slow-wave microcontinuity of the EEG,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 47, no. 9, pp. 1185–1194, 2000. Available: <https://physionet.org/content/sleep-edfx/>
- [10] B. Moody, S. Hao, B. Gow, T. Pollard, W. Zong, and R. Mark, “MIMIC-IV Waveform Database,” *PhysioNet*, 2022. Available: <https://physionet.org/content/mimic4wdb/>
- [11] U.S. Food and Drug Administration, “Clinical Decision Support Software: Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff,” 2026. Available: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/clinical-decision-support-software>
- [12] World Health Organization, “Ethics and governance of artificial intelligence for health,” *WHO Guidance*, Geneva, 2021. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
- [13] HL7 International, “CDS Hooks Implementation Guide,” version 2.0.1. Available: <https://cds-hooks.hl7.org/>
- [14] HL7 International, “FHIR Observation Resource,” *FHIR Specification*. Available: <https://www.hl7.org/fhir/observation.html>