

УДК 000.4+004.62

## РОЗРОБКА ВЕБ-СЕРВІСУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВИКОНАННЯ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Р. В. Якимів<sup>1</sup>, Ю. Є. Кинаш<sup>2</sup>, М. Р. Семенів<sup>3</sup>, Н. О. Кустра<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С. Бандери, 28а, Львів, 79013, Україна

<sup>2</sup> Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С. Бандери, 28а, Львів, 79013, Україна  
e-mail: yurii.y.kynash@lpnu.ua

<sup>3</sup> Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С. Бандери, 28а, Львів, 79013, Україна

<sup>4</sup> Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С. Бандери, 28а, Львів, 79013, Україна

У статті представлено розробку веб-сервісу для аналізу фізичних вправ з використанням технологій комп'ютерного зору. В статті подано актуальність розробки, аналіз подібних систем для відстеження вправ, обґрунтування вибору інструментальних засобів розробки, етапи реалізації програмного рішення та приклади тестування системи. Для розробки використано мову програмування Python, бібліотеки MediaPipe та OpenCV для аналізу пози людини у реальному часі, а також фреймворк Streamlit для створення веб-інтерфейсу. Розроблена система підраховує кількість повторень вправи, аналізує кути суглобів. Практичним значенням розробленої системи є можливість вдосконалення процесу домашніх тренувань, що сприяє підвищенню якості та ефективності фізичних навантажень.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, оцінка пози тіла, MediaPipe, OpenCV, Streamlit, аналіз вправ.

**Постановка проблеми.** Сучасний ритм життя суттєво обмежує можливості людей відвідувати спортивні зали та користуватися послугами персональних тренерів. Водночас неправильне виконання фізичних вправ без належного контролю може призвести до травм і зниження ефективності тренувань. Цифровізація сфери охорони здоров'я та фітнесу відкриває нові можливості для створення інтелектуальних систем, здатних замінити або доповнити роботу тренера. Задачею дослідження є розробка програмної системи, що використовує технології комп'ютерного зору для автоматичного розпізнавання пози користувача, підрахунку повторень вправ та аналізу правильності їх виконання у реальному часі. Реалізація завдання передбачає використання бібліотеки MediaPipe для визначення ключових точок тіла, бібліотеки OpenCV для обробки відеопотоку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розвиток технологій комп'ютерного зору та машинного навчання стимулює появу нових рішень для автоматизованого

аналізу фізичних вправ. Дослідники активно вивчають можливості застосування систем оцінки пози тіла у фітнес-застосунках [1, 2]. Розглянемо основні існуючі програмні рішення.

**Fitbod** — застосунок для планування тренувань, що використовує алгоритми машинного навчання для персоналізації навантажень [3]. До переваг належить адаптація програми тренувань відповідно до прогресу користувача та рівня втоми м'язів. Проте система не виконує аналіз техніки виконання вправ у реальному часі та потребує ручного введення даних.

**Nike Training Club** — комплексна фітнес-платформа з відеоінструкціями вправ та планами тренувань [4]. Перевагою є якісний відеоконтент і широка база вправ. Недоліком є відсутність автоматичного аналізу пози користувача та зворотного зв'язку щодо правильності виконання рухів.

**Freeletics** — AI-платформа для домашніх тренувань, що адаптує навантаження під рівень підготовки [5]. Система генерує персоналізовані плани, однак не використовує комп'ютерний зір для аналізу техніки виконання вправ у реальному часі. Аналіз існуючих рішень показує, що більшість сучасних фітнес-застосунків зосереджені на плануванні тренувань, але не забезпечують автоматичного контролю правильності виконання вправ засобами комп'ютерного зору.

