

УДК 004.048: 615.471

Малахова О. Ю., студентка

Наукові керівники: Чумак В.С., асистент кафедри МТС

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-020X>

Воргуль О.В., доцент кафедри МТС

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7659-8796>

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

МЕТОД МАШИННОГО НАВЧАННЯ В АПАРАТНО-ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ

Даними машинного навчання в апаратно-програмних комплексах розпізнавання жестів є дії або рухи частин тіла людини з певним значенням, які використовуються для передачі інформації або вираження емоцій. Жест є повноцінним знаковим символом та існує на одному рівні з іншими способами комунікації і тому, існує широкий спектр застосування технології розпізнавання жестів, серед яких управління жестами у віртуальній реальності, робототехніка й телеприсутність, розробка ігор керованих рухами, можливість природної взаємодії з комп'ютерами без будь-якого фізичного контакту. Доцільно виділити те, що розпізнавання жестів широко використовуються в медицині для відновлення втрачених рухових функцій і протезування у пацієнтів [1].

Машинне навчання в таких системах значною мірою покладається на дані, що дає змогу навчання алгоритмів. В залежності від задачі можна використовувати різні методи машинного навчання. Серед таких виділяють: розпізнавання позиції і орієнтації за допомогою моментів зображення; розпізнавання рухів на основі аналізу різниць зображень; розпізнавання конфігурації на основі аналізу гістограм напрямків; розпізнавання конфігурації і позиції із застосуванням кольорових; рукавичок; розпізнавання жестів руки із застосуванням штучних нейронних мереж; розпізнавання жестів руки із застосуванням прихованих моделей маркова; метод розпізнавання жестів руки на основі аналізу тривимірної моделі руки.

Для систем розпізнавання жестів, заснованих на методах обробки зображень, вкрай важливо, щоб положення руки було безпосередньо в межах огляду камер, що ускладнює їх використання в непідготовлених умовах та ускладнює апаратну базу. Використання епідермальних тактильних датчиків, розташованих на зап'ястку також неефективно, оскільки цей метод менш точний у розпізнаванні рухів пальців [2].

Одним з найбільш перспективних методів отримання інформації про жести є електроміографія (ЕМГ). Отримані сигнали є вхідними даними для методів класифікації жестів. Перевагами систем розпізнавання жестів на основі ЕМГ є малі масогабаритні параметри та можливість реалізації таких систем у вигляді портативних пристроїв [3, 7, 10-11].

Обробка даних у таких системах вимагає інтенсивного вирішення задач ЦОС та великої кількості каналів, з чим справляються ПЛІС Xilinx 7 серії, які мають високошвидкісну смугу пропускання, велику кількість логічних

елементів, низьке енергоспоживання та високу продуктивність, що дозволяє реалізувати достатню кількість паралельно працюючих нейронів з високою швидкістю обчислень [5-9].

Пристрій реєстрації ЕМГ-сигналу м'язів руки, загалом, включає в себе електроди і ЕМГ-датчик, з'єднаний з кристалом і блоком живлення. Сигнал, що знімається з поверхні тіла людини, надходить на ЕМГ датчик, посилюється, фільтрується та надходить на ПЛІС, після чого, здійснюючи АЦП-перетворення, обробляється та може зберігатись на накопичувачі, ПК або бути переданим до лікарняної бази для подальшої обробки [7, 10-11].

Розпізнавання жестів ґрунтується на обробці ознак, що характеризують їх. Отримані ЕМГ-датчиком дані попередньо фільтрують, з відфільтрованого сигналу виділяються знаки, потім отримані ознаки подаються на класифікатор, який співвідносить рух руки з жестом. До методів машинного навчання в апаратно-програмному комплексі для розпізнавання жестів на основі біосигналів з датчика ЕМГ відносять метод k-найближчих сусідів, лінійний дискримінантний аналіз, бінарну класифікацію.

Метод k-найближчих сусідів, заснований на визначенні класу, якому належить більшість подібних.

