

Орел А.Б., Муравська І.О., Лепеха В. В., Лінчевський І.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
orel.a.b.-zm51@edu.kpi.ua, muravska.i.o.-zm51@edu.kpi.ua,
lepekha60@gmail.com, igorvl2009@gmail.com

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО ВВЕДЕННЯ ТЕКСТУ ЛЮДЬМИ З ЗАХВОРЮВАННЯМИ МОТОРНОЇ СИСТЕМИ

***Анотація:** У сучасних умовах зростання захворювань моторної системи людини, спричинених соціальними та екологічними факторами, постає питання забезпечення безбар'єрного існування для осіб з есенціальним тремором та протезованою верхньою кінцівкою. Однією з найбільш актуальних проблем у повсякденному житті є введення тексту на сенсорних пристроях через погіршену координацію кисті та пальців, що ускладнюється мимовільними скороченнями м'язів. Використання голосового вводу не завжди є доцільним, наприклад, через необхідність збереження конфіденційності повідомлень, наявність фонового шуму або перебування у місцях, де потрібна тиша. Враховуючи всі ці фактори, актуальною є ідея розробки системи, яка перетворює жести у відповідні літери, враховуючи і усуваючи похибки, спричинені тремором, і потребу використання голосового вводу.*

***Abstract:** In today's conditions of increasing diseases of the human motor system caused by social and environmental factors, the question arises of ensuring a barrier-free existence for persons with essential tremors. One of the most pressing issues in everyday life is text input on devices due to impaired coordination of movements, compounded by involuntary muscle contractions. The use of voice input is not always appropriate, for example, due to the need to maintain the confidentiality of messages, the presence of background noise, or*

being in places where silence is required. Taking into account all these factors, the idea of developing such a system that is able to solve the problem arises.

Ключові слова: *жестове введення, розпізнавання жестів, цифрова інклюзія, есенціальний тремор, ампутація верхніх кінцівок.*

Key words: *gestural input, gesture recognition, digital inclusion, essential tremor, amputation of upper limbs.*

Моторний тремор є поширеним симптомом, пов'язаним із такими неврологічними станами, як хвороба Паркінсона, есенціальний тремор та розсіяний склероз. Він суттєво впливає на дрібну моторику, роблячи традиційні методи введення тексту складними, повільними та схильними до помилок.

Жестове введення тексту постає перспективною альтернативою традиційному друкуванню, дозволяючи користувачам вводити текст за допомогою безперервного руху, а не дискретних натискань клавіш. Проте більшість існуючих систем жестового введення розроблені для користувачів зі стабільним моторним контролем і не є стійкими до мимовільних рухів, які спричинює тремор.

Цей проєкт спрямований на усунення цієї прогалини шляхом розробки та оцінки підходу до введення тексту, спеціально адаптованого до моторних патернів, спричинених тремором.

Моторний тремор визначається як мимовільний ритмічний коливальний рух частини тіла, що виникає внаслідок почергового або синхронного скорочення груп м'язів-антагоністів. Згідно з Елбле [1], тремор виникає через коливальну активність у системі управління моторикою, що охоплює як периферичні, так і центральні нейронні механізми. Ці ритмічні скорочення м'язів відбуваються незалежно і накладаються на цілеспрямовані рухові дії, що викривляє траєкторії руху.

Частота м'язових скорочень при треморі варіюється залежно від його

типу та індивідуальних особливостей пацієнта. В роботі [1] зазначено, що фізіологічний та есенціальний тремор зазвичай мають частоту в діапазоні приблизно 4–12 Гц, і це відповідає кільком циклам коливань на секунду. Есенціальний тремор, зокрема, характеризується відносно стабільною частотою та амплітудою під час виконання тривалих поступальних або кінетичних завдань [2].

Есенціальний тремор є одним із найпоширеніших розладів рухової активності й передусім вражає верхні кінцівки, особливо під час виконання довільних дій [2]. Есенціальний тремор – це не просто перебільшена форма фізіологічного тремору, а окремий неврологічний стан зі специфічними часовими та спектральними властивостями. Амплітуда тремору часто зростає під час цілеспрямованого руху, що робить завдання на дрібну моторику особливо складними.

В інтерактивних системах, які покладаються на безперервне введення даних за допомогою руху, тремор проявляється як структурований періодичний шум. Регулярність частоти тремору дає підстави вважати, що алгоритми обробки сигналів та розпізнавання можуть потенційно відокремити мимовільні осциляції від навмисних жестів. Це створює теоретичне підґрунтя для розробки методів розпізнавання жестів, стійких до тремору, що має пряме відношення до створення доступних систем введення тексту для таких користувачів [1,2].

