

Распознавание кратковременных и продолжительных движений на основе данных инерциальных носимых сенсоров с использованием нейронных сетей

С. В. Сиволобов^{1*}

¹Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

*sivolobov@volsu.ru

Аннотация. Рассматривается проблема распознавания движений и положений тела человека путем анализа данных, получаемых с инерциальных измерительных модулей с помощью искусственных нейронных сетей. Особенностью данного исследования, в сравнении с другими, является использование для анализа движений значений только 5 угловых координат, заданных плоской пятизвенной моделью человека. Кроме того, помимо ходьбы, анализируются движения при выполнении спортивных упражнений, при этом распознаются как продолжительные, так и кратковременные движения (например, начало ходьбы или присаживание на стул). Распознавание движений используется в человеко-машинном интерфейсе, а также в спорте для оценки количества и техники выполнения упражнений. Анализ движений также применяется в медицине, например в процессе лечения болезни Паркинсона. Цель исследования заключается в разработке способа распознавания кратковременных и продолжительных движений по данным с инерциальных носимых сенсоров, не учитывающего положение тела вокруг вертикальной оси, с точностью распознавания свыше 98%. На теле человека посредством эластичных ремней крепятся 5 измерительных модулей. Один модуль размещается на груди человека, остальные закрепляются на боковых сторонах бедер и голеней. В каждом модуле используется микроэлектромеханический датчик MPU-6050, имеющий специализированный цифровой сигнальный процессор для обработки движений (DMP), используемый для осуществления предварительной обработки и фильтрации данных, поступающих непосредственно с трехосевого гироскопа и акселерометра. Затем данные с модулей по беспроводному каналу связи передаются на приемное устройство и далее на персональный компьютер, где происходит их окончательная обработка и хранение для последующей классификации. В процессе работы собран набор данных, содержащий помимо распространенных состояний (положение стоя и сидя, ходьба) упражнения, в осуществлении которых в первую очередь участвуют мышцы ног (приседания, зашагивания на скамью). С помощью видеосъемки, осуществляемой в процессе захвата движений, на полученных данных размечены участки, на которых совершаются движения. Для классификации движений использовалось несколько конфигураций нейронных сетей (полносвязные, сверточные, а также рекуррентные). Наибольшую точность совместного распознавания продолжительных и кратковременных движений ($F1$ составила 98–99%) удалось получить с помощью сверточных нейронных сетей. В ходе работы выяснилось, что на точность распознавания влияет длительность анализируемого фрагмента движения. Указанной точности удалось добиться при использовании двухсекундных фрагментов записи.

Ключевые слова: распознавание движений человека, машинное обучение, инерциальные носимые сенсоры, захват движений, походка человека, акселерометрический датчик, гироскопический датчик

Для цитирования: Сиволобов С.В. Распознавание кратковременных и продолжительных движений на основе данных инерциальных носимых сенсоров с использованием нейронных сетей // Прикладная информатика. 2026. Т. 21. № 3. С. 100–116. DOI: 10.37791/2687-0649-2026-21-3-100-116.

© Сиволобов С.В., 2026.

DOI: 10.37791/2687-0649-2026-21-3-100-116

Research article

Recognition of short-term and long-term movements based on inertial wearable sensors using neural networks

S. Sivolobov¹*¹*Volgograd State University, Volgograd, Russia***sivolobov@volsu.ru*

Abstract. The problem of recognizing human body activities by analyzing data obtained from inertial measurement units using artificial neural networks is considered. The feature of this study is using of only five angular coordinates defined by a planar five-link human model for movement analysis. Furthermore, in addition to walking, athletic exercises movements are analyzed. Both long-term and short-term movements (for example, Start of walking or sitting down) are recognized. Activities recognition is used in human-machine interfaces, as well as in sports, to assess the number and technique of performing exercises. Movement analysis is also used in medicine, for example, in the treatment of Parkinson's disease. The purpose of this work is to develop a method for recognizing short-term and long-term movements based on data from wearable inertial sensors, without the influence of vertical axis body position, with a recognition accuracy of over 98%. Five measuring modules are attached to the human body using elastic belts. One module is placed on the person's chest, the others are attached to the sides of the thighs and shins. Each module uses a microelectromechanical sensor MPU-6050 with a specialized digital signal processor for motion processing (DMP) used to pre-process and filter data coming directly from the 3-axis gyroscope and accelerometer. Then the data from the modules is transmitted wirelessly to the receiving device and then to a personal computer, where they are finally processed and stored for subsequent classification. In the course of the work, a data set was collected that, in addition to common states (standing and sitting positions, walking), included sports exercises that primarily involve the leg muscles (squatting, step-ups). Using video recording carried out during the motion capture process, the areas where the movements are performed were marked on the obtained data. Several neural network configurations (fully connected, convolutional, and recurrent) were used to classify the movements. The highest accuracy of combine recognition of long-term and short-term movements (98–99% *F1*-score) was achieved using convolutional neural networks. In the work process, it was found that the duration of the analyzed movement fragment has effect on recognition accuracy. This accuracy was achieved using 2-second recording fragments.

Keywords: human activity recognition, machine learning, inertial measurement unit, motion capture, human gait, accelerometric sensor, gyroscopic sensor

For citation: Sivolobov, S. (2026). Recognition of short-term and long-term movements based on inertial wearable sensors using neural networks. *Journal of Applied Informatics*, 21(3), 100–116. <https://doi.org/10.37791/2687-0649-2026-21-3-100-116>

© Sivolobov S., 2026.

Введение

Задача идентификации движений человека находится на стыке двух технологий: захвата движений и распознавания образов. Захват движений

позволяет получить информацию о перемещении тела человека и его отдельных сегментов. Одними из основных способов реализации захвата движений является оптический (Optical Motion Capture, ОМС) и на основе инерциальных носимых