

УДК 004.89

ФИЛЬТРАЦИЯ АРТЕФАКТНЫХ ЦИКЛОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ПОХОДКИ ПО ТРАЕКТОРИИ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ

Ю. В. НИКИТНИКОВ, А. А. АВЕРЬЯНОВА, А. А. БОЖИЙ
Научный руководитель А. Д. ОБУХОВ, д-р техн. наук, проф.
Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

Анализ походки по данным центра давления (CoP) позволяет оценивать биомеханические показатели и характеристики траектории CoP [1]. Сенсорные данные могут содержать потери, шумы и искажения, требующие алгоритмического восстановления и фильтрации [2]. При объединении данных о движении применяются нормализация, синхронизация и фильтрация [3]. В данной работе рассматриваются построение циклов движения стоп, детекция событий походки и влияние удаления артефактных циклов на итоговые параметры анализа.

Целью работы являлась оценка влияния фильтрации артефактных циклов походки на результаты расчета биомеханических параметров.

В исследовании использовались данные тензометрической беговой дорожки, содержащие временные ряды координат центра давления (CoP), скорости движения и силы нагрузки. На вход алгоритма подавались координаты центра давления CoP (x , y). Выполнялась нормализация координат и осуществлялся поиск экстремумов траектории CoP.

Для определения событий использовались две диагональные проекции траектории центра давления, что позволяет выделить моменты максимального и минимального смещения центра давления, соответствующие фазам переноса нагрузки между конечностями. Для поиска локальных минимумов и максимумов использовался детектор экстремумов. Событие фиксировалось после подтверждения стабильности экстремума. При формировании событий использовалась модель физиологического порядка вида LHS (контакт левой пятки с опорой), RTO (отрыв правого носка), RHS (контакт правой пятки с опорой), LTO (отрыв левого носка).

Проверка осуществлялась на основе уже сформированных циклов перед расчетом итоговых биомеханических параметров. Фильтр анализировал временные, пространственные и геометрические характеристики цикла. Оценивались корректность последовательности событий, длительность цикла, длина и ширина шага, соответствующие физиологическим ограничениям человеческой походки, геометрическая симметрия траектории «бабочки», а также хронологическая последовательность событий.

Как показано на рис. 1, применение фильтра привело к уменьшению количества анализируемых циклов за счет удаления физиологически невозможных значений. До фильтрации траектории циклов характеризовались большим разбросом данных и аномалиями. Удаление артефактов позволило получить более устойчивую оценку симметрии. Сравнение биомеханических

параметров, рассчитанных до и после удаления артефактных циклов, представлено в табл. 1.

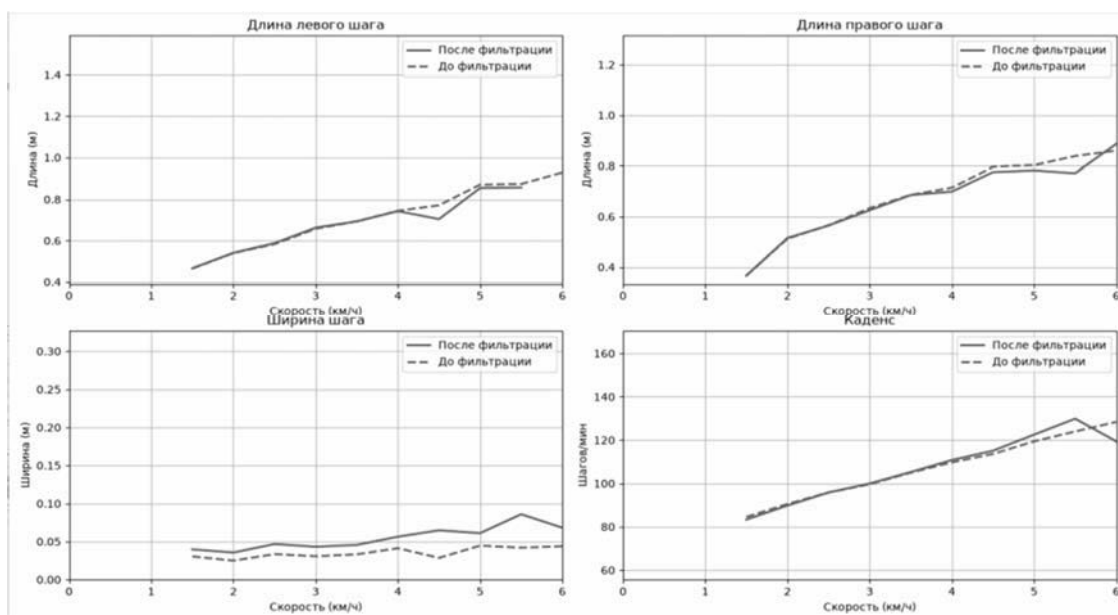


Рис. 1. Зависимость биомеханических параметров от скорости движения беговой дорожки

Табл. 1. Сравнение биомеханических параметров после фильтра

Биомеханический параметр	Длина левого шага, м	Длина правого шага, м	Ширина шага, м	Каденс, шаг/мин
До фильтра	0,6993	0,7106	0,0295	76,54
После фильтра	0,7214	0,6999	0,0442	81,87

Таким образом, применение дополнительной фильтрации циклов оказывает существенное влияние на расчет биомеханических параметров. Фильтр позволяет исключить физиологически некорректные циклы, что снижает влияние артефактов и повышает достоверность расчетов длины шага, ширины шага, каденса и показателя симметрии. В свою очередь, результаты показали, что применение фильтра повышает точность дальнейших расчетов биомеханических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lugade, V.** Center of pressure trajectory during gait: a comparison of four foot positions / V. Lugade, K. Kaufman // *Gait & Posture*. – 2014. – Vol. 40, № 4. – P. 719–722.
2. **Zverev, M.** Recovering Information from Wireless Sensors in Hardware and Software Platforms / M. Zverev, V. Vostrikova, D. Teselkin // *J. Phys: Conf. Ser.* – 2021. – Vol. 2096. 012030.
3. **Теселкин, Д. В.** Распознавание человека по цифровой тени движений тела на основе нейросетевых технологий / Д. В. Теселкин, Н. А. Вехтева, А. Ю. Свешников // *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 21–22 окт. 2024 г.* – Тамбов : Тамбов. гос. техн. ун-т, 2024. – С. 227–230.