

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА КАК ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

¹Косухина О. И. ORCID ID 0000-0003-1665-3666,

^{1, 2}Леонов С. В. ORCID ID 0000-0003-4228-8973,

^{1, 3, 4}Сухарева М. А. ORCID ID 0000-0003-3422-6043

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация, e-mail: u967nk@yandex.ru;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), Москва, Российская Федерация;

³Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный университет имени князя Александра Невского» Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Российская Федерация;

⁴Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Российская таможенная академия», Люберцы, Российская Федерация

Цель исследования – оценить качественные признаки походки человека для выявления вероятности встречаемости признака. В статье изложены результаты исследования признаков походки человека как общих признаков для идентификации личности. Были выявлены особенности походки у разных групп людей, многие из которых повторялись. Материалом явились 213 видеозаписей добровольцев, которые ходили при определенных условиях. Все признаки были проанализированы и внесены в таблицу для оценки каждой группы. Выделенные качественные признаки походки можно разделить на группы для оценки. Некоторые из них уже были описаны в литературных источниках, другие же были выявлены в ходе настоящего исследования. Рассматривали такие признаки, как наличие асимметрии, доминанта, размах, плоскость, угол сгиба, положение рук, кистей, пальцев, состояние расслабленности или напряженности; опора, форма, особенности и положение ног и ступней; положение головы, осанка, тип походки и т. д. Отмечены наиболее часто встречающиеся признаки, на основе которых была создана таблица матричного типа для дальнейшего количественного наблюдения. Проведенное исследование позволило определить наличие общих признаков походки, пригодных для идентификации личности, а также создать основу для их исследования в количественном эквиваленте с целью оценки достоверности выделенных признаков и значимости каждого признака. Результаты проведенного исследования позволяют исключить нетождественные варианты походки человека по совокупности качественных признаков.

Ключевые слова: идентификация личности по походке, судебная медицина, сравнительное исследование, установление личности, качественные признаки походки.

QUALITATIVE SIGNS OF HUMAN GAIT, AS GENERAL SIGNS OF IDENTITY IDENTIFICATION

¹Kosukhina O. I. ORCID ID 0000-0003-1665-3666,

^{1, 2}Leonov S. V. ORCID ID 0000-0003-4228-8973,

^{1, 3, 4}Sukhareva M. A. ORCID ID 0000-0003-3422-6043

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian University of Medicine” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation, e-mail: u967nk@yandex.ru;

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov” of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation;

³Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education “Military University named after Prince Alexander Nevsky” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;

⁴State Public Institution of Higher Education “Russian Customs Academy”, Lyubertsy, Russian Federation

Objective: to evaluate the qualitative gait characteristics of individuals and assess the probability of their occurrence for the purpose of personal identification. This article presents the results of a study on human gait as a set of general characteristics for identifying a person. The research identified distinctive gait features in various groups of people, many of which were found to be repetitive. The study analyzed 213 video recordings of volunteers walking under controlled conditions. All observed qualitative features were systematically analyzed and tabulated for group assessment. The identified qualitative gait features were categorized into groups for evaluation. While some characteristics were consistent with existing literature, others were discovered during this study. The analysis included parameters such as asymmetry, dominant side, stride length, movement plane, knee/arm flexion angle, hand and finger positioning, muscle tension or relaxation; foot placement, foot shape and position; head carriage, posture, and overall gait type. The most frequently occurring traits were used to construct a matrix-type table, serving as a foundation for subsequent quantitative observation. The conducted research confirmed the presence of common gait features suitable for personal identification. It also established a basis for their quantitative analysis to evaluate the reliability and significance of each trait. The results enable the exclusion of non-matching gait variants based on a comprehensive set of qualitative characteristics.

Keywords: gait-based personal identification, forensic medicine, comparative study, identity establishment, qualitative gait features.

