

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626858>

# Использование алгоритмов искусственного интеллекта для аппроксимации данных датчиков микроэлектромеханических систем и тензодатчиков у баскетболистов

Е.М. Барскова, А.Д. Куклев, Н.В. Полукаров, Е.Е. Ачкасов

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В настоящее время процесс получения визуальных данных с датчиков микроэлектромеханических систем делает работу клинициста трудоёмкой и продолжительной во времени. Аппроксимация данных с помощью алгоритмов искусственного интеллекта поможет сэкономить время и увеличить объём проводимой работы.

**Цель** — провести аппроксимацию данных, приходящих с датчиков, расположенных в обувной стельке спортсменов баскетболистов; сравнить показатели изменения параметров движения спортсменов при использовании CAD/CAM стелек.

**Материалы и методы.** Для проведения исследования было получено разрешение локального этического Комитета Сеченовского Университета (протокол № 19-23). Основную когорту составили 39 спортсменов: 21 мужчина (53%) и 18 женщин (47%). Средний возраст спортсменов —  $22,4 \pm 7,54$  года. Спортсменов разделили на три равнозначные группы сравнения в зависимости от вида стелек, в период проведения исследования все спортсмены были здоровы, без травм. Перемещение в пространстве оценивали по трёх-тестовой системе. Оценку проводили с помощью датчиков микроэлектромеханических систем с алгоритмом искусственного интеллекта, который помогал строить визуально понятные и хорошо интерпретируемые срединные линии (аппроксимация данных).

**Результаты.** Для объективной оценки прыжковых характеристик, угловых изменений, скоростных перемещений в пространстве и сравнения всех параметров в 0-й день и 21-й день была разработана и использована собственная программная система, основанная на математической алгоритмизации и формуле преобразования по определённым осям. Все данные мы занесли в выстроенную нами нейронную сеть для построения усреднённых значений параметров перемещения в пространстве. Такой подход позволяет врачу оценивать не единичные изменения каждого пикового движения по трём разным осям. Кроме того, можно суммировать при помощи искусственного интеллекта параметры движения спортсмена и замечать изменения по разным осям на 0-й и 21-й день. Модель стельки С-1: скорость перемещения по оси X на +7,7%, высота прыжка по оси Y +17,3%, выносливость +3,1% и улучшение параметра гашения ударной нагрузки в 1,43 раза. Модель стельки С-2: скорость перемещения по оси X +8,4%, высота прыжка по оси Y +20,8%, выносливость +6,6% и улучшение параметра гашения ударной нагрузки в 1,48 раза. Модель стельки С-3: скорость перемещения по оси X +13,5%, высота прыжка по оси Y +22,4%, выносливость +9,5% и улучшение параметра гашения ударной нагрузки в 1,53 раза.

**Заключение.** Аппроксимация данных (посторонние срединных линий при помощи алгоритма искусственного интеллекта) позволяет легко интерпретировать и проводить сравнение различных параметров и делать выводы не только об эффективности индивидуальных спортивных CAD/CAM стелек, но и оценить изменение показателей повышения выносливости, скорости передвижения при длительном и интенсивном перемещении и снижения риска влияния ударных нагрузок на опорно-двигательный аппарат спортсмена.

**Ключевые слова:** аппроксимация данных; датчики микроэлектромеханических систем; тензодатчики; алгоритм искусственного интеллекта; баскетбол.

## Как цитировать:

Барскова Е.М., Куклев А.Д., Полукаров Н.В., Ачкасов Е.Е. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для аппроксимации данных датчиков микроэлектромеханических систем и тензодатчиков у баскетболистов // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № S1. С. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626858>