Інший метод: лінійний дискримінантний аналіз (ЛДА) що є методом пошуку комбінації ознак, яка характеризує чи поділяє об'єкти на два або більше класи.

Бінарна класифікація моделює залежності вихідної бінарної змінної за набором вхідних ознак з використанням логістичної регресії, що проводиться за допомогою логістичної функції, значенням якої є ймовірність належності об'єкта до класу.

До статистичних методів машинного навчання належать, байесовський класифікатор, дерево рішень та прихована марківська модель.

Байесовський класифікатор заснований на теоремі Байєса, характеризується низьким ступенем складності та малим часом роботи, а також може використовуватись з даними великого обсягу.

Дерево рішень є деревоподібним графом, що складається з вузлів і ребер («гілок»), у яких записані ознаки. Передбачається приналежність об'єкта до тієї чи іншої категорії цільової змінної в залежності від відповідних значень ознак.

Прихована марківська модель використовується для роботи з тимчасовими даними. Є необхідність побудови правильної архітектури моделі, яка відповідає конкретному завданню.

Точність класифікації залежить від використаних методів розпізнавання, а точність розпізнавання розглянутих вище методів залежить у свою чергу, від об'єму даних. Для покращення результату машинного навчання в апаратно-програмному комплексі доцільно враховувати похибки обробки даних на кожному етапі їх отримання та комбінувати методи їх класифікації.

Список літератури

1. Byun S. W., Lee S. P. Implementation of Hand Gesture Recognition Device Applicable to Smart Watch Based on Flexible Epidermal Tactile Sensor Array // *Micromachines*. — 2019. — Vol. 10, No. 10. — P. 692. — DOI: 10.3390/mi10100692\

2. Lee A., Cho Y., Jin S., Kim N. Enhancement of surgical hand gesture recognition using a capsule network for a contactless interface in the operating room // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. — 2020. — Vol. 190. — P. 105385. — DOI: 10.1016/j.cmpb.2020.105385

3. Mor B., Garhwal S., Kumar A. A Systematic Review of Hidden Markov Models and Their Applications // *Archives of computational methods in engineering*. — 2020. — DOI: 10.1007/s11831-020-09422-4

4. В.С. Чумак, І.В. Свид. Перспектива використання продукта FPGA в медичинських системах. // XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (19–22 листопада 2019 року): матеріали конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – С. 288-289.

5. Чумак В. С. Реализация структуры нейронных сетей на FPGA / Чумак В.С., Свид І.В. // *Наука, технології, інновації: тенденції розвитку в Україні та світі: матеріали міжнародної студентської наукової конференції, 17 квітня, 2020 рік*. – Харків, Україна: Молодіжна наукова ліга. –Т.2– С. 30-32.

6. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // *II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA)*, Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

7. V. Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N. Boiko. Features of the Design of a Telemedicine Complex of a Wide Profile Based on FPGA. // *III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA)*, Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 41-42, doi: 10.35598/mcfpga.2021.014.

8. Чумак В. С. Поточне обчислення двійкового логарифму для ПЛІС Artix-7 та синтезатора Vivado / В. С. Чумак, І. В. Свид, Н. В. Бойко // III форум «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2021. – Харків, ХНУРЕ, 2021. – С. 54-55.

9. Чумак В.С. Особливості реалізації вузла швидкого перетворення фур'є на пліс архітектури FPGA / В. С. Чумак, І. В. Свид // *Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : материалы 25-го Междунар. молодеж. форума, 20–22 апр. 2021 г.* – Харьков : ХНУРЭ, 2021. – Т. 3. – С. 187–188.

10. Аналіз принципів побудови телемедичних комплексів широкого призначення / В. С. Чумак, О. Г. Аврунін, Є. А.Чугуй, І. В. Свид // *АСУ та прилади автоматики*. 2021. № 177. С. 80-85.

11. V. Semenets, V. Chumak, I. Svyd, O. Zubkov, O. Vorgul, N.a Boiko. Designing the Structure of a General-Purpose Telemedicine Complex. // *III International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA)*, Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 47-48, doi: 10.35598/mcfpga.2021.016.