

УДК 796: 617.572-053.8-085

**Коренівська О.Л., к.т.н., доцент,
Бenedицький В.Б., ст. викладач,
Сергійчук М.В., здобувач,
Галанзовська В.О., здобувач**

Державний університет «Житомирська політехніка»

СИСТЕМА ГІБРИДНОГО КЕРУВАННЯ ПРОТЕЗОМ ВЕРХНЬОЇ КІНЦІВКИ

Сучасні протези верхніх кінцівок дедалі більше наближаються за функціональністю до біологічної руки, проте одним з ключових обмежень залишається ефективність системи керування. Традиційні підходи, що реалізують біоелектричне або міотонічне керування протезом, залежать від якості залишкової м'язової активності та часто мають низьку точність через шум сигналів, втому м'язів, складність калібрування або фізіологічні обмеження користувача.

У зв'язку з цим спостерігається потреба в гібридних системах керування, які об'єднують кілька каналів взаємодії людини з протезом. Такий комплексний підхід дозволяє компенсувати недоліки окремих технологій та забезпечити більшу надійність та точність виконання рухів, кращу адаптацію до стану користувача (при м'язовій втомі можна переключитися на голосове або зорове керування) тощо.

У роботі [1] описано переваги та недоліки різних альтернативних способів керування протезами кінцівок. В даній публікації розглянемо подальшу розробку та синтез гібридної системи керування протезом (рис. 1), яка поєднує три незалежні канали керування: міотонічний, голосовий та комп'ютерний зір.

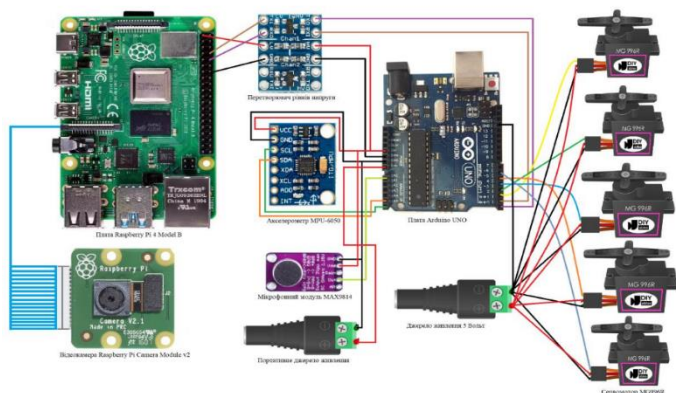


Рисунок 1 – Структура гібридної системи керування протезом

В основі системи взаємодія Raspberry Pi 4, Arduino UNO, набору сенсорних модулів та сервоприводів MG996R/MG958R.

Raspberry Pi виступає центральним модулем логіки та штучного інтелекту і забезпечує обробку даних: голосове розпізнавання, обробку зображення з камери та реалізацію алгоритмів комп'ютерного зору. Відеокамера Raspberry Pi Camera V2 використовується для аналізу жестів, позиції предметів та визначення цільових траєкторій.

Мікрофонний модуль MAX9814 сприймає голосове керування.

Акселерометр MPU-6050 забезпечує стабілізацію руху та аналіз мікроколивань для підвищення плавності керування.

Міотонічний модуль реєструє електроміотонічний сигнал м'язів для прямого керування захватом.

Arduino UNO виконує роль низькорівневого контролера, який отримує команди від Raspberry Pi та перетворює їх у сигнали керування сервоприводами кисті протеза. Приводи MG996R/MG958R реалізують рухи пальців, кисті та зап'ястя.

Залежно від режиму система розпізнає: об'єкти, жести, положення руки та орієнтацію предмета, траєкторію руху, відстань до цілі. Такий підхід дозволяє підвищити точність, зручність та адаптивність роботи протеза для користувача, а також забезпечує резервування в разі відмови одного з каналів керування.

Розроблена система забезпечує природніші рухи протеза, розширює функціональні можливості кінцівки та підвищує рівень автономності користувача. Гібридне керування створює основу для інтелектуальних протезів нового покоління з високим ступенем інтерактивності та адаптивності, у поєднанні з алгоритмами штучного інтелекту дозволяє не лише виконувати команди, а й аналізувати оточення, прогнозувати рухи та забезпечувати напівавтономні дії. Такі системи відкривають шлях до створення протезів, які не просто виконують команди, а здатні розуміти контекст, передбачати дії та взаємодіяти із навколишнім середовищем на рівні справжньої кінцівки.

Список використаних джерел:

1. Сергійчук М.В., Галанзовська В.О., Коренівська О.Л., Бенедицький В.Б. Способи керування протезом з використанням штучного інтелекту. Тези XV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології», 28 – 29 березня 2025 року. Житомир : «Житомирська політехніка», 2025. С. 252-253..

2. Сергійчук М.В. Розробка гібридної системи керування біонічним протезом руки. Кваліфікаційна робота. Житомир. 2025. – 64 с.