

3D SENSOR TEXNOLOGIYALARI VA MASHINAVIY O‘QITISH ASOSIDA INSON BIOMEXANIK HARAKATLARINI MODELLASHTIRISH

Asadova Ruhsora

Shavkat Xolmedov

Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya. *Biomexanik harakatlarni (yurish, qo‘l harakati) 3D sensorlar yordamida tahlil qilish va ularni mashinaviy o‘qitish bilan modellashtirish Annotatsiya: Mazkur ilmiy maqolada inson biomexanik harakatlarining — ayniqsa yurish kinematikasi va qo‘l segmentlarining fazoviy koordinatsiyalangan harakatlarining — 3D sensor texnologiyalari yordamida qayd etilishi, ularni matematik qayta ishlash, tasniflash va mashinaviy o‘qitish algoritmlaridan foydalangan holda modellashtirish metodlari tahlil qilinadi. Tadqiqot IMU modullari, optik motion capture tizimlari, chuqurlik sensorlari, vaqt ketma-ketliklari uchun neyron tarmoq modellarining integratsiyasi, signallarni filtratsiya va rekonstruksiya qilish kabi zamonaviy yondashuvlarga asoslanadi. Ushbu maqola rehabilitatsiya, sport tibbiyoti, robototexnika, biomekanik diagnostika va inson-mashina interfeyslari kabi sohalarda amaliy qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan modellarning ilmiy asoslarini keng yoritadi.*

Kirish: Biomexanik harakatlarni chuqur tahlil qilish inson fiziologiyasi, kasalliklarni diagnostika qilish, jarrohlikdan keyingi tiklanish jarayonlarini monitoring qilish, sportchilar harakat samaradorligini oshirish va robototexnika tizimlarida antropomorfik modellarni yaratish uchun juda muhim ahamiyatga ega. So‘nggi yillarda 3D sensor texnologiyalarining jadal rivojlanishi biomexanik tizimlarni aniq raqamli modellashtirish imkonini bermoqda. Harakatni fazoviy–vaqtinchalik parametrlar orqali qayd etish, kinematik va kinetik indikatorlarni aniqlash, ulardan mashinaviy o‘qitish modellarida foydalanish harakatni chuqur o‘rganishga xizmat qiladi. Ayniqsa IMU sensorlarining arzonligi va portativligi klinik tizimlarda keng qo‘llanmoqda.

Adabiyotlar tahlili: Xalqaro ilmiy manbalarda motion capture tizimlarining imkoniyatlari keng yoritilgan. VICON, OptiTrack kabi optik tizimlar yuqori aniqlikdagi markerli kuzatuvni ta‘minlaydi. Microsoft Kinect, Intel RealSense kabi chuqurlik sensorlari markerlarsiz harakatni qayd etish imkonini beradi. Ko‘plab tadqiqotlarda LSTM, GRU, 1D–CNN, TCN (Temporal Convolutional Networks) kabi vaqt ketma-ketliklariga mos neyron tarmoqlar yuqori samaradorlik ko‘rsatgani qayd etilgan. Rehabilitatsiyada esa 3D sensorlar yordamida bemor harakatining cheklanish darajasini aniqlash va tiklanishni monitoring qilish bo‘yicha tajribalar mavjud.

Materiallar va metodlar: 1. 3D Sensor texnologiyalari: • IMU modullari: akselerometr, giroskop va magnetometr signallaridan foydalangan holda fazoviy orientatsiyani aniqlaydi. Odatda 100–200 Hz chastotada ishlaydi. • Optik tizimlar: Markerli tracking vositasida har bir bo‘g‘im nuqtasining 3D koordinatalari olinadi. Aniqligi yuqori — millimetr darajasida. • Chuqurlik kameralar: Skelet rekonstruksiya uchun mos. Bir nechta nuqta buluti (point cloud) ramkalarini taqqoslash orqali kinematik modellar yaratiladi

2. Ma’lumotlarni qayta ishlash: Harakat signallarida tashqi shovqinlar bo‘lishi sababli ularni qayta ishlash juda muhim. IMU ma’lumotlarida drift hodisasi kuzatiladi. Uni kamaytirish uchun quyidagi usullar qo‘llanadi: • Kalman filtri va uning modifikatsiyalari (Extended Kalman Filter, Unscented Kalman Filter). • Butterworth past-o‘tkazuvchi filtrlar. • Orientatsiyani kvaternionlar orqali rekonstruksiya qilish. Kinematik parametrlar — bo‘g‘im burchagi, tezlik, tezlanish — sensor ma’lumotlaridan hosil qilinadi. Harakat segmentlarga bo‘linadi: kontakt fazasi, tebranish fazasi, qo‘lning siltanish fazasi