Received: 14.02.2024

Accepted: 07.03.2024

Published online: 30.06.2024

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Warden S.J., Edwards W.B., Willy R.W. Preventing Bone Stress Injuries in Runners with Optimal Workload // *Curr Osteoporos Rep*. 2021. Vol. 19, N 3. P. 298–307. doi: 10.1007/s11914-021-00666-y
2. Hostrup M., Bangsbo J. Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports Med*. 2023. Vol. 53, N 3. P. 577–594. doi: 10.1007/s40279-022-01791-z
3. Жукова Е.В., Ачкасов Е.Е., Полукаров Н.В. Влияние индивидуального подхода консервативной терапии плоскостопия на снижение болевого синдрома и улучшения качества жизни пациентов // *Вестник Восстановительной медицины*. 2019. Т. 5, № 93. С. 74–80. EDN: ZKGTWQ
4. Jonnala U.K., Sankineni R., Ravi Kumar Y. Design and development of fused deposition modeling (FDM) 3D-Printed Orthotic Insole by using gyroid structure // *J Mech Behav Biomed Mater*. 2023. Vol. 145. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106005
5. Nickerson K.A., Li E.Y., Telfer S., Ledoux W.R., Muir B.C. Exploring the mechanical properties of 3D-printed multilayer lattice structures for use in accommodative insoles // *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024. Vol. 150. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106309
6. Daryabor A., Kobayashi T., Saeedi H., et al. Effect of 3D printed insoles for people with flatfeet: A systematic review // *Assist Technol*. 2023. Vol. 35, N 2. P. 169–179. doi: 10.1080/10400435.2022.2105438
7. Danko M., Sekac J., Dzivakova E., Zivcak J., Hudak R. 3D Printing of Individual Running Insoles — A Case Study // *Orthop Res Rev*. 2023. Vol. 15. P. 105–118. doi: 10.2147/ORR.S399624
8. Hasan H., Davids K., Chow J.Y., Kerr G. Compression and texture in socks enhance football kicking performance // *Hum Mov Sci*. 2016. Vol. 48. P. 102–111. doi: 10.1016/j.humov.2016.04.008
9. Jandova S., Mendricky R. Benefits of 3D Printed and Customized Anatomical Footwear Insoles for Plantar Pressure Distribution // *3D Print Addit Manuf*. 2022. Vol. 9, N 6. P. 547–556. doi: 10.1089/3dp.2021.0002
10. Hsu C.Y., Wang C.S., Lin K.W., et al. Biomechanical Analysis of the FlatFoot with Different 3D-Printed Insoles on the Lower Extremities // *Bioengineering (Basel)*. 2022. Vol. 9, N 10. P. 563. doi: 10.3390/bioengineering9100563
11. Jin H., Xu R., Wang J. The Effects of Short-Term Wearing of Customized 3D Printed Single-Sided Lateral Wedge Insoles on Lower Limbs in Healthy Males: A Randomized Controlled Trial // *Med Sci Monit*. 2019. Vol. 25. P. 7720–7727. doi: 10.12659/MSM.919400
12. Grouvel G., Carcreff L., Moissenet F., Armand S. A dataset of asymptomatic human gait and movements obtained from markers, IMUs, insoles and force plates // *Sci Data*. 2023. Vol. 10, N 1. P. 180. doi: 10.1038/s41597-023-02077-3
13. Menez C., L'Hermette M., Coquart J. Orthotic Insoles Improve Gait Symmetry and Reduce Immediate Pain in Subjects With Mild Leg Length Discrepancy // *Front Sports Act Living*. 2020. Vol. 2. P. 579152. doi: 10.3389/fspor.2020.579152
14. Shi Q.Q., Li P.L., Yick K.L., Jiao J., Liu Q.L. Influence of Contoured Insoles with Different Materials on Kinematics and Kinetics Changes in Diabetic Elderly during Gait // *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 19, N 19. P. 12502. doi: 10.3390/ijerph191912502
15. Wang B., Sun Y., Guo X., et al. The efficacy of 3D personalized insoles in moderate adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial // *BMC Musculoskelet Disord*. 2022. Vol. 23, N 1. P. 983. doi: 10.1186/s12891-022-05952-z
16. Peebles A.T., Ford K.R., Taylor J.B., et al. Using force sensing insoles to predict kinetic knee symmetry during a stop jump // *J Biomech*. 2019. Vol. 95. P. 109293. doi: 10.1016/j.jbiomech.2019.07.037
17. Costa B.L., Magalhães F.A., Araújo V.L., et al. Is there a dose-response of medial wedge insoles on lower limb biomechanics in people with pronated feet during walking and running? // *Gait Posture*. 2021. Vol. 90. P. 190–196. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.09.163
18. Жукова Е.В., Ачкасов Е.Е., Полукаров Н.В., и др. Влияние биомеханики ходьбы на формирование патологии стоп // *Вопросы практической педиатрии*. 2018. Т. 13, № 4. С. 91–97. EDN: VQBSBY doi: 10.20953/1817-7646-2018-4-91-97

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626858>

## Using artificial intelligence algorithms to approximate data from inertial measurement unit sensors and strain gauges in basketball players

Ekaterina M. Barskova, Aleksandr D. Kuklev, Nikolay V. Polukarov, Evgeny E. Achkasov

The First Sechenov Moscow State Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** The process of acquiring visual data from microelectromechanical sensors currently requires significant time and effort on the part of the clinician. The use of artificial intelligence algorithms to approximate data could potentially reduce the time required and increase the amount of work performed.