**Мета статті** – дослідження методів та засобів для проєктування і розроблення веб-сервісу для аналізу фізичних вправ з використанням технологій комп'ютерного зору та оцінки пози людини у реальному часі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для розробки веб-сервісу потрібно виконати наступні кроки:

**1. Проєктування архітектури системи.** Спроєктована модульна структура застосунку, що включає модуль захоплення відеопотоку, модуль оцінки пози (визначення 33 ключових точок тіла), модуль аналізу вправ та веб-інтерфейс:

- Модуль захоплення відеопотоку — отримання зображень з веб-камери за допомогою OpenCV [6].
- Модуль оцінки пози — визначення 33 ключових точок тіла за допомогою MediaPipe BlazePose [7].
- Модуль аналізу вправ — підрахунок повторень та обчислення кутів суглобів.
- Веб-інтерфейс — відображення результатів за допомогою фреймворку Streamlit [8].

## **2. Вибір та обґрунтування інструментальних засобів:**

- Python обрано як основну мову розробки завдяки широкій екосистемі бібліотек для машинного навчання та комп'ютерного зору [9].
- MediaPipe BlazePose забезпечує визначення ключових точок скелету тіла у реальному часі з високою точністю навіть на пристроях без GPU [1].
- OpenCV використовується для захоплення відеопотоку, накладання графічних елементів та попередньої обробки зображень [2].
- Streamlit дозволяє швидко створити інтерактивний веб-інтерфейс без необхідності написання окремого frontend-коду.

**3. Реалізація аналізу пози тіла.** Для підрахунку повторень та оцінки техніки система відстежує кути суглобів на кожному кадрі відеопотоку. Це дозволяє

фіксувати точну амплітуду руху від максимального кута у вихідному положенні (наприклад, 155–170°) до мінімального кута у найглибшій точці (85–95° при присіданні). Якість виконання кожної вправи оцінюється не лише в кінцевій фазі, а шляхом безперервного відстеження найгіршого моменту (мінімального значення показника якості) протягом усього повторення. Повторення вважається правильним або неправильним на основі динамічних порогових значень показника якості (наприклад, 60% для присідань або 80% для скручування на прес), що дозволяє обчислювати реальну точність виконання вправ.

**4. Розроблення інтерфейсу користувача.** Інтерфейс реалізовано на основі фреймворку Streamlit [8]. Етап розроблення інтерфейсу передбачає задання заголовків та блоків тексту для підготовленого дизайну веб-сайту, а далі відбувається програмна реалізація сайту [10]. Перед початком тренування реалізовано функцію встановлення цілі — користувач задає бажану кількість повторень. У разі досягнення встановленої цілі система виводить вітальне повідомлення з анімацією, а при достроковому завершенні — відповідні результати виконаної роботи. Основні елементи:

- Бічна панель з вибором типу вправи.
- Відеопотік з накладеним скелетом та лічильником повторень.
- Панель статистики з кількістю повторень, часткою успішності та витраченим часом.

**5. Реалізація підтримки аналізу таких вправ:**

- Згинання рук на біцепс (Bicep Curl) — аналіз кута ліктьового суглоба при підйомі та опусканні передпліччя.
- Присідання (Squat) — аналіз кута колінного та кульшового суглобів для контролю глибини присідання.
- Жим від землі (Push-up) — аналіз кута ліктьового та плечового суглобів при опусканні та підйомі тіла.
- Розгинання рук на трицепс (Tricep Extension) — аналіз кута ліктьового суглоба при повному розгинанні та згинанні руки над головою.
- Скручування на прес (Crunch) — аналіз кута між тулубом та стегнами для визначення амплітуди підйому корпусу.
- Випади (Lunge) — аналіз кута колінного суглоба передньої ноги та положення тазостегнового суглоба для контролю правильності кроку вниз.

**6. Статистика діяльності.** Після завершення тренування користувач отримує зведену статистику, а саме: загальну кількість повторень, середній кут виконання, тривалість сесії. Дані зберігаються для подальшого аналізу прогресу.

**7. Тестування та налагодження.** Проведено тестування коректності підрахунку повторень та точності визначення пози для різних умов освітлення і кутів зйомки. Результати засвідчують стабільну роботу системи в умовах достатнього освітлення.