Введение

В судебной медицине вопросы идентификации личности были и остаются одними из самых актуальных во все времена. С каждым годом совершенствуются методики, внедряются инновационные технологии, в том числе искусственный интеллект (ИИ). Одним из сравнительно новых методов является идентификация личности по походке. Разными исследователями ранее были выявлены как общие признаки в составе цикла шага [1] (темп, равномерность, симметричность, длина шага, ширина шага, положение и постановка стоп при ходьбе, степень их поднимания, степень сгибания коленей, особенности положения и движения головы, туловища, рук) [2; 3], так и индивидуальные. Вышеуказанные признаки являются функциональными, обладающими относительной устойчивостью, индивидуальностью и рефлексорностью [4, с. 23, 33]. Согласно данным ряда исследований, пол и возраст выступают ключевыми факторами изменения походки. В частности, у пожилых мужчин наблюдается снижение точности движений и усиление постурального раскачивания на фоне возрастных изменений сложно-координационных показателей, что отличает их от женщин [5–7]. В современной литературе описана индивидуальность признаков походки, согласно биометрическим наблюдениям, который основывается на ручном вычислении свойств бинарных масок силуэта и обучении искусственного интеллекта [8–10]. Уникальность признаков походки позволила ученым из Манчестерского университета создать новую систему распознавания шагов, основанную на сканировании шага при помощи напольных датчиков, при этом снятие обуви не требовалось, далее анализ и идентификация проводились при помощи систем ИИ [11]. Применение новой методики планировалось в аэропортах [12]. Китайские ученые использовали сверточную нейронную сеть Open Pose, которая проводит идентификацию ключевых точек, а затем, сравнивая их, формирует пары [13]. В отличие от константных признаков, походку можно изменять сознательно, имитируя заболевания, или бессознательно в зависимости от типа покрытия, вида обуви, наличия каблука, утяжеления

или предметов в руках. На эту проблему сравнительно недавно обратили внимание российские ученые и провели исследование факторов, влияющих на эффективность биометрической идентификации по походке [14; 15].

Цель исследования – создание матрицы оценки качественных признаков походки человека для проведения количественного анализа вероятности встречаемости признака.

Материал и методы исследования

Материал исследования – видеоизображения длительностью до 20 с, на которых добровольцы ходили в спокойном темпе на улице и в помещении при естественном освещении без отягощения в виде сумок, рюкзаков и предметов в руках, обуви на каблуках высотой более 4 см. В исследование не были включены лица с явной патологией опорно-двигательной системы. Запись производилась с использованием камеры смартфона Huawei Pro 70, с частотой съемки 60 кадров в секунду. Была поставлена задача выделить все признаки походки, разделив группы признаков, характерных для головы, туловища, верхних и нижних конечностей. Просмотрено 213 видеозаписей и выделено аналогичное число индивидов для наблюдения. В таблицу, созданную при помощи программы MS Excel, помещались признаки, которые были отмечены дважды и более. Матрица создана на основе признаков походки, описанных [4], а также на вновь выявленных признаках в результате собственных наблюдений.

Результаты исследования и их обсуждение

В *первой группе признаков* рассматривалось положение головы при ходьбе с определением стороны наклона: прямое положение головы, наклон влево или вправо, вперед или вверх. В качестве эталона принималось **прямое (нейтральное) положение головы**, при котором сагиттальная плоскость черепа параллельна оси туловища, а взгляд направлен прямо перед собой.

Отклонения от этого положения классифицировались следующим образом:

Боковые наклоны: фиксировалось отклонение головы в одну из сторон. Наклон влево или вправо мог быть как едва заметным (в пределах 5–10°), так и выраженным, когда ухо практически касалось надплечья. Оценивалась симметричность мышечного тонуса шеи с обеих сторон.

Сагиттальные наклоны: анализировалось положение головы относительно вертикальной оси. Выделялось патологическое выдвижение головы вперед, часто сопровождающееся сглаживанием шейного лордоза. Противоположным состоянием являлось приподнятое положение головы или запрокидывание назад, которое могло быть связано с компенсаторным напряжением мышц-разгибателей.

Ротация: дополнительно оценивалось наличие поворота головы вокруг вертикальной оси – подбородок мог быть смещен влево или вправо относительно центральной линии тела, что часто свидетельствует о функциональных блоках в суставах позвоночника.

Динамическая нестабильность: также принималась во внимание способность пациента удерживать голову в выбранном положении. Фиксировалось наличие тремора, неспособности удерживать статичное положение или, наоборот, ригидности, когда положение головы оставалось неизменным на протяжении всего цикла ходьбы (рис. 1, а-г).