**AIM:** The aim of this study is to approximate the data generated by sensors located in the shoe insole of basketball athletes and to compare the change in movement parameters of athletes when using CAD/CAM insoles.

Рукопись получена: 14.02.2024

Рукопись одобрена: 07.03.2024

Опубликована online: 30.06.2024



**MATERIALS AND METHODS:** Prior to the commencement of the study, permission was obtained from the local ethical committee of Sechenov University (protocol No. 19–23). The main cohort consisted of 39 athletes, comprising 21 men (53%) and 18 women (47%). The mean age of the athletes was  $22.4 \pm 7.54$  years. The athletes were divided into three equal comparison groups according to the type of insoles they were wearing. Throughout the study period, all athletes remained healthy and free from injuries. The assessment of movement in space was conducted using a three-test system. This involved the use of microelectromechanical system sensors with an artificial intelligence algorithm, which facilitated the construction of visually clear and well-interpreted median lines (data approximation).

**RESULTS:** For objective assessment of jumping characteristics, angular changes, velocity movements in space, and a comparison of all parameters on days 0 and 21, we developed and used our own software system, which was based on mathematical algorithmization and transformation formulas on specific axes. All data were entered into a neural network to construct averaged values of the parameters of movement in space. This approach allows the doctor to evaluate the changes of each peak movement on three different axes. Furthermore, it is possible to summarize the athlete's movement parameters with the aid of artificial intelligence, thereby enabling the detection of changes in different axes on days 0 and 21. Insole model C-1 exhibited the following improvements: X-axis movement speed (+7.7%), Y-axis jump height (+17.3%), endurance (+3.1%), and a 1.43-fold enhancement in shock absorption. Insole model C-2 exhibited an 8.4% increase in X-axis travel speed, a 20.8% enhancement in Y-axis jump height, a 6.6% improvement in endurance, and a 1.48-fold enhancement in shock absorption. Insole model C-3 demonstrated an 13.5% surge in X-axis travel speed, a 22.4% surge in Y-axis jump height, a 9.5% surge in endurance, and a 1.53-fold enhancement in shock absorption.

**CONCLUSIONS:** The approximation of the data (median lines using an artificial intelligence algorithm) allows for the straightforward interpretation and comparison of various parameters, as well as the drawing of conclusions regarding the efficacy of individual sports CAD/CAM insoles. Additionally, it enables the assessment of changes in endurance, speed of movement during prolonged and intensive movement, and the reduction of the risk of impact loads on the musculoskeletal system of the athlete.

**Keywords:** data approximation; inertial measurement unit sensors; strain gauge; artificial intelligence algorithm; basketball.

#### To cite this article:

Barskova EM, Kuklev AD, Polukarov NV, Achkasov EE. Using artificial intelligence algorithms to approximate data from inertial measurement unit sensors and strain gauges in basketball players. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):30–33. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626858>

