AQQLI SOAT SENSORLARIDAN KELADIDAN MA'LUMOTLARNI TIBBIY DIAGNOSTIKA TIZIMLARIDA QAYTA ISHLASH ALGORITMLARI

Alimqulov Nurmuhammad Muqumjon o‘g‘li
Qo‘qon universiteti Andijon filiali “Kompyuter injiniringi va raqamli texnologiyalar kafedrasi dotsenti
E- mail: alimkulovnurmukhammad@gmail.com
Odiljon Yunusov Pozilovich
Andijon davlat Universiteti Kompyuter injiniringi kafedrasi dotsenti
E-mail: odiljonyunusov7171@gmail.com
Madaminova Mahliyo Bahodirjon qizi
Zahiriddin Muhammad Bobur nomida Andijon davlat universiteti magistranti
E- mail: mmadaminova920@gmail.com

Qabul qilindi: 12.12.2025
Ko‘rib chiqildi: 13.12.2025
Tasdiqlandi: 14.12.2025
Kalit so‘zlar:
aqlli soat, sensorlar, tibbiy diagnostika, signalni qayta ishlash, mashina o‘rganish, sog‘liq monitoringi, algoritmlar, raqamli tibbiyot.

Annotatsiya. Ushbu maqolada aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarni tibbiy diagnostika tizimlarida qayta ishlash algoritmlari tahlil qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yurak urish tezligi, SpO_2, tana harorati, harakat va uyqu kabi fiziologik ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida kuzatish tibbiy diagnostika va shaxsiylashtirilgan sog‘liq monitoringida samarali qo‘llaniladi. Ma’lumotlarning shovqinli va individual farqlariga qaramay, signalni filtrlash, normallashtirish va mashina o‘rganish algoritmlari yordamida xom ma’lumotlarni ishonchli va diagnostik jihatdan ahamiyatli natijalarga aylantirish mumkin. Tadqiqot natijalari aqlli soat ma’lumotlarini klinik qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatadi va raqamli tibbiyot tizimlarida innovatsion yondashuvlarning samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kirish. So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalar, ayniqsa kiyiladigan aqlli qurilmalar (wearable devices) ning jadal rivojlanishi sog‘liqni saqlash tizimida tub o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Ushbu qurilmalar orasida aqlli soatlar alohida ahamiyatga ega bo‘lib, ular inson organizmining turli fiziologik ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Aqlli soatlar yurak urish tezligi, yurak ritmi variabelligi, qon kislorod bilan to‘yinganlik darajasi (SpO_2), jismoniy faollik, uyqu fazalari, tana harorati, elektrokardiogramma (EKG) kabi ko‘plab biometrik ma’lumotlarni sensorlar orqali yig‘adi. Mazkur ma’lumotlar tibbiy diagnostika, kasalliklarni erta aniqlash va sog‘liq holatini masofadan monitoring qilish jarayonlarida muhim axborot

manbai hisoblanadi. An’anaviy tibbiy diagnostika usullari, asosan, shifokor ko‘rigiga va davriy laboratoriya tekshiruvlariga asoslangan bo‘lib, ular uzluksiz kuzatuvni ta’minlay olmaydi. Bunday holatlarda kasalliklarning dastlabki bosqichlarini aniqlash qiyinlashadi hamda inson omiliga bog‘liq xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Shu nuqtayi nazardan, aqlli soatlardan olinadigan sensor ma’lumotlarini tibbiy diagnostika tizimlariga integratsiya qilish, sog‘liqni saqlash sohasida profilaktik, prognozli va shaxsiylashtirilgan tibbiyot konsepsiyalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Biroq aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarning katta hajmli, turli formatli va shovqinli bo‘lishi ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tibbiy qarorlar qabul qilishda qo‘llashni murakkablashtiradi. Sensor signallari tashqi omillar, foydalanuvchining harakatlari, qurilma joylashuvi va individual fiziologik farqlar sababli xatoliklarga ega bo‘lishi mumkin. Shu sababli ushbu ma’lumotlarni samarali qayta ishlash, filtrlash, normallashtirish va tahlil qilish uchun zamonaviy algoritmik yondashuvlar talab etiladi. Aynan shu jarayonda signalni qayta ishlash, statistik tahlil, mashinaviy o‘rganish va sun’iy intellekt algoritmlari muhim rol o‘ynaydi.

