

**АЛГОРИТМИ ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ НИЖНІХ КІНЦІВОК
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ХОДИ ЛЮДИНИ
ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ**

Іващенко Б.В., Ларін О.О.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Дослідження кінематичних параметрів ходи людини є важливим біомаркером для багатьох хвороб та/або відхилень щодо опорно-рухового апарату людини. Серед важливих особливостей кінематики простої ходи відзначають залежності та зміни залежностей між кутами суглобів нижньої кінцівки людини. Вивчення цих маркерів в часі може здійснюватись апаратними засобами шляхом спеціальних використання носимох електроніки або спеціального вимірювального обладнання. При цьому очевидним ж труднощі щодо їх встановлення, калібрування та забезпечення точності. Альтернативним підходом може бути використання засобів комп'ютерного зору. В даній роботі пропонуються два взаємодоповнювальні підходи до автоматичного визначення кутів між стегном і гомілкою.

Перше рішення реалізує підхід з використанням моделей глибинного навчання. Спрощена версія BlazePose Lite, миттєво локалізує орієнтирні точки тіла, а геометричний модуль одразу обчислює кут між віртуальними відрізками «стегно – гомілка» в кожному кадрі. Система працює без участі користувача й видає готовий часовий ряд, що автоматично експортується у CSV.

Друге рішення зорієнтоване на середовище з обмеженими ресурсами. Тут ми свідомо відмовилися від глибинних мереж і застосували класичні алгоритми OpenCV: після одноразового креслення користувачем двох ліній Canny-детектор, контурний аналіз і адаптивне Hough-перетворення самі відстежують сегменти та у реальному часі обчислюють кут. Швидкодія перевищує 60 fps на чистому CPU. Як і в першому варіанті, вся серія кутів автоматично експортується у CSV, а вбудований PyQt-інтерфейс дозволяє одразу візуалізувати траєкторію.

Поєднання повної автоматизації глибинної моделі зі швидкодією класичного тракту на мінімальному «залізі» надає користувачеві свободу вибору й відкриває шлях до гібридного режиму, де нейронна мережа виконує грубу ініціалізацію, а класичний блок уточнює геометрію. У найближчих планах – стереозйомка для реконструкції 3-D-кутів та інтеграція з телемедициними платформами, що перетворить високоточний аналіз ходи на справді масову, недорогого та мобільну технологію.