

УДК 796.012.2

DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-62-69

Интеллектуальные технологии распознавания движений в управлении технико-биомеханической подготовкой пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства

Дудченко Павел Павлович, кандидат педагогических наук, доцент
Тульский государственный педагогический университет им Л.Н. Толстого

Аннотация. В статье обоснован педагогико-управленческий потенциал нейросетевых технологий распознавания движений для совершенствования техники пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства.

Цель исследования заключается в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке эффективности применения цифрового контура на основе нейросетевых технологий распознавания движений для оперативной коррекции и совершенствования технического мастерства пловцов в ластах на этапе спортивного совершенствования.

Методы и организация исследования. Апробация выполнена на базе ГУ ДО ТО «Областная комплексная спортивная школа олимпийского резерва» (г. Тула) в 2025 г. с участием спортсменов, имеющих спортивный стаж более 6 лет и спортивные разряды – 1 и КМС. В течение 8-недельного мезоцикла применяли нейросетевую обратную связь для оперативной корректировки технических заданий. Оценивали время проплывания 100 м в ластах по поверхности, финишный сегмент 25 м, вариативность частоты волнообразных движений, стабильность угла атаки ласты и продольную устойчивость корпуса.

Результаты исследования и выводы. Выявлены значимые улучшения результата и технических показателей, отражающие повышение устойчивости техники на фоне утомления. Показано, что алгоритмическая объективизация ошибок сокращает педагогическое запаздывание, повышает адресность вмешательств и поддерживает закрепление рационального двигательного стереотипа при соревновательной скорости в реальном времени.

Ключевые слова: плавание в ластах, распознавание движений, нейросетевые технологии, компьютерное зрение, биомеханика спорта, биомеханический анализ, цифровая обратная связь

Для цитирования: Дудченко П. П. Интеллектуальные технологии распознавания движений в управлении технико-биомеханической подготовкой пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства. DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-62-69 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 5 (255). С. 62–69.

Intelligent motion recognition technologies in technical-biomechanical preparation of finswimmers during the stage of sports mastery refinement

Dudchenko Pavel Pavlovich, candidate of pedagogical sciences, associate professor
Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University

Abstract. The article substantiates the pedagogical and managerial potential of neural network motion recognition technologies for improving the technique of finswimmers at the stage of sports mastery refinement.

The purpose of the study is to theoretically substantiate and experimentally verify the effectiveness of using a digital circuit based on neural network motion recognition technologies for the operational correction and refinement of fin-swimming technique among athletes at the stage of sports mastery.

Research methods and organization. The trial was conducted at the State Educational Institution of Additional Education of the Tula Region "Regional Comprehensive Sports School of Olympic Reserve" (Tula) in 2025 with the participation of athletes with more than 6 years of sporting experience and holding sports ranks of 1 and Candidate for Master of Sport (CMS). During an 8-week mesocycle, neural network feedback was used for the rapid adjustment of technical tasks. The assessed parameters included the time to swim 100 m with fins on the surface, the final 25 m segment, the variability of the frequency of undulating movements, the stability of the fin angle of attack, and the longitudinal stability of the body.

Research results and conclusions. Significant improvements in performance and technical indicators have been identified, reflecting increased equipment resilience in the context of fatigue. It has been shown that algorithmic objectification of errors reduces pedagogical delay, enhances the precision of interventions, and supports the consolidation of an efficient motor pattern at competitive speed in real time.

Keywords: fins swimming, motion recognition, neural network technologies, computer vision, sports biomechanics, biomechanical analysis, digital feedback

For citation: Dudchenko P. P. (2026), "Intelligent motion recognition technologies in technical-bio-mechanical preparation of finswimmers during the stage of sports mastery refinement", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 5 (255), pp. 62–69, DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-62-69.