Manuscriptum – це система розпізнавання жестів у формі рукавички, яка перетворює рух у текстовий формат. Кожен жест зіставляється з базою даних на основі значень, отриманих від п'яти датчиків вигину, що розташовані на рукавичці в ділянці пальців. Отримані дані передаються дротовим способом до інтегрованого мікроконтролера класу ESP, який фіксує цю зміну як падіння напруги через аналого-цифровий перетворювач і виконує всі основні обчислювальні операції (Рис.).

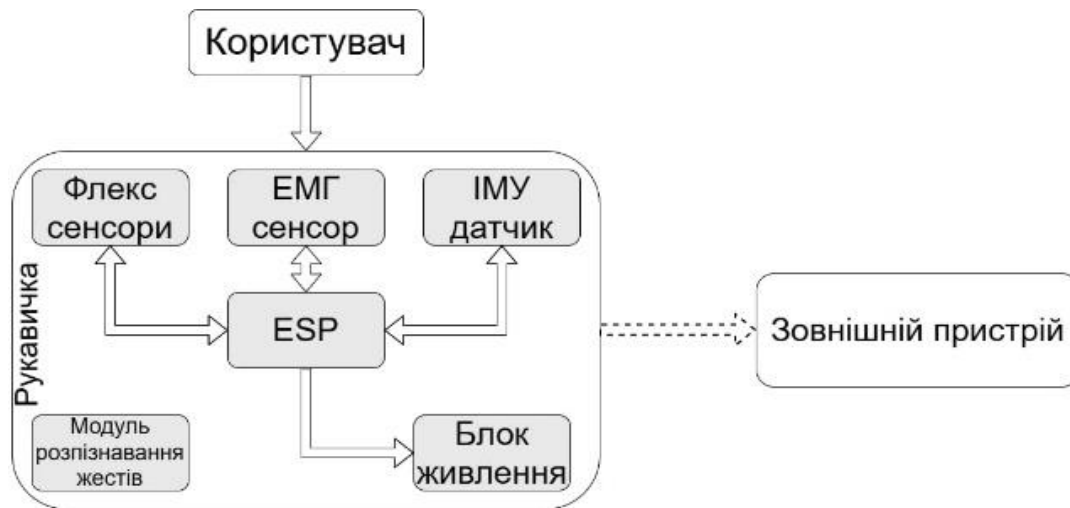


Рис. Принцип роботи рукавички

Робота пристрою базується на алгоритмі комплексної обробки даних про згинання пальців та просторове положення кисті. Зміна показників з датчиків вигину математично інтерпретується у відсоткове значення згинання пальця. Положення кисті додатково визначається за допомогою ІМУ. Цей модуль фіксує кінематичні параметри: лінійне прискорення за допомогою акселерометра та кутову швидкість завдяки гіроскопу. Для усунення гіроскопічного дрейфу та стабілізації просторових координат застосовуються алгоритми злиття даних, такі як комплементарний фільтр або фільтр Калмана. Оскільки частота мимовільних м'язових скорочень при треморі становить 4–12 Гц, ключовим завданням цифрової обробки сигналів є відокремлення корисного руху від періодичного високочастотного шуму. Для цього в системі реалізована математична фільтрація, що дозволяє згладжувати осциляції та підвищувати завадостійкість системи. Важливою особливістю системи є динамічна структура бази даних: вона може постійно поповнюватися за допомогою алгоритмів машинного навчання.

Для класифікації багатовимірних нелінійних даних використовуються відповідні математичні моделі, що дозволяє з високою точністю враховувати індивідуальні особливості (моторику) кожного користувача.

База побудована на основі власної розробленої системи жестів, яка не пов'язана з офіційною українською жестовою мовою (УЖМ), і повністю охоплює всі літери українського алфавіту.

Наразі передача даних та перетвореного тексту здійснюється через дротове з'єднання. У подальшому планується інтеграція технології Bluetooth для бездротової передачі тексту на пристрої.

Таким чином, Manuscriptum має потенціал стати універсальним інструментом комунікації для людей із різними типами моторних або сенсорних обмежень. Подальша розробка дозволить не лише забезпечити повне відтворення українського алфавіту і розділових знаків, а й адаптувати систему до індивідуальних потреб користувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. McAuley, J., Marsden, C. (2000) Physiological and pathological tremors and rhythmic central motor control *Brain*, Volume 123, Issue 8, p. 1545–1567. <https://doi.org/10.1093/brain/123.8.1545>
2. Elble, R. J. (2013). What is essential tremor? *Current neurology and neuroscience reports*, 13(6), 353. <https://doi.org/10.1007/s11910-013-0353-4>
3. Chen, Q. (2024) Design of Human–Computer Interaction Gesture Recognition System Based on a Flexible Biosensor. *Int J Comput Intell Syst*1, 7, 180. <https://doi.org/10.1007/s44196-024-00588-4>