

TIBBIYOTDA IOT TEXNOLOGIYALARINI QO'LLASHNING ZAMONAVIY YONDOSHUVLARI TAHLILI

Yusupova Farog'at Yakubboy qizi¹, Khujaev Otabek Kadamjonovich¹

¹Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti
E-mail: otabek.hujaev@gmail.com

KEYWORDS

IoT, tibbiyot, masofaviy bemor monitoringi, reabilitatsiya, aqlli shifoxona, tibbiy ma'lumotlar tahlili, sun'iy intellekt

ABSTRACT

Ushbu maqola tibbiyotda Internet of Things (IoT) texnologiyalarini qo'llash tajribalarini tahlil qilinadi. Asosiy e'tibor masofaviy bemor monitoringi, kardiologiya, endokrinologiya va nevrologiya/reabilitatsiya sohaslariga qaratilgan. Dunyo tajribasi shuni ko'rsatadiki, AQSh, Xitoy, Yaponiya va Germaniya, Hindiston, Fransiya, Buyuk Britaniya, Finlyandiya Saudiya Arabistoni davlatlarida tibbiyot sohasida IoT texnologiyalari jadal rivojlanmoqda. Amaliy misollarda diabetni boshqarishda doimiy glyukoza monitoringi, yurak kasalliklarida aqlli soatlar, reabilitatsiyada esa egzoskelet va VR/AR tizimlarining qo'llanishi keltirilgan. Shu bilan birga, ma'lumotlar xavfsizligi, qurilmalar standartlashuvi va infratuzilma cheklovlari asosiy muammo sifatida ko'rsatib o'tilgan. Yechim sifatida esa xalqaro standartlarni joriy etish, ma'lumotlarni himoya qilishni kuchaytirish va IoT'ni sun'iy intellekt hamda 5G texnologiyalari bilan integratsiya qilish taklif qilindi.

Kirish

So'nggi yillarda Internet of Things (IoT) texnologiyalari tibbiyot sohasida jadal rivojlanib, bemorlarga samarali va shaxsiylashtirilgan xizmatlar ko'rsatishda muhim o'rin egallamoqda. IoT texnologiyalari tibbiyotning bir qator yo'nalishlarida keng qo'llanilmoqda, jumladan masofaviy bemor monitoringi, kardiologiya, endokrinologiya, nevrologiya va reabilitatsiya, onkologiya, geriatrik parvarish, jarrohlik, farmatsevtika va "aqlli shifoxona" konsepsiyasi. Ularning ichida masofaviy bemor monitoringi va reabilitatsiya jarayoni eng dolzarb yo'nalishlardan hisoblanadi. Chunki bu sohalarda bemorning hayotiy ko'rsatkichlari (yurak urishi, qon bosimi, qondagi kislorod va glyukoza miqdori)ni real vaqt rejimida kuzatish, shaxsiylashtirilgan reabilitatsiya dasturlarini yaratish va davolash samaradorligini oshirish imkoniyati mavjud. IoT tizimlarini rivojlantirishdan asosiy maqsad – tibbiy xizmatlarning sifati va ulardan foydalanish imkoniyatlarini yaxshilash, shifokorlarning ish yukini kamaytirish, davolashdagi xatoliklarni minimallashtirish hamda bemor xavfsizligini ta'minlashdir. Shu bilan birga, ma'lumotlar

xavfsizligi, qurilmalar standartlashuvi va iqtisodiy cheklovlar kabi muammolar hamon dolzarb bo'lib qolmoqda. Kelajakda esa IoT texnologiyalarini sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar (big data) va 5G tarmoqlari bilan integratsiya qilish orqali kasalliklarni erta aniqlash, bashoratli diagnostika va virtual shifoxonalar konsepsiyasini keng rivojlantirish kutilmoqda.

Hozirda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi inson faoliyatining deyarli barcha sohaslariga, xususan tibbiyotga ham katta ta'sir ko'rsatmoqda. Shulardan biri — Internet of Things (IoT) texnologiyalaridir [1]. IoT — turli xil qurilmalar va sensorlarning internet orqali o'zaro bog'lanib, real vaqt rejimida ma'lumot almashish imkonini beruvchi tizimdir [2]. Ushbu texnologiya nafaqat sanoat va transport sohaslarida, balki sog'liqni saqlash tizimida ham keng qo'llanila boshladi [3].