Після запуску програми користувач потрапляє на головну сторінку веб-інтерфейсу (рис. 1). Тут відображається інформація про основний функціонал системи: тренування наживо із використанням веб-камери та аналіз завантажених відеозаписів. На бічній панелі, що виконує роль головного навігаційного меню, користувач

здійснює базове налаштування: обирає цільовий масив м'язів (наприклад, руки, ноги, тулуб) та конкретну вправу зі списку доступних. Цей екран є центральним у керуванні програмою, звідки починається робота з аналізом фізичної активності.

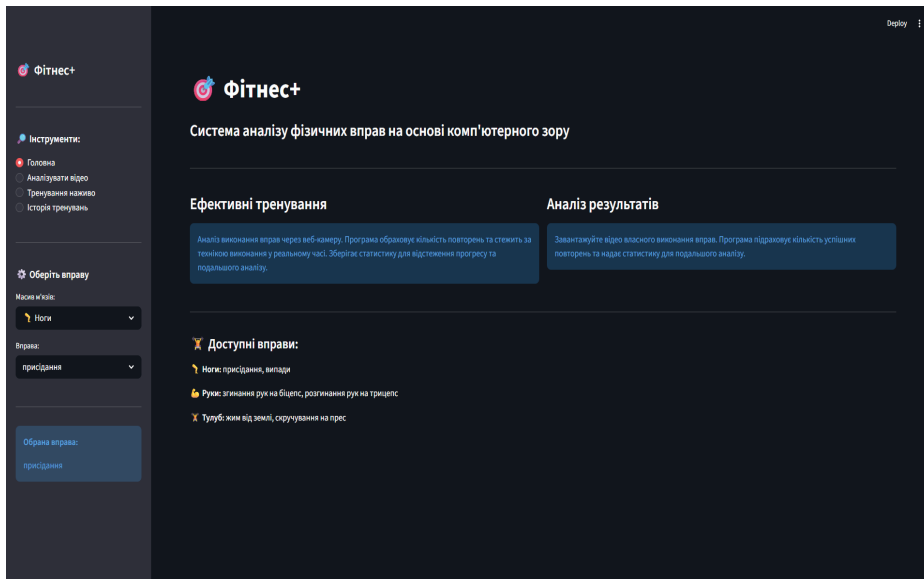


Рис. 1. Відображення головної сторінки веб-сервісу

Рисунок 2 відображає сторінку підготовки до тренування наживо для обраної вправи, наприклад, згинання рук на біцепс. На цьому етапі користувач ознайомлюється з текстовою інструкцією та підказками щодо правильного розміщення перед камерою. Ключовою функцією цього екрана є інструмент встановлення цілі: користувач має ввести бажану кількість повторень, яку планує виконати під час сесії. Після встановлення цілі тренування запускається відповідною кнопкою.

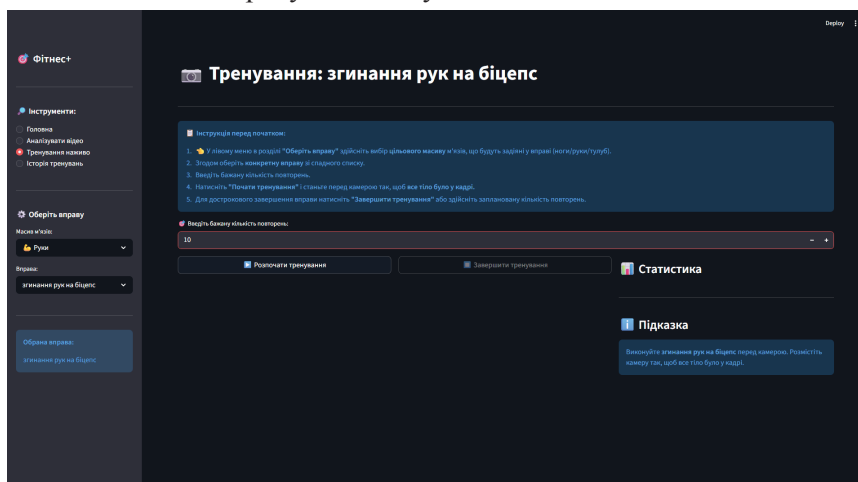


Рис. 2. Відображення сторінки підготовки до тренування

У разі вибору режиму “Аналіз відео” програма переводить користувача на сторінку завантаження медіафайлів (рис. 3). Система підтримує формати MP4, MOV, AVI та MPEG4. Окрім самого завантаження файлу, алгоритм вимагає вказати очікувану кількість повторень, що присутні на відеозаписі, для коректної перевірки результату після автоматизованого аналізу.