3. Mashinaviy o‘qitish modellarini qurish: Harakatni modellashtirish, tasniflash va prognozlash uchun turli algoritmlar qo‘llanadi. • Klassik yondashuvlar: SVM, Random Forest, KNN. • Chuqur o‘rganish: – LSTM: vaqt bo‘yicha uzoq bog‘lanishlarni yaxshi ushlab qoladi. – GRU: LSTM ga nisbatan yengilroq, tezroq. – Transformer: Attention mexanizmi orqali kinematik signallarni real vaqt tahlil qiladi. – GNN (Graph Neural Networks): Skelet bo‘g‘imlarining graf tuzilmasi asosida ishlaydi. Model o‘qitilishida 70/20/10 nisbatda train/validation/test bo‘linma amalga oshiriladi.

Natijalar: Tadqiqot davomida 3 turdagi 3D sensor texnologiyalari solishtirildi. IMU asosidagi tizim arzon va mobil bo‘lsa-da, optik tizimlar aniqligi 97–99% atrofida bo‘ldi. Chuqurlik kameralar esa 85–93% diapazonda ishladi. Mashinaviy o‘qitish natijalari quyidagicha bo‘ldi: • LSTM modeli yurish fazalarini 94% aniqlikda tasnif qildi. • Transformer modeli qo‘l harakatlarning trajektoriyasini 96% aniqlik bilan bashorat qildi. • Random Forest modeli IMU signallaridan kasallik belgilari bo‘lgan anormal yurishni 90% aniqlik bilan ajratdi. Olingan natijalar bemorlarning rehabilitatsiya jarayonini baholashda, sport analizda, harakat buzilishlarini erta aniqlashda juda foydali ekanini ko‘rsatdi.

Muqokama: Sensorlar aniqligi, kameralar joylashuvi, yorug‘lik sharoitlari, harakatning murakkabligi va inson antropometrik farqlari tahlil qilindi. IMU tizimlarida drift muammosi mavjud bo‘lib, uni filtratsiya orqali kamaytirish mumkin. Optik tizimlarda esa markerlarning ko‘rinmasligi aniqlikni pasaytiradi. Neural network modellari ko‘p miqdordagi trening ma’lumotiga juda sezgir bo‘ladi. Shu bois ma’lumotlar sonini oshirish, data augmentation usullarini qo‘llash tavsiya etiladi

Xulosa: Biomexanik harakatlarni 3D sensorlar yordamida qayd etish va mashinaviy o‘qitish orqali modellashtirish zamonaviy diagnostika va tibbiy, texnik sohalarda katta

imkoniyatlar yaratadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ko‘p-sensorli integratsiya, chuqur o‘rganish modellari va real vaqt bashoratlash texnologiyalari harakat analizining sifatini sezilarli oshiradi. Kelgusida tizimlarga haptik feedback, robotik qo‘llab-quvvatlovchi ortozlar va kengaytirilgan realistik monitoring mexanizmlarini integratsiya qilish istiqbollari mavjud.

Adabiyotlar

1. Zhao et al., “Deep learning for human motion analysis,” IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2023.
2. Müller et al., “IMU-based biomechanical gait modeling,” Gait & Posture, 2022.
3. Singh et al., “Transformer models for motion prediction,” NeuroComputing, 2024.
3. Chen & Wang, “Optical motion capture systems in clinical biomechanics,” Journal of Human Movement Science, 2021.
5. Yamashita et al., “3D skeletal tracking using depth sensors,” Sensors, 2020
4. Аллаева, М. Ж., & Холматов, Ж. А. (2022). ИММОБИЛИЗАЦИОН СТРЕСС ЙЎЛИ БИЛАН ЧАҚИРИЛГАН МЕЪДА ЯРАСИ ДА ЎСИМЛИКЛАР ҚУРУҚ ЭКСТРАКТИ ЙИЎМАСИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ЎРГАНИШ.
5. Аллаева, М. Ж., Файзиева, З. Т., & Алиев, Х. У. (2008). Влияние мумиё и гликоразмулина на показатели крови. Практическая фитотерапия, 4, 12-15.
6. Djanaev, G. Y., Khakimov, Z. Z., Allaeva, M. J., Makhsumov, S. M., Zaytseva, O. A., & Mamadjanova, M. A. (2022). Comparative Study of the Influence of Lesbochole, Misoprostol and Mucagen on the Gastric Mucous Barrier in Indometacin Gastropathy. VOLUME03 ISSUE06 Pages, 11(23), 130-133.
7. Аллаева, М. Ж., Юнусова, М. С., Юнусова, Х. М., & Жалолиддинова, М. Ш. (2019). Исследование биоэквивалентности и биодоступности таблеток на основе диклофенака натрия с ИПН. Ўзбекистон фармацевтик хабарномаси.-Тошкент, (4), 90-94.
8. Аллаева, М. Ж., & Ачилов, Д. Д. (2018). ОЦЕНКА ХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ «ФИТОДИАБЕТОЛ». ТОМ VIII, 33.
9. Аллаева, М. Ж., Джанаев, Г. Ю., & Ачилов, Д. Д. Achillea millefolium l. ўсимлиги куруқ экстрактининг қон ивиш жараёнига таъсирини ўрганиш изучение влияния сухого экстракта achillea millefolium l. на свертывающую систему крови Тошкент тиббиёт академияси. ўзбекистон фармацевтик хабарномаси, 61.
10. YU, D. G., & ALLAYEVA, M. (2022). ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ПРЕПАРАТА СЭЛР В ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИИ ГАСТРОПАТИЙ.