Введение. Плавание в ластах относится к числу дисциплин, где результат спортсмена определяется не столько общей мощностью, сколько качеством ее преобразования в поступательное движение при высокой частоте циклов. На этапе совершенствования спортивного мастерства у пловца в ластах уже сформирован устойчивый двигательный стереотип, поэтому прирост результата чаще достигается посредством уточнения пространственно-временной структуры движений и повышения их устойчивости на соревновательной скорости [1, 2]. Именно здесь техническая ошибка редко выглядит грубой. Она проявляется как кратковременное смещение фаз, локальная потеря продольной стабильности или незначимое на первый взгляд изменение угла атаки ласты, которое в сумме приводит к росту сопротивления и снижению эффективности пропulsии [3].

Для тренера-преподавателя практическая трудность состоит в том, что критические отклонения чаще возникают не при технически удобной для визуального контроля скорости, а в заключительных отрезках работы, когда нарастает утомление и ухудшается точность межмышечной координации. В условиях группового занятия визуальное наблюдение тренера-преподавателя за техникой отдельного спортсмена неизбежно ограничено. Часть нарушений техники движений у пловца в ластах происходит на уровне отдельных циклов и не фиксируется надежно, а последующий разбор по видео нередко запаздывает относительно момента появления ошибки. В результате корректирующее воздействие может терять адресность, а спортсмен – получать противоречивые сигналы о том, что именно требуется изменить.

Цифровые средства контроля позволяют повысить объективность оценки техники, однако наиболее значимым ограничением остается интерпретация данных и перевод измерений в понятные тренеру-преподавателю решения. Нейросетевые технологии распознавания движений, объединяющие инструменты компьютерного «зрения» (выделение опорных точек и траекторий) и анализ временных рядов (модели последовательностей для IMU – инерциальный измерительный модуль), создают возможность получать не массив исходных параметров, а интегральные индикаторы технической устойчивости и признаки типичных отклонений [4, 5]. В таком виде информация становится управленчески значимой. Ее можно использовать для оперативной корректировки упражнений, уточнения индивидуального коридора скорости и выбора акцента технического воздействия.

Особая ценность нейросетевого распознавания движений проявляется именно на этапе совершенствования спортивного мастерства, когда точность тренерского вмешательства критична [6, 7]. Избыточная или слишком общая коррекция способна нарушить сформированный стереотип и вызвать компенсаторные перестройки, ухудшающие соревновательную устойчивость [8]. Напротив, доказательная обратная связь, предъявленная своевременно и в измеряемых критериях, повышает согласованность тренерских требований и самооценки спортсмена, облегчая закрепление рациональных вариантов техники.

Анализ и оценка отечественных и зарубежных публикаций показывают, что цифровизация подготовки в спорте в целом развивается интенсивно, однако управленческие модели, где нейросетевое распознавание движений встроено в цикл тренерского решения относительно техники движений пловцов в ластах, представлены недостаточно полно [9, 10]. Это определяет необходимость прикладных исследований, демонстрирующих, какие технико-биомеханические показатели целесообразно использовать, каким образом они поддерживают корректирующие действия тренера-преподавателя и как отражаются на результате при сохранении логики тренировочного процесса.

Цель исследования – обосновать и апробировать модель управления технико-биомеханической подготовкой пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства на основе нейросетевых технологий распознавания движений.

Задача исследования заключается в разработке структуры цифрового контура распознавания движений, ориентированного на тренерскую коррекцию техники пловцов в ластах, в обосновании комплекса информативных показателей, отражающих устойчивость техники на соревновательной скорости, а также в экспериментальной оценке динамики результативности и технико-биомеханических индикаторов при использовании нейросетевой обратной связи в сравнении с традиционной организацией подготовки.

Гипотеза исследования состоит в том, что включение нейросетевых технологий распознавания движений в управленческий цикл технико-биомеханической подготовки пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства обеспечит статистически значимое улучшение спортивного результата и повышение устойчивости техники на высоких скоростях путем сокращения педагогического запаздывания обратной связи, объективизации наиболее важных технико-биомеханических отклонений и повышения адресности корректирующих воздействий тренера по сравнению с традиционной организацией тренировочного процесса.