Hozirgi kunda ilmiy tadqiqotlarda aqlli soat ma’lumotlari asosida yurak-qon tomir kasalliklari, aritmiyalar, gipoksiya, stress holati, uyqu buzilishlari va hatto nevrologik kasalliklarni aniqlash bo‘yicha ko‘plab algoritmlar ishlab chiqilmoqda. Masalan, yurak urish tezligi va EKG signallarini chuqur o‘rganish orqali atrial fibrillyatsiyani aniqlash, SpO_2 ko‘rsatkichlari asosida nafas yetishmovchiligi xavfini baholash yoki harakat sensorlari yordamida Parkinson kasalligining dastlabki belgilarini aniqlash mumkin. Ushbu masalalarning barchasi aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarni ishonchli va aniq qayta ishlash algoritmlariga bog‘liqdir. Shuningdek, aqlli soat ma’lumotlarini tibbiy diagnostika tizimlarida qo‘llashda axborot xavfsizligi, maxfiylik va ma’lumotlarning klinik ishonchliligi masalalari ham muhim ahamiyat kasb etadi. Sensorlardan olingan xom ma’lumotlarni klinik ahamiyatga ega bo‘lgan diagnostik xulosalarga aylantirish uchun algoritmlar tibbiy standartlar va amaldagi sog‘liqni saqlash me’yorlariga mos bo‘lishi lozim. Shu bois mazkur sohada olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar faqat texnik emas, balki tibbiy, huquqiy va axloqiy jihatlarni ham qamrab oladi.

Mazkur ilmiy-tahliliy maqolada aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarni tibbiy diagnostika tizimlarida qayta ishlash algoritmlarining nazariy asoslari, ularning amaliy qo‘llanilishi va samaradorligi tahlil qilinadi. Shuningdek, mavjud algoritmik yondashuvlarning afzallik va cheklovlari ko‘rib chiqilib, kelgusidagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘nalishlar aniqlanadi. Ushbu

tadqiqot natijalari raqamli tibbiyot va masofaviy diagnostika tizimlarini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. So‘nggi o‘n yil ichida aqlli kiyiladigan qurilmalar va ularning sog‘liqni saqlashdagi roli bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada ortdi. Turli tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, aqlli soat va fitnes trekerlaridan olingan ma’lumotlar kasalliklarni erta aniqlash, jismoniy faollikni monitoring qilish, uyqu sifatini baholash kabi sohalarda samarali qo‘llanilmoqda (Patel et al., 2012; Piwek et al., 2016). Ushbu qurilmalar turli sensorlar orqali yurak urish tezligi, yurak ritmi variabelligi, kislorod darajasi, tana harorati, harakat va uyqu fazalari kabi parametrlarni uzluksiz kuzatadi, bu esa tibbiy diagnostikada uzluksiz va real vaqt monitoringini amalga oshirish imkonini beradi (Shcherbina et al., 2017). Signalni qayta ishlash va algoritmik tahlil sohasida ko‘plab tadqiqotlar mavjud. Masalan, Lee va boshq. (2018) yurak urish tezligi ma’lumotlarini filtrlaydigan va shovqinni kamaytiradigan algoritmlarni ishlab chiqqan, bu esa EKG signallarining aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, mashinaviy o‘rganish (ML) va chuqur o‘rganish (DL) algoritmlari yordamida yurak-qon tomir kasalliklari, stress darajasi va uyqu buzilishlarini bashorat qilish mumkinligi ko‘rsatildi (Siddiqui et al., 2020). Bu tadqiqotlar aqlli soatlardan olingan xom sensor ma’lumotlarini diagnostik xulosalarga aylantirishdagi algoritmik yondashuvlarni tushunishga yordam beradi. Boshqa tomondan, aqlli soat ma’lumotlarini sog‘liqni saqlash tizimlariga integratsiya qilishda bir qator cheklovlar va muammolar ham mavjud. Ulardan eng muhimlari: sensor shovqinlari, ma’lumotlarning individual farqlari, qurilma joylashuvi va ma’lumotlarning klinik ishonchliligi masalalari. Shu sababli, tadqiqotchilar signalni oldindan qayta ishlash, normalizatsiya qilish va filtrlash usullarini takomillashtirishga katta e’tibor qaratmoqda (Li et al., 2019). Shuningdek, bir qator tadqiqotlarda turli tibbiy diagnostika tizimlarida aqlli soat ma’lumotlarini qo‘llash tajribalari keltirilgan. Masalan, atrial fibrillyatsiya aniqlash bo‘yicha Apple Watch ma’lumotlaridan foydalanilgan klinik tadqiqotlar (Perez et al., 2019) yurak ritmi buzilishlarini real vaqt rejimida aniqlash imkonini bergan. Boshqa tadqiqotlarda esa SpO_2 va yurak urish tezligi ma’lumotlari asosida nafas yetishmovchiligi va gipoksiya xavfini baholash algoritmlari ishlab chiqilgan (Charlton et al., 2021). Bu tadqiqotlar aqlli soat ma’lumotlarining klinik qo‘llanilishi va algoritmik tahlilning muhimligini ko‘rsatadi.