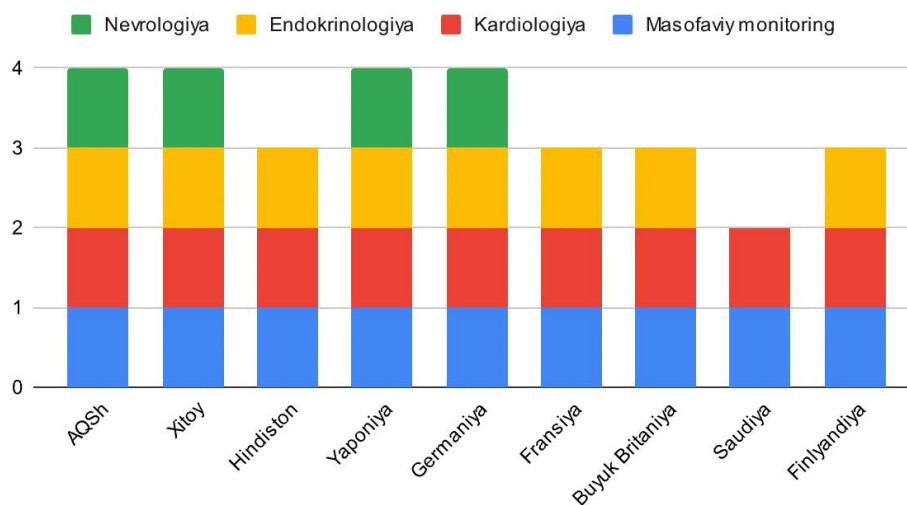
Tibbiyot sohasida IoT texnologiyalari yordamida bemorlarni masofadan monitoring qilish [4], hayotiy ko'rsatkichlarni real vaqt rejimida kuzatish, diagnostika jarayonini tezlashtirish va reabilitatsiya mashg'ulotlarini

shaxsiylashtirish imkoniyati paydo bo'ldi [5]. Bu esa nafaqat bemorlar uchun qulaylik yaratmoqda, balki shifokorlar ishini ham yengillashtirmoqda. Ayniqsa, surunkali kasalliklarga ega bemorlar uchun doimiy nazorat va tibbiy ko'rsatkichlarining aniq o'lchanishi hayot sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi [6].

IoT texnologiyalarining tibbiyotda keng qo'llanilayotgan asosiy yo'nalishlari sifatida masofaviy bemor monitoringi, kardiologiya, endokrinologiya (diabetni boshqarish), nevrologiya va reabilitatsiya, onkologiya, geriatrik parvarish, jarrohlik, farmatsevtika va aqlli shifoxonalarni sanab o'tish mumkin. Ushbu yo'nalishlarning har biri zamonaviy tibbiyotning dolzarb muammolarini hal qilishda muhim o'rin egallaydi. Shuni alohida ta'kidlash lozimki, IoT texnologiyalarini tibbiyotga joriy etishdan ko'zlangan asosiy maqsad — tibbiy xizmatlarning sifati va ulardan foydalanish imkoniyatlarini oshirish, shifokorlarning ish yukini kamaytirish, davolashdagi xatoliklarni minimallashtirish hamda bemorlarga shaxsiylashtirilgan yordam ko'rsatishdir. Biroq, IoT texnologiyalarini

qo'llashda ma'lumotlar xavfsizligi, qurilmalarning standartlashuvi, iqtisodiy xarajatlar va texnik infratuzilma bilan bog'liq muammolar ham mavjud.

IoT texnologiyalarining tibbiyotdagi qo'llanilishi bo'yicha dunyo mamlakatlari tajribasi turlicha. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, AQSh, Xitoy, Yaponiya va Germaniya to'rtta asosiy tibbiy yo'nalishda — masofaviy bemor monitoringi, kardiologiya, endokrinologiya va nevrologiya/reabilitatsiya sohalarida IoT'dan faol foydalanayotgan davlatlar sifatida yetakchilik qilmoqda [7]. Hindiston, Fransiya, Buyuk Britaniya va Finlyandiya uch yo'nalishda, ya'ni masofaviy monitoring, kardiologiya va endokrinologiya sohalarida faoliyat yuritayotgan bo'lsa, Saudiya Arabistoni asosan ikki yo'nalishda, ya'ni a sohalarida IoT texnologiyalarini rivojlantirmoqda. Bu raqamlar shuni ko'rsatadiki, har bir davlat o'zining sog'liqni saqlash tizimi ehtiyojlari, infratuzilma imkoniyatlari va iqtisodiy resurslariga qarab IoT'dan foydalanmoqda.[8].



