

УДК 57.087: 531.768

М.О. Костицький, студент гр. ПБ-92мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ КІНЦІВКИ ПАЦІЄНТА

Анотація. У даній статті наведено огляд методів визначення положення верхньої кінцівки людини і їх вплив на класифікацію жестів кисти руки, в результаті якого запропоновано впровадження у вимірювальну систему трьохосового гіроскопа.

Ключові слова: поверхнева електроміографія, акселерометр, гіроскоп, визначення положення руки, визначення жестів руки.

ВСТУП

Сучасні інтерфейси типу «людина-машина» це системи, які дозволяють поєднати керування комп'ютером та периферійними системами із біологічними сигналами людського організму. Одним із основних методів вимірювання таких сигналів є метод поверхневої електроміографії (пЕМГ). По суті своїй, пЕМГ – це біопотенціали, що генеруються в процесі скорочення м'язів у процесі виконання фізіологічних дій, та які можна використовувати для інтуїтивного, природного зв'язку з електронними технологіями. Поєднання пЕМГ та інтерфейсів «людина-машина» широко застосовується для управління протезами. При цьому, існує дві основні стратегії такого управління, а саме: схеми управління без розпізнавання патернів та з їх розпізнаванням. За допомогою розпізнавання патернів забезпечується рухоме протезування верхніх кінцівок, що робить протези багатофункціональними. Перша схема управління на основі розпізнавання образів була розроблена ще на початку 1970-х років. З розвитком електронних технологій та вбудованих систем, практичне застосування таких схем лише підвищувалось. Хоча високої точності класифікації (> 90%) можна досягти за наявності 10 типів рухів кисти [1], все ще існує велика різниця між практичним використанням подібних систем та їх тестуванням в ідеальних умовах лабораторії. Основними факторами, що знижують точність розпізнавання міоелектричного сигналу, є зсув електродів внаслідок їх знімання та одягання, мінливість характеристик ЕМГ з часом, втомлюваність м'язів і зміна положеннях кінцівки у просторі [2].

Метою цієї роботи є аналіз існуючих систем визначенням положення кінцівок пацієнта для підвищення точності класифікації жестів.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ

Дослідження щодо впливу положення кінцівки на точність класифікації рухів, що базується на розпізнаванні образів, розпочалися ще з 2010 року. Зокрема, досить низькі показники точності класифікації була отримано, в результаті порівняння тренувальних і тестувальних даних при різних положеннях кінцівки. Для того, щоб вирішити це завдання, дослідниками [1] було запропоновано вимірювання сигналів при розміщенні акселерометрів над плечовою кісткою і передпліччям пацієнта. Як наслідок, похибка точності класифікації різко зменшилася порівняно із однокомплектним методом класифікації, без використання просторової складової.

Xu Zhang та Xiang Chen у роботі [3] представили систему розпізнавання жестів руки на основі поєднання інформації з тривісного акселерометра та декількох ЕМГ-каналів. У цьому дослідженні, початкові та кінцеві точки значущих сегментів жестів визначаються автоматично, за інтенсивністю ЕМГ-сигналів, а дані з акселерометра використовувались для фіксації переміщень. Для отримання кінцевих результатів використовувалась класифікація за методом дерев рішень та багатопотокові приховані моделі Маркова. При цьому, експериментальні результати щодо класифікації 72 слів китайської мови жестів показали точність розпізнавання вище 95%, а включення додаткових датчиків акселерометра демонструють підвищують загальну ефективність та точність цілої системи.

В той же час Yang Yu та Xinjun Sheng у роботі [4] провели дослідження впливу зміни положення кінцівки на класифікацію рухів за допомогою розпізнавання шаблонів методом лінійного дискримінаційного аналізу (ЛДА). Експерименти проводились у п'яти різних положеннях кінцівки та семи типах рухів рук для кожного положення. В даній роботі було застосовано класифікатор ЛДА, який поєднував параметри ЛДА і для інших позицій кінцівки. Результати показали, що класифікатор із змішаними параметрами ЛДА показав себе краще, ніж класифікатор з одним набором параметрів, без використання даних про просторове положення. Отримана точність класифікації 93,6% для п'яти положень руки свідчить про те, що використання інформації про зміни положення кінцівки може бути перспективним способом ослаблення окремих дестабілізуючих впливів.

У статті [5] за мету роботи ставилось дослідження того, чи доповнюють дані з двохосового акселерометра систему класифікації на основі пЕМГ при розпізнавання жестів руки. Експериментальну частину дослідження було розроблено таким чином, щоб зібрати максимальну кількість даних про жести за допомогою обох методів вимірювання та порівняти їх ефективність при виконанні набору жестів зап'ястя та пальців. Тести на розпізнавання проводились із використанням різних підмножин інформації: даних акселерометра та пЕМГ окремо, а також при комбінованому використанні даних із датчиків. Експериментальні результати показали, що поєднання датчиків пЕМГ та акселерометрів дозволило на 5-10% покращити точність розпізнавання жестів рук порівняно з тією, що отримана виключно за допомогою датчиків пЕМГ. Варто зазначити, що у випадку рухів зап'ястя дані прискорення та поверхневої ЕМГ ефективно класифікують жести, проте для рухів пальців датчики прискорення не несуть високої інформативності.