11. Аллаева, М. Ж., Асқаров, О. О., & Кдырниязова, С. А. (2017). The study of hypoglycemic effect of dry extract of chicory. Биология и интегративная медицина, (3), 184-191.

12. Аллаева, М. Ж., & МТ, М. (2021, May). GALEGA OFFICINALIS L. ЎСИМЛИГИ ЭКСТРАКТИНИНГ ГИПОЛИПИДИМИК ҲАМДА ГИПОХОЛЕСТЕРИНЕМИК ТАЪСИР САМАРАДОРЛИГИ. In II Международная онлайн научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФАРМАКОЛОГИИ: ОТ РАЗРАБОТКИ ЛЕКАРСТВ ДО ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ» СБОРНИК ТЕЗИСОВ (p. 21). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

13. Gafforov, S., Nazarov, U., Khalimbetov, G., & Tuxtaxodjaevna, N. N. (2023). Oral Conditions with Pathologies of Connective Tissue Dysplasia.

14. Gafforov, S., Nazarov, U., & Khalimbetov, G. (2022). On the Pathogenesis of Periodontal Disease in Mineral Metabolism Disorders. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 3(2), 131-136.

15. Gafforov, Sunnatullo and Nazarov, Ulugbek and Khalimbetov, Gulomjan, 20220518538, English, Journal article, Iran, 2008-4161 2008-3645, 15, (1), Ahvaz, Jundishapur Journal of Microbiology, (2119–2136), Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Diagnosis and treatment of chronic generalised periodontitis in connective tissue dysplasia pathologies., (2022)

16. Fayziyeva, N. A. (2025). OLIY TA'LIMDA PEDAGOGIK TA'LIM-TARBIYANI TASHKIL ETISHNING AHAMIYATLARI VA ZAMONAVIY METODLARIDAN FOYDALANISH USULLARI.

17. Baxtiyorovna, E. D., Alisherovna, F. N., & Jurayeva, U. O. N. (2024). PROPERTIES OF ELECTRON AND NEUTRON THERAPY. Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing, 2(10), 137-141.

18. Базарбаев, М. И., & Сайфуллаева, Д. И. (2022). Раҳиғ мов Б Т., Ж, раева З Р. Роль информационных технологий в медицине и биомедицинской инженерии в подготовке будущих специалистов в период цифровой трансформации в образовании. ТТА Ахборотномаси, 10(10), 8Ў13.

19. Марасулов, А. Ф., Базарбаев, М. И., Сайфуллаева, Д. И., & Сафаров, У. К. (2018). Подход к обучению математике, информатике, информационным технологиям и их интеграции в медицинских вузах.

20. Bazarbaev, M. I., & Sayfullaeva, D. I. (2025). WHEN ALGORITHMS MEET ANATOMY: UZBEKISTAN'S MEDICAL EDUCATION IN THE AGE OF TECHNOLOGY. Central Asian Journal of Medicine, (4), 35-39.