Методика и организация исследования. Исследование проводилось в 2025 году на базе ГУ ДО ТО «Областная комплексная спортивная школа олимпийского резерва» (г. Тула). В исследовании приняли участие 41 пловец в ластах со стажем занятий не менее 6 лет и квалификацией 1 разряд и КМС. Участники находились на этапе совершенствования спортивного мастерства. С учетом исходного результата на 100 м и уровня технической подготовленности спортсмены были распределены на контрольную группу (КГ, $n=20$) и экспериментальную группу (ЭГ, $n=21$). На стартовом тестировании статистически значимых межгрупповых различий по ключевым показателям не выявлено ($p>0,05$).

Программа апробации была встроена в восьминедельный мезоцикл, ориентированный на стабилизацию соревновательной техники на высокой скорости и повышение эффективности финишного сегмента при сохранении общей структуры сезонной подготовки. Учебно-тренировочные занятия проводились 10 раз в неделю. Пловцы в ластах обеих групп выполняли сопоставимый по объему и направленности комплекс физических упражнений на воде и на суше. Принципиальное различие заключалось в наличии у спортсменов из ЭГ цифрового контура распознавания движений, который использовался тренером-преподавателем для оперативной коррекции технических заданий и индивидуализации целевого диапазона скорости при выполнении специальных отрезков дистанции.

В контрольной группе применялась традиционная организация учебно-тренировочных занятий этапа совершенствования спортивного мастерства пловцов в ластах. Техническая подготовка спортсменов включала целевые задания на положение корпуса, ритм волнообразного движения, координацию дыхания (в зависимости

от дистанции и специализации), а также упражнения на вариативность темпа. Коррекция осуществлялась преимущественно по результатам визуального наблюдения тренера и периодического просмотра видео. Данная практика не сопровождалась автоматизированным расчетом технико-биомеханических индикаторов.

Содержание подготовки в ЭГ и цифровой контур распознавания движений. В экспериментальной группе дважды в неделю проводились занятия с расширенной цифровой диагностикой (одна тренировка в соревновательно-скоростной направленности и одна – в специальной технико-координационной). В эти дни выполнялся модуль управляемой технической устойчивости продолжительностью 20–26 минут в основной части занятия. Модуль включал серии отрезков 6×50 м или 8×25 м (в зависимости от специализации) в зоне 90–95% соревновательной скорости с паузой активного восстановления 40–60 с. Внутри серии тренер-преподаватель фиксировал целевые технические ориентиры: удержание продольной линии корпуса, стабильность угла атаки ласты, сохранение ритма волнообразного движения и минимизация боковых отклонений.

Для регистрации движений применяли видеозапись в стандартных условиях бассейна. Использовали надводную камеру на борту и подводную камеру в зоне последних 25 м, при этом частота съемки составляла не ниже 50 кадров/с. Дополнительно фиксировали параметры движения с помощью инерциального модуля (IMU), размещаемого на голени либо на ласте, что позволяло оценивать частоту циклов, вариативность ритма и динамику угловых характеристик работы ласты. Для сопоставления алгоритмических и педагогических данных в протокол включали тренерскую экспертную оценку, оформленную как краткая шкала фиксации наиболее значимых ошибок.

Нейросетевая интерпретация данных строилась как совмещение взаимодополняющих компонентов. Модуль компьютерного зрения обеспечивал автоматическое выделение опорных точек и сегментов тела и использовался для расчета кинематических характеристик, включая временные параметры, пространственные отклонения корпуса и стабильность траектории. Его дополнял модуль анализа временных рядов, который обрабатывал данные IMU и рассчитывал показатели устойчивости ритма и угла атаки ласты с учетом фазовой структуры движения. Итогом обработки являлся краткий отчет для тренера, включавший:

- показатели устойчивости техники в контрольных отрезках;
- визуальные маркеры (фрагменты видео с подсветкой зон отклонений);
- рекомендации по корректировке задания на следующую серию (снижение/повышение целевой скорости в пределах индивидуального коридора, изменение длины серии, уточнение акцента на корпус или фазу удара ластой).