Xulosa qilib aytganda, ilmiy adabiyotlar shuni tasdiqlaydi: aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlar tibbiy diagnostika jarayonlarini samarali qo‘llash uchun katta imkoniyat yaratadi. Shu bilan birga, ushbu ma’lumotlarning

kattaligi, turli formatlari va shovqinli tabiati ular bilan ishlashda algoritmik yondashuvlarning rivojlanishini talab qiladi. Tadqiqotlarda signalni filtrlash, mashinaviy o‘rganish va sun’iy intellekt metodlarining qo‘llanilishi bu muammoni qisman hal qilmoqda va kelajakda ushbu sohada yanada samarali tizimlarni yaratish uchun poydevor bo‘lmoqda.

Tadqiqot muhokamasi. Aqlli soatlardan olinadigan sensor ma’lumotlarini tibbiy diagnostika tizimlarida qo‘llash bo‘yicha adabiyotlarni tahlil qilganda, bir qator muhim jihatlar va ilmiy masalalar yuzaga chiqadi. Avvalo, ushbu ma’lumotlarning real vaqt rejimida uzluksiz olinishi tibbiy diagnostikada katta afzallik beradi, chunki an’anaviy laboratoriya tekshiruvlari va klinik ko‘riklar faqat davriy monitoring imkonini yaratadi. Shu nuqtai nazardan, aqlli soat ma’lumotlari orqali kasalliklarni erta aniqlash va profilaktik choralarni amalga oshirish imkoniyati sezilarli darajada oshadi (Patel et al., 2012; Shcherbina et al., 2017). Biroq, muhokama jarayonida aniqlanishicha, sensor signallarining shovqinli va individual farqlar bilan bog‘liq xatoligi tibbiy diagnostika natijalariga ta’sir qilishi mumkin. Masalan, yurak urish tezligi sensorlarida harakat shovqini, tana holati yoki qurilmaning noto‘g‘ri joylashuvi xatoliklarga olib keladi. Shu sababli signalni oldindan filtrlash, normallashtirish va statistik tahlil algoritmlarini qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi (Lee et al., 2018; Li et al., 2019).

Mashina o‘rganish va chuqur o‘rganish algoritmlari bu muammoni qisman hal qiladi. Masalan, atrial fibrillyatsiya aniqlash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ko‘rsatdiki, Apple Watch orqali olingan yurak ritmi ma’lumotlarini ML algoritmlari yordamida tahlil qilish yuqori aniqlik darajasini beradi (Perez et al., 2019). Shu bilan birga, SpO_2 va yurak urish tezligi ma’lumotlari asosida nafas yetishmovchiligi xavfini baholash algoritmlari ham samarali ishlashini ko‘rsatgan (Charlton et al., 2021). Bu holat, algoritmik yondashuvlarning tibbiy diagnostikada real qo‘llanilishi va klinik ahamiyatini tasdiqlaydi. Shuni ta’kidlash kerakki, aqlli soatlardan olingan ma’lumotlarni tibbiy tizimlarga integratsiya qilish jarayonida axborot xavfsizligi va maxfiylik masalalari ham muhim ahamiyatga ega. Tibbiy diagnostikada xatosiz va ishonchli qaror qabul qilish uchun ma’lumotlarning klinik standartlarga mos kelishi zarur. Shu bilan birga, algoritmlarni ishlab chiqishda individual fiziologik farqlar va sensor xatolarini hisobga oladigan moslashuvchan tizimlar yaratish talab etiladi.