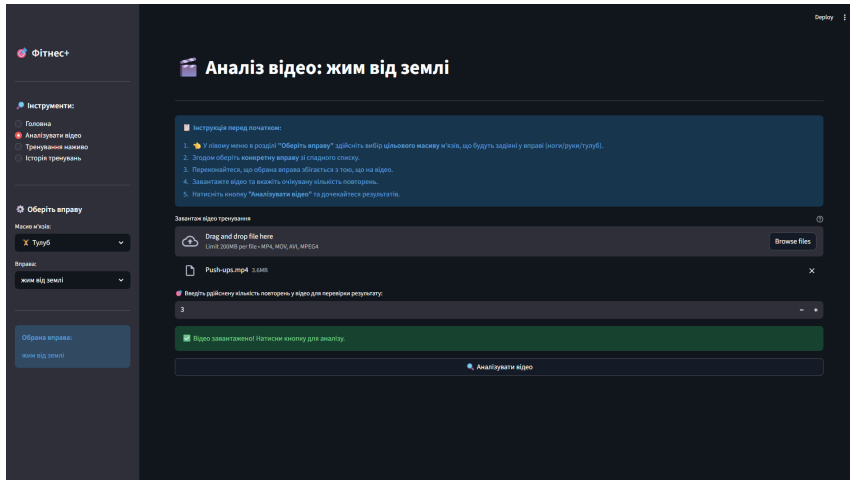


Рис. 3. Відображення сторінки завантаження медіафайлів

Процес безпосереднього аналізу виконання вправи (як у режимі камери, так і з відео) демонструється на рис. 4. Програма за допомогою бібліотеки MediaPipe BlazePose накладає скелетну модель на тіло користувача, позначаючи ключові точки суглобів та лінії зв'язку між ними. У реальному часі система обчислює кути у визначених суглобах (наприклад, від  $171^\circ$  у верхній точці до  $65^\circ$  у нижній точці) та динамічно виводить на екран поточну стадію руху (up/down), значення кута і лічильник успішно зарахованих повторень.

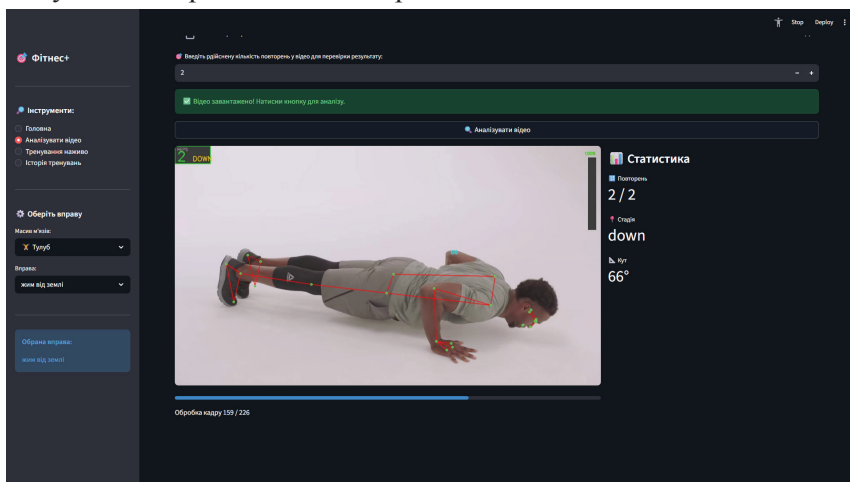


Рис. 4. Відображення виконання вправи

Після завершення сесії тренування або аналізу відео користувачу надаються детальні результати зведеної статистики: вказана ціль, кількість фактично виконаних повторень, середній кут, а також мінімальний кут (найглибша точка виконання вправи) і максимальний кут (вихідне положення), що дозволяє об'єктивно оцінити амплітуду руху та показник якості.