Важное методическое условие состояло в том, что алгоритмические подсказки не рассматривались как автономное управление. Решение оставалось за тренером-преподавателем, который сопоставлял цифровые индикаторы с наблюдением, соревновательными задачами спортсмена и его субъективной обратной связью. Такое построение позволяло сохранить педагогическую целесообразность и предотвращало механистическую коррекцию техники.

Эффективность апробации оценивали до и после восьминедельного мезоцикла по комплексу результативных и технико-биомеханических показателей:

1. 100 м плавания в ластах основным способом по поверхности, время (с).
2. Финишный сегмент 25 м (последние 25 м дистанции 100 м), время (с).
3. Вариативность частоты волнообразных движений в серии 6×25 м (отдых 30 с), коэффициент вариации CV_f (%), где снижение показателя трактовалось как рост устойчивости ритма.

4. Индекс стабильности угла атаки ласты (σ_{α} , град.), рассчитываемый как стандартное отклонение угла атаки по данным IMU в контрольном отрезке; меньшие значения отражали более стабильное взаимодействие ласты с водой.

5. Показатель продольной стабильности корпуса (L_{dev} , см), определяемый как среднее боковое отклонение траектории головы/плечевого пояса по видеоданным в зоне финиша; уменьшение трактовалось как снижение отрицательных колебаний и улучшение гидродинамической линии.

Выполнялась проверка распределений (критерий Шапиро–Уилка), расчет средних значений (M) и стандартных отклонений (σ). Для внутригруппового сравнения «до–после» применяли парный t -критерий, для сопоставления динамики между группами – независимый t -критерий по приростам (Δ). Уровень значимости принимали $p < 0,05$. Для интерпретации практической значимости дополнительно рассчитывали размер эффекта (Cohen's d) по ключевым показателям.

Результаты исследования. Динамика результативности и технико-биомеханических показателей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика показателей результативности и технико-биомеханической устойчивости пловцов в ластах ($M \pm \sigma$)

№ п/п	Показатель	Группа	До ($M \pm \sigma$)	После ($M \pm \sigma$)	p (внутри групп)	$p\Delta$ (меж. групп, по изменениям)
1	100 м плавание в ластах, (с)	КГ (n=20)	40,22±1,31	39,97±1,28	0,18	0,004
		ЭГ (n=21)	40,18±1,29	38,94±1,16	0,001	-
2	Финишный сегмент 25 м (последние 25 м), (с)	КГ (n=20)	9,71±0,41	9,64±0,39	0,31	0,002
		ЭГ (n=21)	9,69±0,43	9,21±0,36	0,0002	-
3	CV_f - вариативность частоты волнообразных движений в тесте 6×25 м, %	КГ (n=20)	5,8±1,3	5,6±1,2	0,46	0,001
		ЭГ (n=21)	5,9±1,4	4,5±1,1	0,0005	-
4	σ_{α} - индекс стабильности угла атаки ласты, град.	КГ (n=20)	8,4±1,9	8,2±1,8	0,55	0,001
		ЭГ (n=21)	8,6±2,0	6,9±1,6	0,0008	-
5	L_{dev} - продольная стабильность корпуса (среднее боковое отклонение), см	КГ (n=20)	12,6±2,8	12,1±2,6	0,38	0,003
		ЭГ (n=21)	12,7±2,7	10,4±2,2	0,0015	-

Примечание. p (внутригрупп.) — уровень значимости различий «до–после» (парный t -критерий). $p\Delta$ - уровень значимости межгрупповых различий по приростам Δ (независимый t -критерий). Отрицательные значения Δ отражают улучшение показателя за счет снижения времени и уменьшения вариативности/отклонений.

В контрольной группе наблюдалась умеренная положительная динамика, характерная для планового прохождения мезоцикла у пловцов в ластах данного уровня. Однако эти изменения носили фрагментарный характер. Сокращение времени на 100 м составило в среднем 0,25 с (–0,58%) при статистически незначимом внутригрупповом различии ($p=0,18$), а ускорение финишного сегмента было минимальным (–0,07 с; $p=0,31$). Одновременно показатели устойчивости техники (CV_f, σ_{α} , L_{dev}) практически не изменились. Это указывает на сохранение критически значимых дефицитов техники пловца в ластах в условиях нарастающего физического утомления.