I-rasm. Davlatlar bo'yicha IoT tibbiyot yo'nalishlari taqsimoti

IoT texnologiyalarining eng muhim va tez rivojlanayotgan sohasi bu — masofaviy bemor monitoringidir [9]. Bu yo'nalishda turli xil sensorlar yordamida bemorlarning yurak urishi, qon bosimi, tana harorati, qondagi kislorod miqdori va glyukoza darajasi kuzatilib, ma'lumotlar shifokorlarga uzatiladi [10]. AQSh va Germaniyada bunday tizimlar kasalxonaga qayta yotishlar sonini kamaytirishga yordam bermoqda [11]. Hindistonda esa qishloq hududlarda homilador ayollar va diabet kasalligidan aziyat

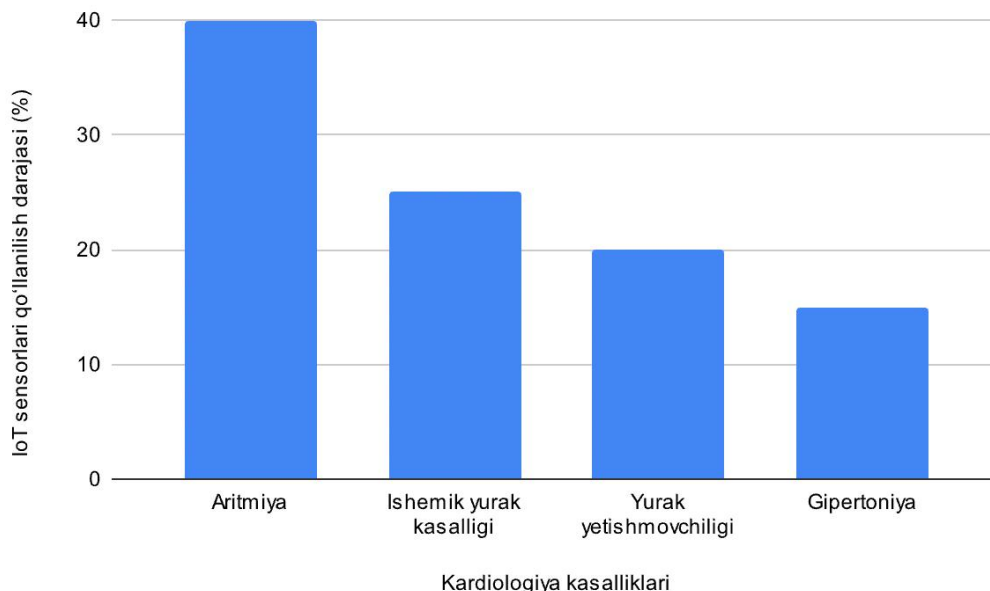
chekayotgan bemorlarni nazorat qilishda IoT qurilmalari qo'llanilmoqda [12]. Bu yo'nalishning afzalligi shundaki, u sog'liqni nazorat qilishni klinikadan tashqariga olib chiqib, bemorlar uchun qulaylik yaratadi [13].

Kardiologiya

Kardiologiya IoT texnologiyalarining eng ko'p qo'llanilayotgan yo'nalishlaridan biri hisoblanadi [14]. Aqlli soatlar, bilaguzuklar va

yurak stimulyatorlari yordamida yurak faoliyatini kuzatish imkoniyati mavjud. Masalan, AQShda Apple Watch kabi qurilmalar yordamida yurak ritmidagi buzilishlarni erta aniqlash amaliyoti keng joriy etilgan. Germaniyada Siemens Healthineers kompaniyasi yurak stimulyatorlarini

IoT tarmog'iga ulash orqali bemorlarni masofadan monitoring qilish tizimlarini ishlab chiqmoqda. Bu texnologiyalar yurak kasalliklarini erta tashxislash va xavfli vaziyatlarda tezkor choralar ko'rishga yordam beradi.