## REFERENCES

- Warden SJ, Edwards WB, Willy RW. Preventing Bone Stress Injuries in Runners with Optimal Workload. *Curr Osteoporos Rep*. 2021;19(3):298–307. doi: 10.1007/s11914-021-00666-y
- Hostrup M, Bangsbo J. Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports Med*. 2023;53(3):577–594. doi: 10.1007/s40279-022-01791-z
- Zhukova EV, Achkasov EE, Polukarov NV. Influence of the individual approach of conservative therapy of flatfoot on reducing the pain syndrome and improving the quality of life of patients. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019;5(93):74–80. EDN: ZKGTWQ
- Jonnala UK, Sankineni R, Ravi Kumar Y. Design and development of fused deposition modeling (FDM) 3D-Printed Orthotic Insole by using gyroid structure. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2023;145. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106005
- Nickerson KA, Li EY, Telfer S, Ledoux WR, Muir BC. Exploring the mechanical properties of 3D-printed multilayer lattice structures for use in accommodative insoles. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;150. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106309
- Daryabor A, Kobayashi T, Saeedi H, et al. Effect of 3D printed insoles for people with flatfeet: A systematic review. *Assist Technol*. 2023;35(2):169–179. doi: 10.1080/10400435.2022.2105438
- Danko M, Sekac J, Dzivakova E, Zivcak J, Hudak R. 3D Printing of Individual Running Insoles — A Case Study. *Orthop Res Rev*. 2023;15:105–118. doi: 10.2147/ORR.S399624
- Hasan H, Davids K, Chow JY, Kerr G. Compression and texture in socks enhance football kicking performance. *Hum Mov Sci*. 2016;48:102–111. doi: 10.1016/j.humov.2016.04.008
- Jandova S, Mendricky R. Benefits of 3D Printed and Customized Anatomical Footwear Insoles for Plantar Pressure Distribution. *3D Print Addit Manuf*. 2022;9(6):547–556. doi: 10.1089/3dp.2021.0002
- Hsu CY, Wang CS, Lin KW, et al. Biomechanical Analysis of the FlatFoot with Different 3D-Printed Insoles on the Lower Extremities. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9(10):563. doi: 10.3390/bioengineering9100563
- Jin H, Xu R, Wang J. The Effects of Short-Term Wearing of Customized 3D Printed Single-Sided Lateral Wedge Insoles on Lower Limbs in Healthy Males: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit*. 2019;25:7720–7727. doi: 10.12659/MSM.919400
- Grouvel G, Carcreff L, Moissenet F, Armand S. A dataset of asymptomatic human gait and movements obtained from markers, IMUs, insoles and force plates. *Sci Data*. 2023;10(1):180. doi: 10.1038/s41597-023-02077-3
- Menez C, L'Hermette M, Coquart J. Orthotic Insoles Improve Gait Symmetry and Reduce Immediate Pain in Subjects With Mild Leg Length Discrepancy. *Front Sports Act Living*. 2020;2:579152. doi: 10.3389/fspor.2020.579152
- Shi QQ, Li PL, Yick KL, Jiao J, Liu QL. Influence of Contoured Insoles with Different Materials on Kinematics and Kinetics Changes in Diabetic Elderly during Gait. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(19):12502. doi: 10.3390/ijerph191912502
- Wang B, Sun Y, Guo X, et al. The efficacy of 3D personalized insoles in moderate adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):983. doi: 10.1186/s12891-022-05952-z

16. Peebles AT, Ford KR, Taylor JB, et al. Using force sensing insoles to predict kinetic knee symmetry during a stop jump. *J Biomech.* 2019;95:109293. doi: 10.1016/j.jbiomech.2019.07.037

17. Costa BL, Magalhães FA, Araújo VL, et al. Is there a dose-response of medial wedge insoles on lower limb biomechanics in people with pronated feet during walking and running. *Gait Posture.* 2021;90:190–196. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.09.163

18. Zhukova EV, Achkasov EE, Polukarov NV, et al. Influence of the biomechanics of walking on the formation of foot pathologies. *Clinical Practice in Pediatrics.* 2018;13(4):91–97. EDN: VQBSBY doi: 10.20953/1817-7646-2018-4-91-97

## ОБ АВТОРАХ

**\* Куклев Александр Дмитриевич;**

ORCID: 0009-0004-8778-7244;

e-mail: kuklev\_a@list.ru

**Барскова Екатерина Михайловна;**

ORCID: 0000-0003-4683-795X;

eLibrary SPIN: 3988-7003;

e-mail: doc.barskova@gmail.com

**Полукаров Николай Викторович;**

ORCID: 0000-0002-5035-7265;

eLibrary SPIN: 1886-7044;

e-mail: nvpolukarov@mail.ru

**Ачкасов Евгений Евгеньевич;**

ORCID: 0000-0001-9964-5199;

eLibrary SPIN: 5291-0906;

e-mail: 2215.g23@rambler.ru

## AUTHORS' INFO

**\* Aleksandr D. Kuklev;**

ORCID: 0009-0004-8778-7244;

e-mail: kuklev\_a@list.ru

**Ekaterina M. Barskova;**

ORCID: 0000-0003-4683-795X;

eLibrary SPIN: 3988-7003;

e-mail: doc.barskova@gmail.com

**Nikolay V. Polukarov;**

ORCID: 0000-0002-5035-7265;

eLibrary SPIN: 1886-7044;

e-mail: nvpolukarov@mail.ru

**Evgeny E. Achkasov;**

ORCID: 0000-0001-9964-5199;

eLibrary SPIN: 5291-0906;

e-mail: 2215.g23@rambler.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author