

Метод анализа биомеханических параметров движения животного**Научный руководитель – Попов Максим Александрович****Шанаева Маргарита Владимировна***Студент (магистр)*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова, Москва, Россия*E-mail: shanaeva.margarita@mail.ru*

Задача распознавания режима активности является одной из ключевых в рамках разработки методики экзоскелетной реабилитации животных-компаньонов. Архитектура программно-аппаратного комплекса приведена на рисунке. Результаты измерений передаются на ПК в пакет MATLAB с датчиков на сохранных конечностях пациента с помощью Bluetooth LE.

Для определения режима «Покой» используется пороговый детектор, а режимы «Ходьба» и «Бег» детерминируются путем анализа основной гармонике, определяемой с помощью БПФ. Наиболее сложный режим «Прыжок» представляет наибольший интерес и трудность для анализа — для его детектирования используется комбинация порогового детектора и вейвлет-анализа [3-5]. Так, вейвлет-кросс-спектр определяется выражением (1):

$$S_{12}(a, b) = W_1(a, b) * W_2^*(a, b), \quad (1)$$

где: $W_1(a, b)$ — результат вейвлет-преобразования анализируемого сигнала, $W_2^*(a, b)$ — комплексно-сопряженное значение результата вейвлет-преобразования для опорного сигнала.

Величину вейвлет-когерентности можно определить согласно (2):

$$C(a, b) = \frac{S_{12}(a, b)}{\sqrt{S_1(a, b) * S_2(a, b)}}, \quad (2)$$

где: $S_1(a, b)$ — вейвлет-спектр мощности анализируемого сигнала, $S_2(a, b)$ — вейвлет-спектр мощности опорного сигнала.

Для определения момента запуска вейвлет-когерентного анализа [1-2] сигнал непрерывно обрабатывается пороговым детектором. При превышении пороговых значений начинается вычисление корреляции между измеренным образцом и эталоном. Если выражение (3) показывает величину корреляции выше пороговой на промежутке $[t_1, t_2]$, режим активности «Прыжок» обнаружен:

$$W_j = \int_{t_1}^{t_2} C(a, b) dt. \quad (3)$$

Апробация подтвердила корректное определение режимов активности в 89 % случаев. Одним из вариантов дальнейшего развития метода является переход к анализу сигналов с помощью нейросетей.

Источники и литература

- 1) Meyer B., et al. Corticomuscular coherence during upright standing in unilateral transfemoral amputees // Brain Communications. 2025. V.7(3):fcaf238.
DOI: 10.1093/braincomms/fcaf238.

- 2) Ni X, et al. Analysis of Wavelet Coherence in Calf Agonist-Antagonist Muscles during Dynamic Fatigue. // Life. 2024. V. 14(9): 1137. DOI: 10.3390/life14091137.
- 3) Rangaraj M., Krishnan S. Biomedical Signal Analysis. John Wiley & Sons, 2024.
- 4) Sonawani S., Patil K., Prabhu N. Biomedical signal processing for health monitoring applications: a review//International Journal of Applied Systemic Studies. 2023. V. 10(1). P. 44–69. DOI: 10.1504/IJASS.2023.129065.
- 5) Zaynidinov H., et al. Application of Daubechies Wavelets in Digital Processing of Biomedical Signals and Images // Intelligent Human Computer Interaction. 2024. V. 14531. P. 194–206. DOI: 10.1007/978-3-031-53827-8_19.

Иллюстрации

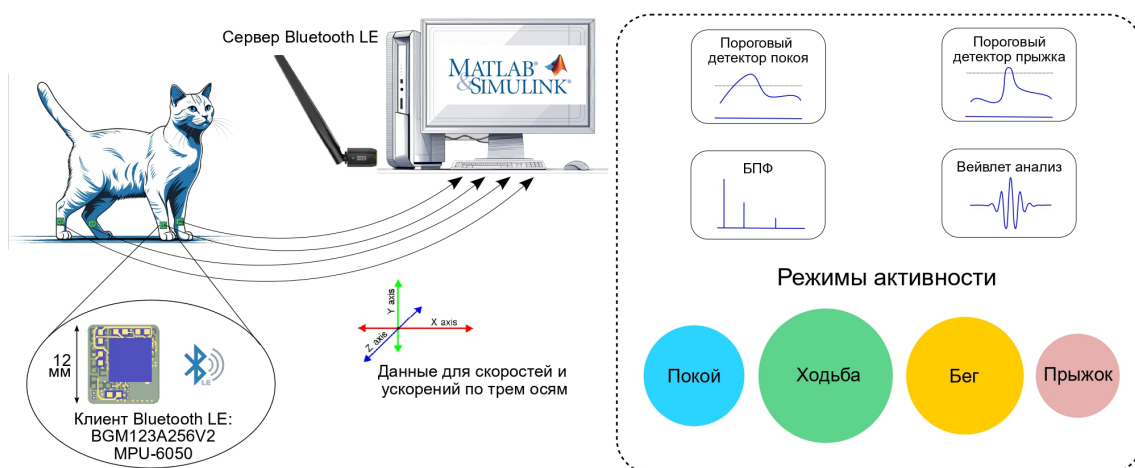


Рис. : Архитектура программно-аппаратного комплекса