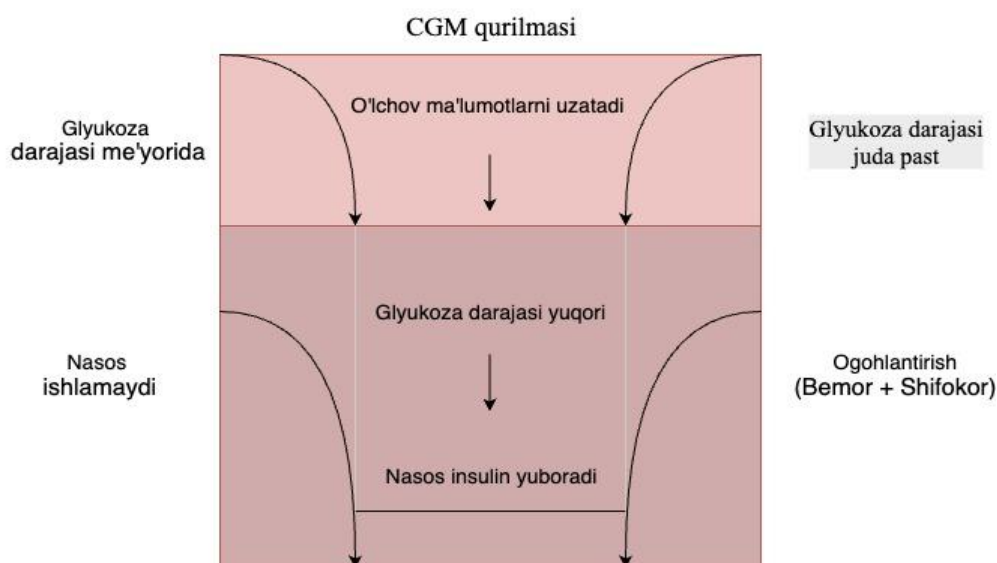


2-rasm. Kardiologiya kasalliklarida IoT sensorlarini qo'llanilishi (%)

Endokrinologiya (Diabetni boshqarish)

Diabetni nazorat qilishda IoT texnologiyalari bemor hayotini sezilarli darajada yengillashtirmoqda [15]. Doimiy glyukoza monitoringi qurilmalari (CGM) va aqlli insulin nasoslari bemorning qondagi glyukoza darajasini o'lchab, natijalarni shifokorga yuboradi va kerak

bo'lganda insulin dozasi avtomatik sozlaydi [16]. AQSh va Xitoyda bunday qurilmalar keng joriy etilgan bo'lsa, Hindistonda ham arzon IoT asosidagi qurilmalar ishlab chiqilib, aholining katta qismiga taqdim etilmoqda. Bu texnologiya gipoglikemiya va giperglikemiya holatlarini kamaytirish orqali bemorning hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.



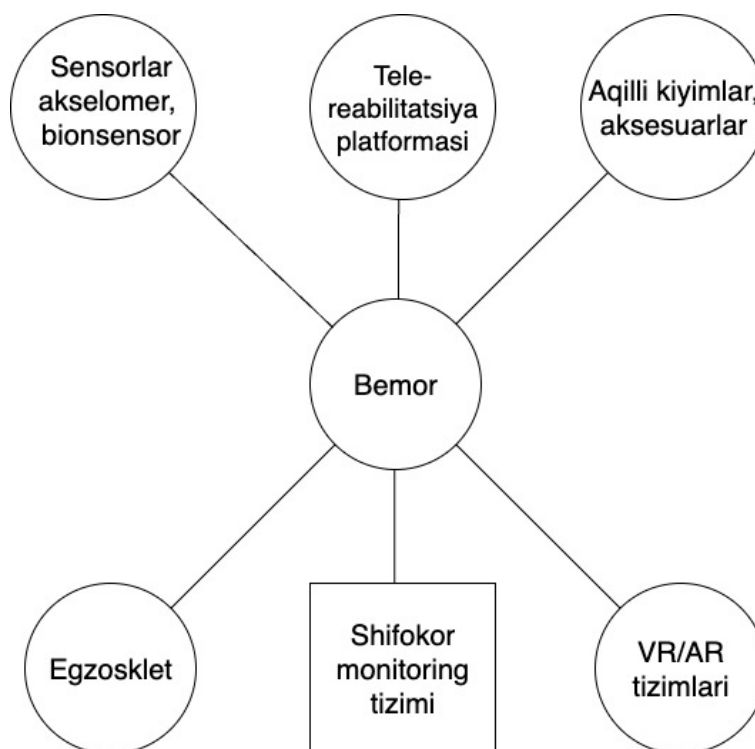
3-rasm. Doimiy glyukoza monitoringi (CGM) qurilmasi orqali qaror qabul qilish jarayoni.