Для відстеження довгострокового прогресу розроблено сторінку “Історія тренувань” (рис. 5). На ній відображаються ключові агреговані показники (всього сесій та повторень, кількість досягнутих цілей) та детальна таблиця з історією всіх виконаних підходів, включно з датами, цілями, фактичним виконанням та тривалістю.

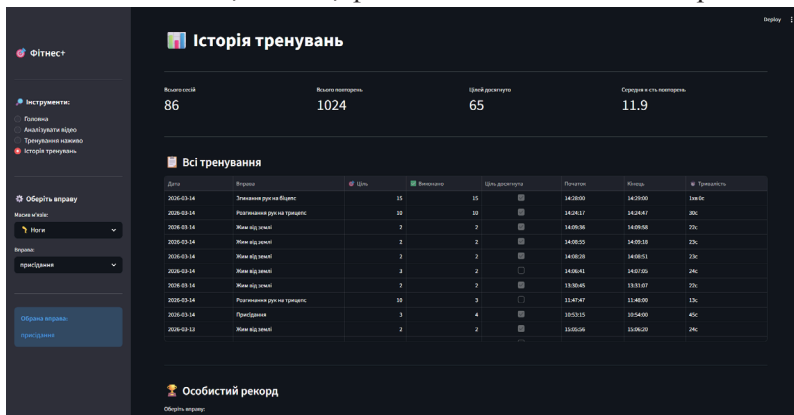


Рис. 5. Відображення сторінки з історією тренувань

Розроблений алгоритм роботи з веб-інтерфейсом забезпечує зручний, поетапний процес налаштування тренування, точний технічний аналіз за допомогою комп'ютерного зору та візуалізацію результатів завдяки інтеграції сучасних засобів.

**Висновки.** У роботі проведено дослідження методів та засобів розробки веб-сервісу для аналізу фізичних вправ на основі комп'ютерного зору. Для автоматичного розпізнавання пози користувача використано бібліотеку MediaPipe BlazePose, яка забезпечує визначення 33 ключових точок скелету у реальному часі. Обробку відеопотоку реалізовано засобами OpenCV, а веб-інтерфейс — за допомогою фреймворку Streamlit.

Система підтримує аналіз шести вправ: згинання рук на біцепс, присідання, жим від землі, розгинання рук на трицепс, скручування на прес та випади. Для кожної вправи реалізовано автоматичний підрахунок повторень на основі обчислення кутів суглобів, що дозволяє контролювати правильність виконання без участі персонального тренера.

Розроблена система сприяє підвищенню ефективності домашніх тренувань, зниженню ризику травматизму внаслідок неправильного виконання вправ та забезпечує доступний інструмент для самостійного контролю фізичної активності. Перспективами подальшого розвитку є розширення бази підтримуваних вправ, додавання голосових підказок, а також удосконалення механізмів візуалізації результатів для більшої мотивації та зручності користувачів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S.-E. Wei and Y. Sheikh. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2021, vol. 43, no. 1, pp. 172–186. doi: 10.1109/TPAMI.2019.2929257.
2. V. Bazarevsky, I. Grishchenko, K. Raveendran, T. Zhu, F. Zhang and M. Grundmann. BlazePose: On-device Real-time Body Pose Tracking. arXiv preprint arXiv:2006.10204, 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.
3. Website Fitbod. URL: <https://fitbod.me> (дата звернення: 20.03.2026).
4. Website Nike Training Club. URL: <https://www.nike.com/ntc-app> (дата звернення: 20.03.2026).
5. Website Freeletics. URL: <https://www.freeletics.com> (дата звернення: 20.03.2026).
6. Website OpenCV. URL: <https://opencv.org> (дата звернення: 20.03.2026).
7. Website MediaPipe. URL: <https://developers.google.com/mediapipe> (дата звернення: 20.03.2026).
8. Website Streamlit. URL: <https://streamlit.io> (дата звернення: 20.03.2026).
9. S. Gupta, R. Sharma and A. Verma. AI Personal Trainer Using OpenCV and MediaPipe. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2023, vol. 10, no. 1, pp. 912–916.
10. M. Kolomojets and Y. Kynash. Front-End web development project architecture design. 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2023, pp. 1-5. doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324238.

