

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНІ ОЗНАКИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТИВ ЗА МІОГРАФІЧНИМИ СИГНАЛАМИ: ГІБРИДНИЙ ПІДХІД

Раєвський Є.Є., Величко О.М.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків

Актуальність задачі розпізнавання жестів за електроміографічними (ЕМГ) сигналами зумовлена зростаючими вимогами до точності, стійкості та адаптивності систем керування протезами, роботизованими пристроями та інтерфейсами «людина–машина». Незважаючи на значні досягнення в застосуванні глибоких нейронних мереж, існують обмеження, пов'язані з потребою у великих обсягах навчальних наборів даних, високою чутливістю до індивідуальних особливостей користувачів і варіацій у розташуванні електродів. Так, згідно з [1], точність класифікації 17 жестів із використанням часових згорток та механізмів уваги склала 81,65%. У роботі [2] при класифікації восьми жестів було досягнуто точності 97%, однак продуктивність моделі помітно знижувалась при зменшенні тривалості вікна сигналу, що є критичним для реального часу.

В роботі запропоновано застосування мультифрактального спектрального аналізу (MF-DFA) як методу попередньої обробки ЕМГ-сигналів з метою виділення інформативних ознак поверхневої міографічної активності. Чисельні експерименти проведено на основі тестових сигналів [3], зареєстрованих під час виконання 17 різних жестів. У результаті мультифрактального аналізу побудовано спектри, з яких було відокремлено ключові параметри: ширину спектра, положення максимуму та асиметрію, що були використані для формування навчального та тестового наборів даних. Класифікацію жестів реалізовано за допомогою нейронної мережі прямого поширення з одним прихованим шаром (32 нейрони) та функцією активації ReLU. За результатами тестування досягнуто точності 93%, що є конкурентним показником з огляду на кількість класів і використання лише статистичних характеристик спектра.

Отримані результати підтверджують ефективність мультифрактального аналізу для зниження розмірності ознак і підвищення стійкості класифікації. Запропонований підхід може бути адаптований для розробки практичних інтерфейсів розпізнавання жестів у режимі реального часу.

Література:

1. Hand Gesture Recognition Using Temporal Convolutions and Attention Mechanism / E. Rahimian et al. ICASSP 2022 - 2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Singapore, Singapore, 23–27 May 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/icassp43922.2022.9746174> (date of access: 23.04.2025).
2. Cho R., Puli S., Hwang J. Differentiating hand gestures from forearm muscle activity using machine learning. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2024. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2383021> (date of access: 23.04.2025).
3. Jiang N., Pradhan A., He J. Gesture Recognition and Biometrics ElectroMyogram (GRABMyo). *PhysioNet*. URL: <https://physionet.org/content/grabmyo/1.1.0/> (date of access: 23.04.2025).