Nevrologiya va reabilitatsiya

IoT texnologiyalari nevrologiya va reabilitatsiya sohalarida ham samarali qo'llanilmoqda [17]. Sensorlar yordamida bemorlarning mashqlarni to'g'ri bajarishi nazorat qilinadi, harakatdagi o'zgarishlar aniqlanadi va reabilitatsiya dasturlari shaxsiylashtiriladi. Isroilda yaratilgan OneStep tizimi oddiy smartfonning akselerometri yordamida bemorning yurishini klinik darajada aniqlik bilan tahlil qiladi. Yaponiyada qariyalar uchun reabilitatsiya

markazlarida IoT sensorlari keng tatbiq etilmoqda, Finlyandiyada esa 5G asosidagi smart shifoxonalar reabilitatsiya jarayonlarini masofadan boshqarishga imkon yaratmoqda [18].

Nevrologiya va reabilitatsiya yo'nalishida IoT qurilmalari ko'proq sensorlar (akselerometr, biosensorlar), aqlli kiyimlar, egzoskeletlar, VR/AR tizimlari va tele-reabilitatsiya qurilmalari sifatida qo'llanilmoqda. Ularning asosiy vazifasi – bemorning mashqlarni to'g'ri bajarishini kuzatish, harakatdagi o'zgarishlarni aniqlash va shifokorga real vaqt rejimida ma'lumot yuborish.



3-rasm. Nevrologiya va reabilitatsiyada IoT qurilmalari orqali bemor va shifokor o'rtasida real vaqt rejimida ma'lumot almashinuvi konseptual blok-sxemasi.

Muammolar

Tibbiyotda IoT texnologiyalarining keng qo'llanilishi sog'liqni saqlash tizimi uchun katta imkoniyatlar yaratmoqda. Shunga qaramay, amaliyotda bu texnologiyalarni keng miqyosda tatbiq etishda turli muammolar yuzaga chiqmoqda [19]. Bu muammolar texnik, iqtisodiy, huquqiy va axloqiy omillar bilan bog'liq bo'lib, ularni hal etmasdan turib IoT texnologiyalarining to'liq imkoniyatlaridan foydalanish qiyin [20].

Eng avvalo, ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiyligi dolzarb muammo sifatida qaraladi. IoT qurilmalari yordamida yig'ilayotgan yurak urishi,

qon bosimi, glyukoza darajasi yoki EKG natijalari kabi sog'liq haqidagi ma'lumotlar bemor uchun juda sezgir hisoblanadi. Ushbu ma'lumotlarning noto'g'ri qo'llanishi yoki uchinchi shaxslarga o'tib qolishi bemorning shaxsiy daxlsizligi va salomatligi uchun jiddiy xavf tug'diradi [21]. Kiberhujumchilar bunday ma'lumotlarni o'g'irlab, ularni suiiste'mol qilishi mumkin. Bundan tashqari, ayrim ishlab chiqaruvchi kompaniyalar ushbu ma'lumotlarni tijorat maqsadida ishlatishi ehtimoli ham mavjud. Shu sababli axborot xavfsizligini ta'minlash IoT tibbiyotidagi eng katta muammolardan biridir.