**REFERENCES**

1. Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S.-E. Wei and Y. Sheikh. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2021, vol. 43, no. 1, pp. 172–186. doi: 10.1109/TPAMI.2019.2929257.
2. V. Bazarevsky, I. Grishchenko, K. Raveendran, T. Zhu, F. Zhang and M. Grundmann. BlazePose: On-device Real-time Body Pose Tracking. arXiv preprint arXiv:2006.10204, 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.
3. Website Fitbod. URL: <https://fitbod.me> (date of access: 20.03.2026).
4. Website Nike Training Club. URL: <https://www.nike.com/ntc-app> (date of access: 20.03.2026).
5. Website Freeletics. URL: <https://www.freeletics.com> (date of access: 20.03.2026).
6. Website OpenCV. URL: <https://opencv.org> (date of access: 20.03.2026).
7. Website MediaPipe. URL: <https://developers.google.com/mediapipe> (date of access: 20.03.2026).
8. Website Streamlit. URL: <https://streamlit.io> (date of access: 20.03.2026).
9. S. Gupta, R. Sharma and A. Verma. AI Personal Trainer Using OpenCV and MediaPipe. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2023, vol. 10, no. 1, pp. 912–916.
10. M. Kolomojets and Y. Kynash. Front-End web development project architecture design. 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2023, pp. 1-5. doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324238.

doi: 10.32403/1998-6912-2026-1-72-114-121

**DEVELOPMENT OF A WEB SERVICE FOR ANALYSING THE PERFORMANCE OF PHYSICAL EXERCISES USING COMPUTER VISION**

R. V. Yakymiv<sup>1</sup>, Y. Y. Kynash<sup>2</sup>, M. R. Semeniv<sup>3</sup>, N. O. Kustra<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Lviv Polytechnic National University,  
28a, Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine

<sup>2</sup> Lviv Polytechnic National University,  
28a, Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine, yurii.y.kynash@lpnu.ua

<sup>3</sup> Lviv Polytechnic National University,  
28a, Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine

<sup>4</sup> Lviv Polytechnic National University,  
28a, Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine

*Advances in computer vision and machine learning technologies are opening up new possibilities for creating intelligent systems capable of automating the analysis of physical exercises. Modern fitness apps focus primarily on workout planning but do not provide real-time automatic monitoring of exercise technique. This article presents the development of a web service for real-time exercise analysis using computer vision technologies. The system uses the MediaPipe BlazePose library to detect 33 key skeletal landmarks, OpenCV for video stream processing, and the Streamlit framework to build an interactive web interface. The developed system supports the analysis of six exercises: bicep curls, squats, push-ups, tricep extensions, crunches, and lunges. For each exercise, automatic repetition counting is implemented based on joint angle calculations, allowing users to monitor proper form without a personal trainer. The system provides users with detailed information about exercise performance, which can be used to improve the training process. The system helps increase the effectiveness of home workouts, reduces the risk of injury due to improper exercise execution, and provides an accessible tool for self-monitoring of physical activity. Using this web service is advisable when it is not possible to physically visit sports facilities, such as during a COVID-19 quarantine or other emergencies. The solution is browser-based, easy to use, and suitable for independent home training. Plans for further improvement of the web service include expanding the database of supported exercises, adding voice prompts, and introducing a workout history feature for long-term progress analysis.*

**Keywords:** computer vision, body pose estimation, MediaPipe, OpenCV, Streamlit, exercise analysis.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2026.

Submitted: 23.04.2026.

Прийнято до друку: 04.05.2026.

Accepted: 04.05.2026.

Опубліковано: 30.05.2026.

Published: 30.05.2026.



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Р. В. Якимів, Ю. С. Кинаш, М. Р. Семенів, Н. О. Кустра