В экспериментальной группе выявлена выраженная и статистически подтвержденная динамика как по результату, так и по основным технико-биомеханическим индикаторам. Время на 100 м уменьшилось на 1,24 с (-2,87%; $p=0,001$), а финишный сегмент ускорился на 0,48 с (-4,49%; $p=0,0002$). Это отражает повышение способности удерживать соревновательный темп в заключительной части дистанции. Существенно снизилась вариативность частоты волнообразных движений (CV_f : -23,73%; $p=0,0005$). Данное явление характеризует стабилизацию ритма при повторной работе и уменьшение эпизодов дестабилизации техники спортсмена в отдельных циклах.

Параметры, которые описывают взаимодействие ласты с водой и устойчивость положения корпуса спортсмена, также изменились в пользу ЭГ. Индекс стабильности угла атаки ласты уменьшился на 19,77% ($p=0,0008$), а показатель продольной стабильности корпуса – на 18,11% ($p=0,0015$). При сопоставлении приростов между группами межгрупповые различия по Δ оказались значимыми по всем показателям таблицы 1 ($p\Delta$ от 0,001 до 0,004), что подтверждает преимущество организации подготовки с нейросетевой обратной связью.

Таким образом, улучшение результата в ЭГ сопровождалось системным повышением устойчивости техники на соревновательной скорости. На практическом уровне это означает, что целенаправленные и оперативные корректирующие воздействия тренера становились более точными. Они были направлены на те компоненты, которые в наибольшей степени ограничивали скорость пловца в ластах на финише, и подкреплялись объективными критериями изменения техники.

Полученные в процессе исследования результаты показывают, что нейросетевое распознавание движений целесообразно рассматривать не как вспомогательный аналитический инструмент, а как часть управленческого цикла технико-биомеханической подготовки, работающую на качество тренерского решения. Важен характер выявленных изменений. Прирост результативности в ЭГ сопровождался снижением вариативности ритма и стабилизацией параметров, связанных с положением корпуса спортсмена и работой ласты. Следовательно, цифровой контур поддерживал не форсирование темпа как самоцель, а упорядочивание техники в условиях высокой скорости.

С биомеханических позиций уязвимость финишного участка дистанции во многом определяется деградацией согласованности в кинематической цепи «корпус – таз – ноги – ласта». При утомлении увеличивается рассогласование фаз, возрастает доля паразитных колебаний корпуса пловца в ластах и появляется тенденция к нестабильному углу атаки ласты. Это ухудшает гидродинамическую линию и снижает эффективность пропульсивного усилия. В предложенной модели тренер-преподаватель получал не общий сигнал о падении скорости пловца, а количественную фиксацию того, какой компонент демонстрирует снижение эффективности, когда именно это происходит и насколько выражено отклонение.

С педагогической точки зрения наиболее значимым эффектом выступило сокращение временного разрыва между ошибкой и её коррекцией. В традиционной практике часть технических нарушений обсуждается после серии или переносится на следующее занятие. Подобная практика существенно снижает точность обучения спортсмена и усложняет закрепление правильного варианта движения. Нейросетевой контур позволял тренеру-преподавателю переносить значимую долю анализа внутрь занятия и делать обратную связь прикладной. Тренер-преподаватель уточнял задание в упражнении по конкретному индикатору, который выходил за индивидуально допустимый диапазон.

Принципиальным методическим условием оставалась гибридность управления. Алгоритм не подменял тренера-преподавателя, а усиливал доказательность

его решений. Такая логика снижает риск механистической коррекции и поддерживает педагогическую целесообразность вмешательств, поскольку цифровые индикаторы интерпретируются в контексте периода подготовки, индивидуального профиля пловца в ластах и его текущего состояния.