Ikkinchi muammo — standartlashuv va moslashuv muammolaridir. Hozirgi kunda IoT qurilmalari turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqilmoqda va har biri o'zining yopiq ekotizimiga ega. Natijada qurilmalar bir-biriga mos kelmaydi, ma'lumotlar almashinuvi qiyinlashadi. Masalan, bitta kompaniya ishlab chiqargan diabetni kuzatuvchi sensor boshqa kompaniya ishlab chiqqan mobil ilova yoki shifoxona axborot tizimiga ulanmasligi mumkin [22]. Bu esa klinik amaliyotda to'liq integratsiyani murakkablashtiradi. Yagona xalqaro standartlar yo'qligi sababli turli qurilmalardan kelgan ma'lumotlarni umumlashtirish ko'p vaqt va qo'shimcha resurs talab qiladi.

Uchinchi muammo — texnik infratuzilma cheklovlari. IoT qurilmalarining samarali ishlashi barqaror internet aloqasi va elektr energiyasi ta'minotiga bog'liq. Ammo rivojlanayotgan davlatlarda, xususan qishloq hududlarda internet tezligi past, elektr energiyasi ta'minoti barqaror emas. Bu esa IoT qurilmalarining uzluksiz ishlashiga to'sqinlik qiladi. Ayrim qurilmalar katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatadi, bu esa yuqori tezlikdagi internetni talab qiladi. Infratuzilmaning yetishmasligi IoT texnologiyalaridan keng foydalanish imkoniyatini cheklaydi.

To'rtinchi muammo — qurilma ishonchiligi va aniqligi. Tibbiyotda har bir ko'rsatkich katta ahamiyatga ega. Agar sensor noto'g'ri natija ko'rsatsa, bu shifokorning qaroriga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Masalan, noto'g'ri qayd etilgan yurak ritmi bemorda ortiqcha xavotir uyg'otishi yoki jiddiy kasallikni erta aniqlashga to'sqinlik qilishi mumkin. Qurilmalarni muntazam kalibratsiya qilish va texnik xizmat ko'rsatish talab qilinadi, biroq bu amaliyotda har doim ham bajarilmaydi.

Beshinchi muammo — iqtisodiy xarajatlar. IoT qurilmalarining narxi yuqori bo'lishi bilan birga, ularni joriy etish, texnik xizmat ko'rsatish va infratuzilmani modernizatsiya qilish ham katta mablag' talab qiladi. Sog'liqni saqlash byudjeti cheklangan davlatlarda IoT texnologiyalarini keng tatbiq etish mushkul. Sug'urta tizimlari ham har doim bunday xizmatlarni qoplamaydi, bu esa bemorlar uchun qo'shimcha xarajat bo'lishi mumkin.

Yana bir muhim muammo — axloqiy va huquqiy masalalar. Bemorning shaxsiy ma'lumotlaridan foydalanishda uning roziligi olinishi kerak. Ammo ko'plab hollarda bemor ushbu ma'lumotlar qanday saqlanayotgani yoki kimlar tomonidan ishlatilayotganidan xabardor emas. Turli mamlakatlarda shaxsiy ma'lumotlarni saqlashga oid qonunchilik talablari farq qiladi, bu esa xalqaro darajada IoT qurilmalarini joriy etishni murakkablashtiradi. Nihoyat, foydalanuvchi omili ham katta ahamiyatga ega. IoT qurilmalarining samarali ishlashi ko'p hollarda bemorning o'ziga bog'liq. Qurilmani vaqtida zaryad qilmaslik, noto'g'ri taqish yoki uni ishlatishda xatolarga yo'l qo'yish tizim samaradorligini kamaytiradi. Ayniqsa, yoshi katta bemorlar uchun texnologiyadan foydalanish qo'shimcha qiyinchilik tug'diradi. Bu esa maxsus o'quv dasturlari zarurligini ko'rsatadi.