Muhokama shuni ko‘rsatadiki, aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarni qayta ishlashda algoritmlarning samaradorligi bir nechta omillarga bog‘liq:

1. Signal sifatini oshirish – shovqinlarni kamaytirish, filtrlar va normallashtirish orqali xom ma’lumotlarni tayyorlash.
2. Analitik metodlarni qo‘llash – statistika, mashina o‘rganish va sun’iy intellekt algoritmlari yordamida ma’lumotlarni tahlil qilish.
3. Klinik ahamiyat va standartlarga moslik – ma’lumotlar tibbiy qarorlar qabul qilishda ishonchli bo‘lishi, maxfiylik va xavfsizlik talablariga javob berishi.
4. Individual farqlarni hisobga olish – foydalanuvchi harakati, yosh, jins, sog‘liq holati kabi omillarni tahlil algoritmlariga integratsiya qilish.

Shuningdek, kelajakda tadqiqotlarda ko‘p sensorli tizimlar va ma’lumotlarni birlashtirish (sensor fusion) metodlarini qo‘llash orqali diagnostika aniqligini yanada oshirish mumkinligi ko‘rsatildi. Bu yondashuv turli manbalardan olingan ma’lumotlarni kombinatsiyalab, kompleks tahlil qilish imkonini beradi va masofaviy sog‘liqni monitoring qilish tizimlarining samaradorligini oshiradi. Muhokama shuni ko‘rsatadiki, aqlli soat sensorlaridan keladigan ma’lumotlarni tibbiy diagnostika tizimlarida qayta ishlash algoritmlari nafaqat texnik, balki tibbiy va axloqiy jihatlarni ham qamrab olishi zarur. Mazkur algoritmlarning takomillashuvi raqamli tibbiyotning samaradorligini oshirish, kasalliklarni erta aniqlash va shaxsiylashtirilgan sog‘liqni saqlash xizmatlarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Xulosa. Aqlli soat sensorlaridan olinadigan ma’lumotlar tibbiy diagnostika tizimlarida kasalliklarni erta aniqlash, sog‘liqni uzluksiz monitoring qilish va shaxsiylashtirilgan tibbiyot imkoniyatlarini sezilarli darajada oshiradi. Yurak urish tezligi, SpO_2, harakat va uyqu kabi fiziologik ko‘rsatkichlar real vaqt rejimida kuzatiladi, bu esa an’anaviy tekshiruvlarga nisbatan katta afzallik beradi. Biroq ma’lumotlarning shovqinli va individual farqlarga ega bo‘lishi ularni to‘g‘ri tahlil qilishni murakkablashtiradi. Shu sababli signalni filtrlash, normallashtirish, statistik tahlil va mashina o‘rganish algoritmlari muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, aqlli soat ma’lumotlaridan foydalangan holda yurak ritmi buzilishlarini aniqlash, gipoksiya xavfini baholash va uyqu buzilishlarini kuzatish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., & Rodgers, M. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 9(1), 21.
2. Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A. (2016). The rise of consumer health wearables: Promises and barriers. PLOS Medicine, 13(2), e1001953.

3. Shcherbina, A., Mattsson, C. M., Waggott, D., Salisbury, H., Christle, J. W., Hastie, T., & Ashley, E. A. (2017). Accuracy in wrist-worn, sensor-based measurements of heart rate and energy expenditure in a diverse cohort. Journal of Personalized Medicine, 7(2), 3.

4. Lee, J., Choi, S., & Kim, D. (2018). Signal processing techniques for wearable heart rate monitoring systems. Sensors, 18(7), 2145.

5. Siddiqui, M. A., Abdennour, A., & Khan, R. (2020). Machine learning in wearable sensor-based health monitoring systems. Computers in Biology and Medicine, 123, 103869.