У роботі [6] Xinjun Sheng та Weichao Guo за рахунок поєднання сигналів ЕМГ зап'ястя та акселерометрів реалізували схему розпізнавання рухів пальців при двох рівнях сили дотику до поверхонь. При цьому, аналіз сигналів проводився за допомогою дискретних Фур'є-характеристик, а оцінювання проводилось результатів проводилось для восьми здорових суб'єктів при ідентифікації п'яти жестів пальців, що виконувались з однаковою силою у двох площинах. Експериментальні результати показують, що поєднання параметрів ЕМГ-сигналу та акселерометрії дозволяє покращити результати розпізнавання

(до показника 85,77%) для жестів пальців із двома рівнями сили натискання на поверхню, порівняно із розрахунками отриманими виключно для параметрів ЕМГ (80,65%) чи сигналу акселерометру (56,86%).

Je Yang та Roman Kusche у роботі [7] оцінили ефективність трьохосового акселерометра, як джерело додаткової інформації для класифікації жестів руки на основі сигналів ЕМГ. Сигнал акселерометра був відфільтрований і підсилений, а експерименти проводились з використанням обох видів сигналів сумісно із алгоритмом машинної класифікації на основі методу опорних векторів. Класифікація рухів (згинання зап'ястя, розгинання зап'ястя, згинання ліктьового суглобу та захоплення кисті), була проведена із різними показниками точності: для експериментів за допомогою лише трьохосового акселерометра – $91,81 \pm 2,76\%$, тоді точність для сигналів акселерометра у поєднанні з сигналами ЕМГ становила $96,06 \pm 2,42\%$.

Отже, згідно з розглянутою інформацією, поєднання сигналів, які свідчать про просторове положення кінцівки сумісно з ЕМГ-сигналами є ефективним рішенням для підвищення точності класифікації жестів у галузі протезування.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

У вищезазначених дослідженнях для вирішення завдання підвищення точності класифікації жестів та визначення просторового положення кінцівки використовується або додавання нових видів датчиків до існуючої системи, або реєстрація більшої кількості даних з декількох позицій кінцівки. Як показують практичні результати, це позитивно впливає на точність розпізнавання жестів руки, підвищуючи її показники, в середньому на 5-10%. Тому, можна припустити, що включення такого типу даних до загальної системи протезного пристрою, повинне призвести до додаткового підвищення ефективності розпізнавання жестів. У якості таких даних пропонується використовувати сигнали трьохосового гіроскопа, який буде детектувати орієнтацію руки в просторі і тим самим збільшить кількість інформації про її положення. У подальших дослідженнях автором планується порівняння результатів класифікації жестів руки у системах без інформації про орієнтацію руки в просторі (з гіроскопа) та із її впровадженням у алгоритм машинного навчання. В результаті цього можна буде встановити доцільність використання гіроскопів у сучасних системах керування біонічних протезах рук та ніг, а також обмеження і особливості їх застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Yanjuan Geng, Liang Chen, Lan Tian, and Guanglin Li. «Comparison of Electromyography and Mechanomyogram in Control of Prosthetic System in Multiple Limb Positions». *International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI 2012) Hong Kong and Shenzhen, 2-7 Jan 2012*: p. 788 – 791
- [2] Vonsevych, K. (2017). Information-measuring system of myograph of bionic limb prosthesis. *Perspektyvni Tekhnolohii ta Prilady*, 10(1), 32-37.
- [3] Xu Zhang, Xiang Chen, Associate Member, Yun Li, Vuokko Lantz, Kongqiao Wang, and Jihai Yang. «A Framework for Hand Gesture Recognition Based on

- Accelerometer and EMG Sensors». *IEEE Transaction on systems, man, and cybernetics —part A: systems and human*, vol. 41, no. 6, November 2011: p. 1064 – 1076
- [4] Yang Yu, Xinjun Sheng, Weichao Guo and Xiangyang Zhu. «Attenuating the Impact of Limb Position on Surface EMG Pattern Recognition Using a Mixed-LDA Classifier». *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics December 5-8, 2017, Macau SAR*: 1497 – 1502
- [5] Xiang Chen, Xu Zhang, Zhang-Yan Zhao, Ji-Hai Yang. «Hand Gesture Recognition Research Based on Surface EMG Sensors and 2D-accelerometers». *11th IEEE International Symposium on Wearable Computers, 11 - 13 Oct. 2007, Boston*.
- [6] Xinjun Sheng, Weichao Guo, Xiangyang Zhu, and Han Ding. «Towards Finger Gestures and Force Recognition Based on Wrist Electromyography and Accelerometers». *International Conference on Intelligent Robotics and Applications, Wuhan, August 2017*: n.p., 2017. Web
- [7] Jie Yang, Roman Kusche, Martin Ryschka, Chunming Xia. «Wrist Movement Detection for Prosthesis Control using Surface EMG and Triaxial Accelerometer». *10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI 2017)*: n.p., 2017. Web.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Тимчик Г.С.