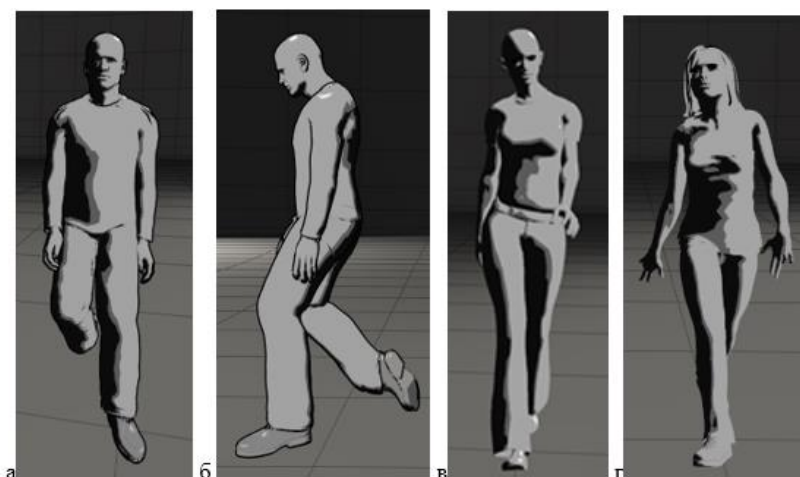


Рис. 1. Положение головы при ходьбе: а – прямое положение головы; б – наклон вперед; в – наклон влево или вправо; г – голова приподнята вверх.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Вторая группа признаков характеризует осанку и тип походки. Осанка может быть правильной либо нарушенной. Видов нарушений достаточно много. По наблюдениям авторов, видеокамера в движении отчетливо фиксирует следующие виды неправильной осанки: сутулость, кифоз («круглая спина»), плосковогнутая спина и асимметричная осанка (когда одно плечо поднято выше другого) (рис. 2, а, б).



Рис. 2. Особенности осанки: а – сутулость; б – плосковогнутая спина.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

По типу походки в качестве признака выявлены «марширующая», «старческая», «пружинящая», «переваливающаяся», «журавлиная» походка, описанные ранее А. М. Зининым и соавт. [4]. Авторами выделена походка «Пьеро», когда выраженный кифоз грудного отдела сочетается с выраженным лордозом шейного отдела позвоночника, с опущенной вниз головой и свободно висящими перед корпусом руками, при ходьбе движения ими не осуществляются.

При анализе походки человека следует выделять три степени раскачивания корпуса в стороны: отсутствие, незначительную и сильную (когда тело переваливается с одной стороны в другую). При наличии прилегающей к телу одежды можно установить, за счет чего происходит раскачивание: за счет смещения верхнего плечевого пояса или всего корпуса.

В *третьей группе признаков* рассматривались особенности положения верхних конечностей при ходьбе. Проводилась оценка асимметрии при движении рук. Размах правой и левой руки разный по причине того, что одна рука осуществляет мах более активно по сравнению с другой. При этом можно определить доминирующую руку по большему размаху. Размах руки тоже определялся по величине: отсутствует, минимальный (руки смещаются в пределах корпуса), средний (руки смещаются на ширину одного корпуса) и сильный (более одной ширины корпуса).

При ходьбе верхние конечности совершают маховые движения, которые возможно охарактеризовать как параллельные направлению движения человека, с заходом в переднюю полусферу (к груди или животу) или с заходом за спину. Акцентуация отмашки рук вперед, назад или симметричное маятниковое движение нередко сочетается с конституционными особенностями или с наклоном корпуса: при наклоне корпуса вперед руки осуществляют маховые движения преимущественно перед корпусом, а при избыточном весе и отклонении верхней части корпуса назад движения рук осуществляются в большей степени параллельно или с заходом за спину (рис. 3, а, б).

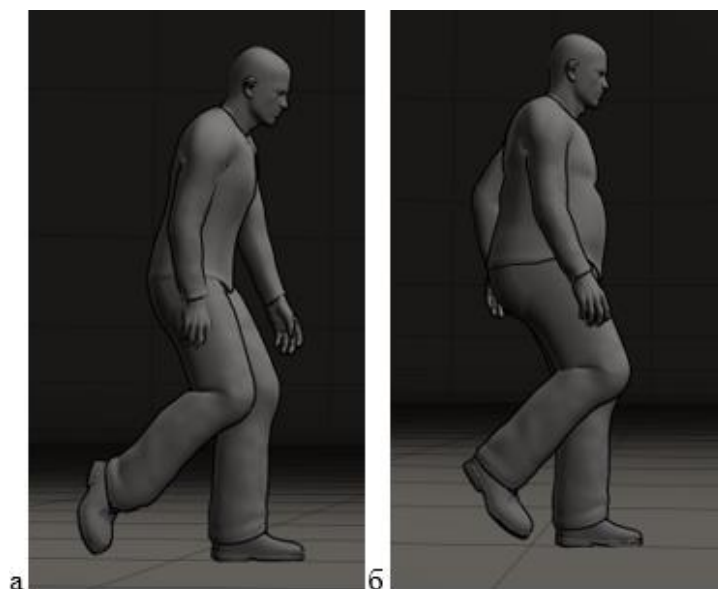


Рис. 3. Акцентуация отмашки рук при ходьбе:

а – мах вперед; б – смещение к задней поверхности корпуса.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Весьма характерны особенности сгиба конечностей в локтевом суставе и положение плеча относительно боковой поверхности корпуса: прижатые (что характерно для большинства людей) или разведенные в стороны локти (рис. 4, а-г).

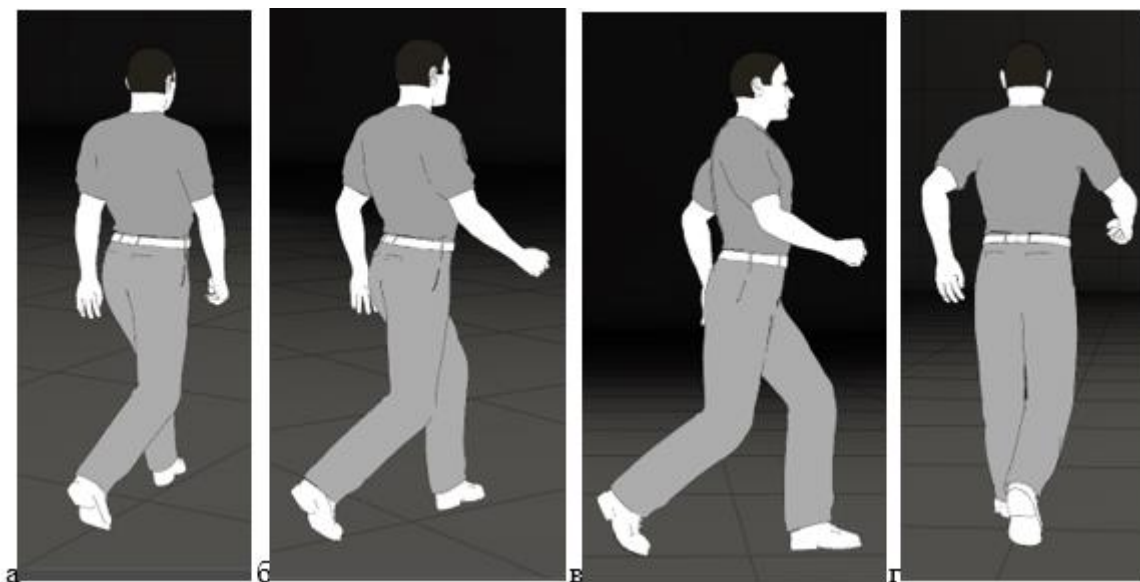


Рис. 4. Особенности сгибания в локтевом суставе и положение локтей относительно корпуса: а – при движении не сгибаются; б – сгибаются на угол не более 150°; в – сгибаются на угол более 150°; г – разведенные в стороны локти.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В виде отдельного признака было выделено положение кистей (рис. 5 а–в). В частности, при ходьбе ладони могут быть: параллельны туловищу; под углом, близким к 45°; подвижны или статичны, а пальцы выпрямлены, слегка согнуты или значительно согнуты в кулак. При анализе видеозаписей авторами отмечено, что нередко положение правой и левой кистей может быть различным.