Показатели таблицы 1 позволяют сделать важный прикладной вывод о том, что наиболее чувствительными к нейросетевой обратной связи оказались характеристики устойчивости техники спортсмена, тогда как итоговое время дистанции выступало интегральным следствием их изменения. Это уточняет подход к контролю устойчивости техники пловцов в ластах на соревновательной скорости. При внедрении распознавания движений целесообразно опираться на набор маркеров, описывающих технику на фоне утомления, и уже через них управлять скоростью и соревновательной устойчивостью.

К ограничениям работы относится продолжительность апробации и полевой характер измерений, обусловленный условиями спортивной школы. В перспективе целесообразно расширить период наблюдения на макроцикл и дифференцировать спортсменов по типологическим профилям техники (например, по доминирующему механизму потерь скорости на финише). Дополнительный исследовательский интерес представляет сопоставление эффективности нейросетевой коррекции при различных вариантах ласт (жесткость, геометрия) и в разных соревновательных дисциплинах (спринт/средние дистанции). Это позволит уточнить область практической применимости разработанного контура.

Выводы. Разработанная модель управления технико-биомеханической подготовкой пловцов в ластах на этапе совершенствования спортивного мастерства, основанная на нейросетевом распознавании движений, обеспечивает переход от преимущественно описательной оценки техники к управляемой коррекции, опирающейся на измеряемые индикаторы устойчивости движений и их изменений при работе на высокой скорости.

Результаты восьминедельной апробации на базе ГУ ДО ТО «Областная комплексная спортивная школа олимпийского резерва» (г. Тула) свидетельствуют о статистически значимом улучшении у спортсменов экспериментальной группы показателей результативности в плавании в ластах основным способом на 100 м и на финишном сегменте, а также о выраженной положительной динамике маркеров устойчивости техники, включая вариативность ритма, стабильность угла атаки ласты и продольную устойчивость корпуса ($p < 0,05$). В контрольной группе сопоставимая по выраженности и системности динамика не выявлена.

Практический эффект внедрения нейросетевого распознавания движений проявляется в сокращении педагогического запаздывания обратной связи и повышении адресности корректирующих воздействий тренера-преподавателя. Это создает условия для более надежного закрепления рационального двигательного стереотипа на соревновательной скорости и снижает риск нецелесообразных перестроек техники при выполнении скоростной работы.

Список источников

- 1 Сомова А. Е. Цифровизация физической культуры и спорта // Актуальные проблемы педагогики и психологии. 2022. Том 3, № 3. С. 30–35. EDN: VMKJIG.
- 2 Пригода Г. С., Сидоренко А. С. Анализ перспективности научно-управленческих подходов в совершенствовании тренировочного процесса квалифицированных пловцов. DOI 10.24412/2305-8404-2025-10-150-156 //

References

- 1 Somova A. E. (2022), "Digitalization of physical culture and sports", *Current Problems of Pedagogy and Psychology*, Vol. 3, No. 3, pp. 30–35.
- 2 Prigoda G. S., Sidorenko A. S. (2025), "Analysis of the prospects of scientific and managerial approaches in improving the training process of qualified swimmers", *Proceedings of Tula State University. Physical Culture. Sport*, No. 10, pp. 150–156,

- Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2025. № 10. С. 150–156. EDN: JNROZR.
- 3 Дудченко П. П. Контрастная стимуляция в тренировочном процессе пловцов в ластах: влияние на адаптацию к высокоинтенсивной работе. DOI 10.24412/2305-8404-2025-9-91-98 // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2025. № 9. С. 91–98. EDN: DVHMUF.
- 4 Chen L., Hu D. An effective swimming stroke recognition system utilizing deep learning based on inertial measurement units. DOI 10.1080/01691864.2022.2160274 // *Advanced Robotics*. 2023. Vol. 37, No. 7. P. 467–479. EDN: TVKXVI.
- 5 Automatic Swimming Activity Recognition and Lap Time Assessment Based on a Single IMU: A Deep Learning Approach / Delhaye E., Bouvet A., Nicolas G., Vilas-Boas J. P., Bideau B., Bideau N. DOI 10.3390/s22155786 // *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 15. Art. 5786. EDN: КАОННТ.
- 6 Изаак С. И. Цифровизация и интеллектуализация стратегического управления в спорте // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 5 (195). С. 153–156. EDN: MVCQAL.
- 7 Continuous Video to Simple Signals for Swimming Stroke Detection with Convolutional Neural Networks / Victor B., He Z., Morgan S., Miniutti D. DOI 10.1109/CVPRW.2017.21 // *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. Honolulu, HI, USA, 2017. P. 122–131.
- 8 Егорова Н. М. Цифровизация российского спорта: проблемы и перспективы // Известия С.-Петерб. гос. экономического ун-та. 2022. № 4 (136). С. 102–106. EDN: KLXWZQ.
- 9 Swimming Style Recognition and Lap Counting Using a Smartwatch and Deep Learning / Brunner G., Melnyk D., Sigfússon B., Wattenhofer R. DOI 10.1145/3341163.3347719 // *Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '19)*. London, United Kingdom, 9–13 Sept. 2019. New York : ACM, 2019. P. 23–31.
- 10 SwimmerNET: Underwater 2D Swimmer Pose Estimation Exploiting Fully Convolutional Neural Networks / Giulietti N., Caputo A., Chiariotti P., Castellini P. DOI 10.3390/s23042364 // *Sensors*. 2023. Vol. 23, No. 4. Art. 2364. EDN: BPPTVJ.
- 3 Dudchenko P. P. (2025), “Contrast stimulation in the training process of finswimmers: influence on adaptation to high-intensity work”, *Proceedings of Tula State University. Physical Culture. Sport*, No. 9, pp. 91–98, DOI 10.24412/2305-8404-2025-9-91-98.
- 4 Chen L., Hu D. (2023), “An effective swimming stroke recognition system utilizing deep learning based on inertial measurement units”, *Advanced Robotics*, Vol. 37, No. 7, pp. 467–479, DOI 10.1080/01691864.2022.2160274.
- 5 Delhaye E., Bouvet A., Nicolas G., Vilas-Boas J. P., Bideau B., Bideau N. (2022), “Automatic Swimming Activity Recognition and Lap Time Assessment Based on a Single IMU: A Deep Learning Approach”, *Sensors*, Vol. 22, No. 15, Art. 5786, DOI 10.3390/s22155786.
- 6 Izaak S. I. (2021), “Digitalization and intellectualization of strategic management in sports”, *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, No. 5 (195), pp. 153–156.
- 7 Victor B., He Z., Morgan S., Miniutti D. (2017), “Continuous Video to Simple Signals for Swimming Stroke Detection with Convolutional Neural Networks”, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, Honolulu, HI, USA, pp. 122–131, DOI 10.1109/CVPRW.2017.21.
- 8 Egorova N. M. (2022), “Digitalization of Russian sports: problems and prospects”, *Proceedings of St. Petersburg State University of Economics*, No. 4 (136), pp. 102–106.
- 9 Brunner G., Melnyk D., Sigfússon B., Wattenhofer R. (2019), “Swimming Style Recognition and Lap Counting Using a Smartwatch and Deep Learning”, *Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '19)*, London, United Kingdom, 9–13 Sept. 2019, New York, ACM, pp. 23–31, DOI 10.1145/3341163.3347719.
- 10 Giulietti N., Caputo A., Chiariotti P., Castellini P. (2023), “SwimmerNET: Underwater 2D Swimmer Pose Estimation Exploiting Fully Convolutional Neural Networks”, *Sensors*, Vol. 23, No. 4, Art. 2364, DOI 10.3390/s23042364.

Информация об авторе: Дудченко П.П., доцент кафедры Теории и методики физической культуры. ORCID: 0000-0002-8382-1220, SPIN-код 1088-7658.

Поступила в редакцию 28.02.2026.

Принята к публикации 21.04.2026.