Yechimlar

IoT texnologiyalaridan sog'liqni saqlash tizimida samarali foydalanish uchun yuqorida sanab o'tilgan muammolarga kompleks yechimlar ishlab chiqish zarur. Birinchidan, ma'lumot xavfsizligini kuchaytirish lozim. Bemor ma'lumotlarini himoya qilish uchun zamonaviy shifrlash algoritmlari va blockchain texnologiyasidan foydalanish mumkin. Shuningdek, HIPAA va GDPR kabi xalqaro me'yorlarga asoslangan qonunchilik talablarini qat'iy joriy etish axborot xavfsizligini ta'minlaydi. Ikkinchidan, standartlashuv va moslashuv muammosini hal etish uchun IoT qurilmalari xalqaro protokollarga asoslanib ishlab chiqilishi kerak. Masalan, HL7 va FHIR kabi standartlardan foydalanish qurilmalar o'rtasida ma'lumot almashuvini osonlashtiradi. Bundan tashqari, ochiq API'lar yordamida turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari yagona sog'liqni saqlash tizimiga integratsiya qilinishi mumkin. Uchinchidan, infratuzilmani rivojlantirish muhim. IoT qurilmalarining samarali ishlashi uchun keng polosali internet va 5G tarmoqlari kengaytirilishi zarur. Qishloq joylarda internet qamrovini kuchaytirish IoT texnologiyalaridan foydalanish imkonini oshiradi. Shuningdek, energiya samarador va uzoq muddatli ishlashga mo'ljallangan qurilmalarni ishlab chiqish ham zarur. To'rtinchidan, qurilmalarni sertifikatlash va muntazam texnik ko'rikdan o'tkazish tizimi yo'lga qo'yilishi kerak. Sun'iy intellekt yordamida

noto'g'ri o'lchovlarni aniqlash va filtrlash mumkin, bu esa ma'lumotlarning aniqligini oshiradi. Beshinchidan, moliyaviy qo'llab-quvvatlash mexanizmlari ishlab chiqilishi lozim. Davlat va xususiy sektor hamkorligida grant va subsidiya dasturlari yo'lga qo'yilishi, sug'urta kompaniyalari IoT monitoring xizmatlarini qoplashga jalb qilinishi kerak. Bu orqali bemorlar uchun IoT qurilmalari yanada arzonlashadi.

Bemorning shaxsiy ma'lumotlarini yig'ish va saqlashda uning roziligini olish mexanizmlari takomillashtirilishi, milliy qonunchilik xalqaro standartlarga moslashtirilishi kerak. Umuman olganda, IoT texnologiyalaridan to'liq samarali foydalanish uchun ushbu yechimlarni bosqichma-bosqich amalga oshirish zarur. Shu yo'l bilan bemor xavfsizligini ta'minlash, tibbiy xizmatlar sifatini oshirish va sog'liqni saqlash tizimining samaradorligini yuqori darajaga ko'tarish mumkin bo'ladi.

Xulosa

Tibbiyotda Internet of Things (IoT) texnologiyalarining qo'llanilishi so'nggi yillarda sezilarli darajada kengayib, bemorlarga ko'rsatiladigan xizmatlarning sifati va samaradorligini oshirmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, IoT texnologiyalari eng ko'p masofaviy bemor monitoringi, kardiologiya, endokrinologiya va nevrologiya/reabilitatsiya yo'nalishlarida tatbiq etilmoqda. Masalan, aritmiyalarni aniqlashda aqlli soatlar, diabetni nazorat qilishda doimiy glyukoza monitoringi qurilmalari, reabilitatsiyada esa egzoskelet va VR/AR tizimlari samarali natijalar bermoqda. Shu bilan birga, IoT texnologiyalarining keng joriy etilishi jarayonida ma'lumotlar xavfsizligi, qurilmalar standartlashuvi, iqtisodiy xarajatlar va infratuzilma cheklavlari kabi muammolar mavjud. Ularni hal etish uchun xalqaro standartlarni ishlab chiqish, ma'lumotlarni himoya qilishni kuchaytirish, infratuzilmani modernizatsiya qilish va davlat-xususiy sektor hamkorligini rivojlantirish zarur. Kelajakda IoT texnologiyalarining sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar tahlili va 5G tarmoqlari bilan integratsiyasi sog'liqni saqlash tizimini yanada samarali qilish, kasalliklarni erta tashxislash, shaxsiylashtirilgan reabilitatsiya dasturlarini yaratish va "aqlli shifoxonalar" konsepsiyasini keng yoyishda muhim rol o'ynashi kutilmoqda.