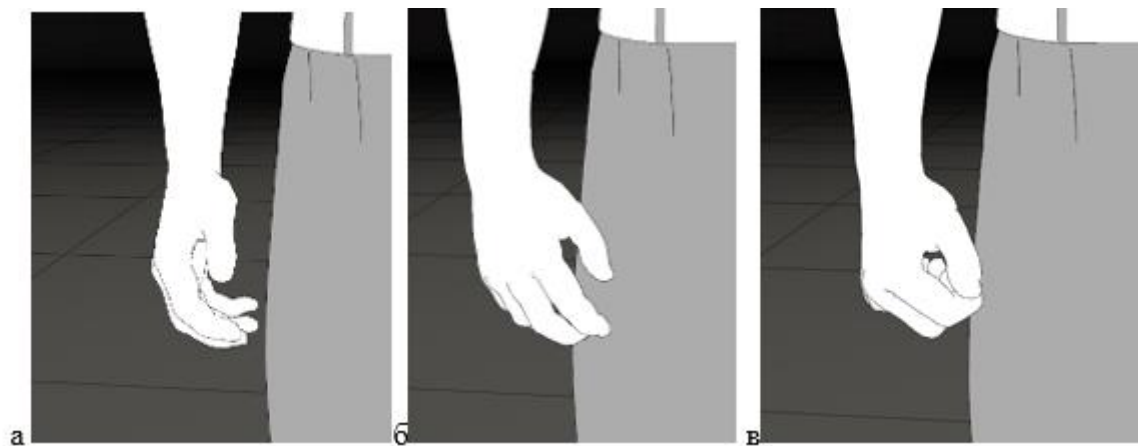


Рис. 5. Особенности положения кисти: а – ладонь параллельна боковой поверхности бедра; б – ладонь расположена относительно боковой поверхности бедра под углом 45°; в – кисть сжата в кулак.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Четвертая группа признаков характеризовала особенности нижних конечностей и их движений при ходьбе. В статике отмечались особенности формы ног: нормальная, О-образная, Х-образная и с О-образным искривлением голеней. Фиксировалась постановка стоп, которая могла быть параллельной, косонаружной, косовнутренней, а опора приходилась на пятку, мысок или всю стопу, на наружную или внутреннюю поверхность стопы (данные признаки описаны ранее в работах Д. В. Снеткова, А. М. Зинина и соавт. [4]).

В качестве отдельного признака можно выделить движение бедрами и тазом в боковой плоскости при ходьбе: нормальное или активное, а из особенностей движения ног – «волочение» ноги, хромоту и косолапость (рис. 6, а, б). При определенном ракурсе съемки можно зафиксировать вальгусное положение стопы при опоре (стопа ротирована кнаружи). Такое положение стопы свидетельствует о плоскостопии и формирует «шлепающую» походку, поскольку носок стопы при шаге не приподнят вверх (рис. 6, в). Нередко регистрируется варусное положение стопы при опоре (стопа ротирована кнутри). Такое положение стопы обеспечивает признак, именуемый косолапостью.

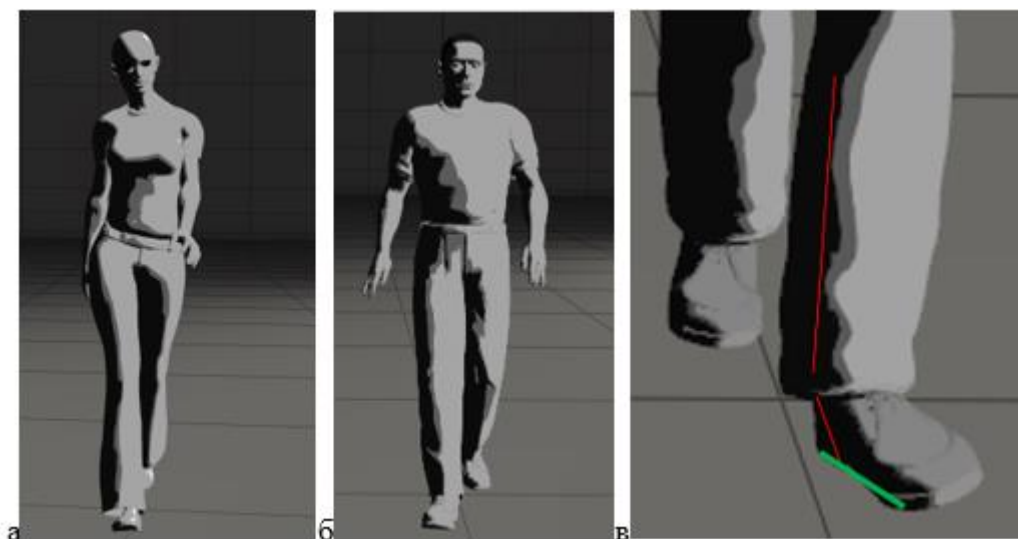


Рис. 6. Особенности движений ногами: а – активное движение бедрами; б – умеренное движение бедрами; в – вальгусное положение стопы при опоре.
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Заключение

В результате проведенного исследования были установлены качественные признаки походки, что позволило расширить уже имеющиеся и описанные в литературе знания по данному вопросу. Для идентификации личности человека по выявленным авторами качественным признакам походки планируется разработка таблицы-матрицы, содержащей группы указанных признаков с их фотоизображением. При этом для объективизации анализа и оценки результатов исследования качественных признаков походки человека каждому признаку будет присвоен соответствующий балл, характеризующий вероятность встречаемости указанного признака. Значимость каждого признака походки в балльно-рейтинговой системе позволит исключить нетождественные варианты походки и будет способствовать объективизации экспертной работы по идентификации личности конкретного человека.