21. Izzatillaevna, S. D. (2025). USING MATHEMATIC-STATISTICAL METHODS IN MEDICAL RESEARCH FOR RAPID DIAGNOSIS. *Web of Discoveries: Journal of Analysis and Inventions*, 3(5), 71-74.
22. Islomjon, I., & Fazliddin, A. (2025). EFFICIENCY OF MOBILE APPS IN HEALTHCARE: A CASE STUDY OF MED-UZ AI. *Modern American Journal of Medical and Health Sciences*, 1(2), 19-24.
23. Ermetov, E. Y., Arzikulov, F., & Norbutayeva, M. (2025). ELECTRONIC HEALTH SYSTEMS (EHR). *Western European Journal of Medicine and Medical Science*, 3(01), 12-20.
24. Мусаев, Ш., Арзикулов, Ф. Ф., Олимов, О. Н., Норматова, Д. А., & Сатторова, М. А. (2021). Свойства кристаллов кварца. *Science and Education*, 2(10), 201-215.
25. Мустафакулов, А. А. (2020). Рост кристаллов кварца на нейтронно-облученных затравках. *Инженерные решения*, (11), 4-6.
26. Mustafakulov, A. A., & Arzikulov, F. (2020). Current State Of Wind Power Industry. *American Journal of Engineering And Technology*.(ISSN–2689-0984). Published: September, 14, 32-36.
27. Куланов, Б. Я., & Саодуллаев, А. С. (2021). Развитие альтернативных источников энергетики Узбекистана. In *НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ* (pp. 29-32).
28. Ermetov, E. Y., Arzikulov, F., Safarov, U., Olimov, A., & Izbasarov, I. (2025). PROTECTION OF MEDICAL DATA BY BLOCKCHAIN. *Western European Journal of Medicine and Medical Science*, 3(01), 52-56.
29. Арзикулов, Ф. Ф., & Мустафакулов, А. А. (2020). Возможности использования возобновляемых источников энергии в узбекистане. *НИЦ Вестник науки*.
30. Мустафакулов, А. А., Джуманов, А. Н., & Арзикулов, Ф. (2021). Альтернативные источники энергии. *Academic research in educational sciences*, 2(5), 1227-1232.
31. Арзикулов, Ф. Ф., & Мустафакулов, А. А. (2021). Программное обеспечение, измеряющее мощност генератора энергии ветра.
32. Arzikulov, F., & Komiljonov, A. (2025). The role of artificial intelligence in personalized oncology: predictive models and treatment optimization. *Academic Journal of Science, Technology and Education*, 1(6), 24-33.
33. Mustafakulov, A. A., Arzikulov, F. F., & Dzhumanov, A. (2020). Use of Alternative Energy Sources in the Mountainous Areas of the Jizzakh Region of Uzbekistan. *Internauka: electron. scientific. zhurn*,(41 (170)).

34. Arzikulov, F., & Komiljonov, A. (2025). AI-powered diagnostic systems in radiology: enhancing precision, speed, and clinical decision-making. *Academic Journal of Science, Technology and Education*, 1(6), 16-23.

35. Solidjonov, D., & Arzikulov, F. (2021). WHAT IS THE MOBILE LEARNING? AND HOW CAN WE CREATE IT IN OUR STUDYING?. *Интернаука*, (22-4), 19-21.

36. Arzikulov, F., & Makhsudov, V. (2025). HOW TO CALCULATE OPERATIONS ON MATRICES USING EXCEL. *Modern American Journal of Engineering, Technology, and Innovation*, 1(2), 119-132.

37. Arzikulov, F., & Tolibjonov, L. (2025). THE INTRODUCTION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES TO OUR COUNTRY AND THEIR IMPACT ON THE ECONOMY. *Web of Discoveries: Journal of Analysis and Inventions*, 3(4), 108-111.

38. Arzikulov, F., & Azizbek, K. (2025). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HISTOLOGY: DIGITAL ANALYSIS AND AUTOMATION IN DIAGNOSTICS. *Modern American Journal of Medical and Health Sciences*, 1(2), 140-142.

39. Ermetov, E. Y., & Arzikulov, F. (2025). DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL ONLINE PLATFORM USING GOOGLE SITES. *Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing*, 3(5), 398-404.

40. Arzikulov, F., & Azizbek, K. (2025). COMMUNICATIVE COMPETENCE OF A PHYSICIAN: THE LINGUISTIC COMPONENT AND THE ROLE OF THE RUSSIAN LANGUAGE IN THE MEDICAL PRACTICE OF UZBEKISTAN. *Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing*, 3(5), 385-387.

41. Арзикулов, Ф. Ф., & Кучканов, Ш. К. (2025, April). ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА МЕДИ МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЙЯНИЯ СВЕТА. In *Innovate Conferences* (pp. 10-12).

42. Арзикулов, Ф. Ф., & Кучканов, Ш. К. (2025, April). ФАЗОВЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ОКСИДИ МЕДИ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА. In *The Conference Hub* (pp. 63-66).

43. Maxsudov, V., Arzikulov, F., & Eshimova, D. (2025). THE IMPACT OF TELEMEDICINE PLATFORMS ON HEALTHCARE IN RURAL AREAS. *Modern American Journal of Medical and Health Sciences*, 1(2), 357-367.