Adabiyotlar

1. Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., & Kwak, K. S. (2015). *The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey*. IEEE Access, 3, 678–708.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2437951>
2. Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020). *Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare*. Future Generation Computer Systems, 98, 850–859. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.036>
3. Fathima, R., & Geetha, S. (2021). *IoT based Smart Healthcare Monitoring and Alerting System*. In Lecture Notes in Networks and Systems. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-33-4015-3_15
4. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). *Internet of Things for Smart Health: Technologies, Challenges, and Opportunities*. IEEE Internet of Things Journal, 1(1), 99–112.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312297>
5. Chakraborty, C., Gupta, B., Ghosh, S. K., & Das, S. (2019). *A Review on Telemedicine-based IoT for Remote Healthcare Monitoring*. Healthcare Technology Letters, 6(2), 34–39. IET.
<https://doi.org/10.1049/htl.2018.5061>
6. Albahri, O. S., et al. (2021). *Role of Artificial Intelligence and IoT in Healthcare Systems: A Review*. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 200, 105896. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105896>
7. Silva, B. M., Rodrigues, J. J., de la Torre Díez, I., López-Coronado, M., & Saleem, K. Sahoo, P. K., Mohapatra, S. K., & Wu, S. L. (2016). *Analysis of Healthcare Big Data*. Future Generation Computer Systems, 65, 57–74. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2016.01.012>
8. Hassan, A., & Guesmi, T. (2022). *Security and Privacy in IoT Healthcare: Issues and Solutions*. Journal of Network and Computer Applications, 202, 103332. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2022.103332>

9. Latif, S., Qadir, J., Farooq, S., & Imran, M. A. (2017). *How 5G Wireless (and Concomitant Technologies) Will Revolutionize Healthcare?* IEEE Access, 5, 10967–10985.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2715249>
10. Bui, N., Castellani, A., Casari, P., & Zorzi, M. (2012). *The Internet of Energy: A Web-Enabled Smart Grid System*. IEEE Network, 26(4), 39–45.
<https://doi.org/10.1109/MNET.2012.6246751>
11. Rghioui, A., & Oumnad, A. (2018). *Internet of Things: Surveys for Measuring Human Activities from Everywhere*. Procedia Computer Science, 127, 88–97. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.104>
12. Khan, R. A., Pathan, A. S. K., & Alrajeh, N. A. (2020). *IoT-Based Smart Healthcare: Trends and Challenges*. Sensors, 20(22), 6748. MDPI.
<https://doi.org/10.3390/s20226748>
13. Mariani, R., & Ciampolini, P. (2018). *IoT for Healthcare: Architectures and Applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67657-9>
14. Islam, S. R., Kwak, D., & Kabir, M. H. (2018). *The Role of Big Data and IoT in Smart Healthcare*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(6), 10–19.
<https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090602>
15. Pang, Z., et al. (2015). *Design of a Health-IoT System for Secure and Smart Healthcare*. IEEE Wireless Communications, 22(1), 58–65.
<https://doi.org/10.1109/MWC.2015.7054723>
16. Habibzadeh, H., et al. (2019). *A Survey of Healthcare Internet of Things (HIoT): A Clinical Perspective*. IEEE Internet of Things Journal, 7(1), 53–71.
<https://doi.org/10.1109/IIOT.2019.2941843>
17. Kim, J., Campbell, A. S., de Ávila, B. E. F., & Wang, J. (2019). *Wearable Biosensors for Healthcare Monitoring*. Nature Biotechnology, 37, 389–406.
<https://doi.org/10.1038/s41587-019-0045-y>
18. 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.
<https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-21>
19. Shull, P. B., & Damian, D. D. (2015). *Haptic Wearable Devices for Rehabilitation and Motor Control*. Annual Review of Biomedical Engineering, 17, 187–209.
<https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071114-040654>
20. Dobkin, B. H. (2007). *Rehabilitation after Stroke*. New England Journal of Medicine, 352, 1677–1684.
<https://doi.org/10.1056/NEJMr043902>
21. Yang, G., et al. (2021). *A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor, and Intelligent Medicine Box*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(4), 2772–2782.
<https://doi.org/10.1109/TII.2020.3004222>
22. Rghioui, A., & Bouhorma, M. (2019). *IoT in Healthcare: Security and Privacy Challenges*. Procedia Computer Science, 141, 237–243.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.176>