Список литературы

1. Скворцов Д. В. Клиническая биомеханика – определение и фактические разделы // Российский журнал биомеханики. 1999. Т. 3. № 2. С. 103–104. EDN: JXLAGZ.
2. Фомина Е. Е., Косухина О. И., Леонов С. В., Власюк И. В. Анализ характеристик цикла шага человека при движении по беговой дорожке с различной скоростью // Дальневосточный медицинский журнал. 2023. № 2. С. 52–57. DOI: 10.35177/1994-5191-2023-2-9. EDN: VIVCRN.

3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623085 Российская Федерация. База данных характеристик цикла шага: № 2022623089: заявл.16.11.2022: опубл. 24.11.2022 / О. И. Косухина, Е. Е. Фомина, С. В. Леонов. EDN: BILEBD.
4. Зинин А. М., Винниченко И. Ф., Житников В. С., Овсянникова М. Н. Криминалистическое описание внешности человека (функциональные и сопутствующие элементы и признаки): справочное пособие / под ред. проф. В. А. Снеткова. М.: ВНИИ МВД СССР, 1988. 242 с.
5. Столяров А. Ю. Определение уникальности походки человека с использованием инерциальных датчиков портативного устройства // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика. 2015. № 1 (26). С. 47–51. DOI: 10.15688/jvolsu1.2015.1.6. EDN: TSJIMX.
6. Gusev K. A., Alekseeva Yu. A. Human gait spatial structure reconstruction based on video data // «Инновации в науке: вызовы и перспективы будущего» (г. Воронеж, 15–16 апреля 2025 г.). Воронеж: Цифровое научное издательство, 2025. С. 69–74. EDN: TDCWIR.
7. Ширяева Т. П., Федотов Д. М., Преминина О. С., Грибанов А. В. Факторная структура показателей походки у пожилых мужчин и женщин // Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12. № 1. С. 24–31. DOI: 10.37482/2687-1491-Z174. EDN: NLCKMKD.
8. Unal O., Potekhin V. V. Implementation of machine learning algorithms for Parkinsonian gait data // Computing, Telecommunications and Control. 2023. Vol. 16. Is. 1. P. 69–78. DOI: 10.18721/JCSTCS.16106. EDN: SANQOE.
9. Соколова А. И., Конушин А. С. Методы идентификации человека по походке в видео // Труды Института системного программирования РАН. 2019. Т. 31. № 1. С. 69–82. DOI: 10.15514/ISPRAS-2019-31(1)-5. EDN: PGFXZW.
10. Grecheneva A. V., Dorofeev N. V., Goryachev M. S. The Results of the Analysis of Gait According to Mobile Phone Accelerometer Data for an Intelligent System of Authentication of Users // Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Vision “Graphicon”. 2021. № 31. P. 106–113. DOI: 10.20948/graphicon-2021-1-106-113. EDN: KXBRQE.
11. Вороной В. В., Верховод Д. П. Разработка математической модели походки человека и синтез системы управления исполнительными механизмами мехатронного реабилитационного комплекса // Информатика и автоматизация. 2025. Т. 24. № 4. С. 1059–1084. DOI: 10.15622/ia.24.4.3. EDN: CCICZW.
12. Costilla-Reyes O., Vera-Rodriguez R., Scully P., Ozanyan K. B. Analysis of Spatio-Temporal Representations for Robust Footstep Recognition with Deep Residual Neural Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2019. Vol. 41. Is. 2. P. 285–296. DOI: 10.1109/TPAMI.2018.2799847.

13. OpenPose. GitHub. Available at: <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/blob/master/README.md> (accessed 24 February 2023).
14. Богданов М. Р., Шахмаметова Г. Р., Оськин Н. Н., Корнилов А. В. Биометрическая идентификация, основанная на походке // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 1. С. 191–212. DOI: 10.24412/2410-9916-2024-1-191-212. EDN: LGKQNK.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025665856 Российская Федерация. Программа автоматической детекции событий походки: заявл. 06.05.2025; опубл. 19.06.2025 / Т. А. Клишковская, А. Ю. Аксенов. EDN: MZCNTW.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.