Научно-практический электронный журнал
Оригинальные исследования (ОРИС), *ISSN 2222-0402*
www.ores.su
original-research.ru

УДК 004.056.55:796.325

БЛОКЧЕЙН-ФИКСАЦИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ ВОЛЕЙБОЛЬНОГО МАТЧА: КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЁННОГО РЕЕСТРА[1]

Гасанов Аслан Руслан оглы,
студент 4 курса факультета информационных технологий, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар
e-mail: natardo@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема проверки целостности и происхождения цифровых записей, связанных с результатами и судейскими решениями в волейбольном матче. В отличие от дисциплин, где результат может фиксироваться одним измерением времени или расстояния, волейбольный матч формируется последовательностью розыгрышей, судейских решений, видеоповторов и статистических записей. Предлагается концептуальная архитектура интеграции системы видеоповтора (Video Challenge System), носимых инерциальных датчиков и электронного протокола матча с блокчейн-реестром, обеспечивающая проверяемое происхождение и контроль целостности цифровых записей, связанных с итоговым протоколом матча. Архитектура предусматривает фиксацию метаданных, цифровое хеширование, электронную подпись ответственных лиц и запись контрольных значений в распределённый реестр, что позволяет выявлять последующее изменение цифровых документов и отслеживать происхождение данных, не заменяя при этом судейское решение автоматическим алгоритмом. Исследование имеет теоретико-проектный характер; программная реализация и экспериментальная проверка архитектуры в работе не проводились. Научное обоснование подхода выполнено на основе анализа исследований блокчейна в спортивной индустрии, публикаций по происхождению (provenance) данных и официальных регламентов международной федерации волейбола.

Ключевые слова: блокчейн, волейбол, судейство, Video Challenge System, электронный протокол, целостность данных, происхождение данных, смарт-контракт.

BLOCKCHAIN-BASED PROVENANCE AND INTEGRITY VERIFICATION OF VOLLEYBALL MATCH DATA: A CONCEPTUAL DISTRIBUTED-LEDGER ARCHITECTURE

Aslan R. Hasanov

[1] Научный руководитель: **Ткаченко Василий Владимирович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры компьютерных технологий и систем, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар
Scientific advisor: **Tkachenko Vasiliy Vladimirovich**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

4th-year student, Faculty of Information Technologies, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar
e-mail: natardo@yandex.ru

ABSTRACT

The article addresses the problem of verifying the integrity and provenance of digital records associated with results and referee decisions in a volleyball match. Unlike disciplines where the outcome can be captured by a single measurement of time or distance, a volleyball match result is formed by a sequence of rallies, referee decisions, video reviews, and statistical records. A conceptual architecture is proposed for integrating the Video Challenge System, wearable inertial sensors, and the electronic match protocol with a blockchain ledger, providing verifiable provenance and integrity control of the digital records associated with the final match protocol. The architecture provides for metadata capture, digital hashing, digital signatures of responsible officials, and the recording of control values in a distributed ledger, which makes it possible to detect subsequent alteration of digital documents and to trace data provenance, without replacing the referee's decision with an automated algorithm. The study is theoretical and design-oriented in nature; no software implementation or experimental validation of the architecture was carried out. The scientific rationale for the approach is based on an analysis of research on blockchain in the sports industry, publications on data provenance, and official regulations of the international volleyball federation.

Keywords: blockchain, volleyball, refereeing, Video Challenge System, electronic match protocol, data integrity, data provenance, smart contract.

Введение

Современный волейбольный матч сопровождается формированием данных из нескольких источников — электронного протокола, видеоповтора, а на турнирах высокого уровня ещё и носимых сенсоров. У каждого источника свой формат данных и своя процедура хранения, из-за чего трудно независимо убедиться, что итоговый протокол соответствует данным матча и не был изменён после его завершения.

Для отечественного волейбола проблема имеет прикладное значение: официальные результаты используются при подтверждении спортивных достижений в рамках ЕВСК [20], а ошибка в протоколе способна затруднить это подтверждение.

Статья посвящена объединению трёх источников данных — видеоповтора, электронного протокола и носимых инерциальных датчиков — в единый контур проверяемого происхождения. По результатам тематического (не систематического) поиска публикаций, где эти три источника рассматривались бы вместе применительно к блокчейн-верификации, не выявлено.

Научная новизна — концептуальная трёхуровневая архитектура, в которой электронный протокол, события VCS и данные IMU-датчиков рассматриваются как взаимосвязанные источники происхождения записей, а блокчейн фиксирует их хеши, подписи, версии и значения дерева Меркла. В отличие от решений для цифрового паспорта спортсмена или для индивидуальных дисциплин, архитектура учитывает событийную структуру командного матча.

Цель статьи — обосновать концептуальную архитектуру интеграции инструментальных систем фиксации данных волейбольного матча с блокчейн-реестром. Задачи исследования:

проанализировать исследования применения блокчейна в спорте;

систематизировать источники рисков нарушения целостности данных матча;

описать техническую основу решения — блокчейн, смарт-контракты, происхождение данных;

разработать концептуальную трёхуровневую архитектуру верификации;

определить ограничения подхода и сценарий поэтапного внедрения.

Найденные публикации делятся на три группы: обзоры блокчейна в спорте в целом, работы про происхождение и целостность данных, исследования технических систем фиксации спортивных событий.

К первой группе относится систематический обзор A.-S. Berkani с соавторами, выделяющий децентрализацию, прозрачность операций, защиту данных и смарт-контракты как ключевые направления применения блокчейна в спорте [1]. B. Schellinger, L. Ante и S. Bauers систематизируют блокчейн-приложения по группам заинтересованных сторон [2]. V. Principe с соавторами отмечает, что среди публикаций о блокчейне в спорте мало работ про интеграцию систем фиксации игровых эпизодов с реестром происхождения данных [3]; та же группа разбирает блокчейн как инструмент прозрачности при управлении мероприятиями [4]. X. Luo, J. Zhang и C. Ni рассматривают применение блокчейна на материале Азиатских игр [5]; F. Liu пишет о блокчейне как инфраструктуре больших спортивных данных [6]; K. Kim и Y. Ding — про оптимизацию блокчейн-сети [7]. Работы [5–7] используются как фоновые источники, а не как доказательство применимости к волейболу.

Вторая группа — теоретическая база работы. D.-O. Jaquet-Chiffelle, E. Casey и J. Bourquenoud предлагают защищённый блокчейн-журнал с временными метками для проверки целостности данных [11]; A. J. Akbarfam и H. Maleki систематизируют применение блокчейна для отслеживания происхождения данных и вводят понятия целостности, подлинности и истории преобразований [12].

Третья группа — исследования инструментальных систем измерения. J. Kolaja анализирует эффективность RFID-систем спортивного хронометража [8]; C. Sipos и G. Maklari подтверждают точность RFID-измерений на примере триатлона [9]; правила World Athletics закрепляют требования к сертификации таких систем [10]. Эти работы посвящены дисциплинам с непрерывным измерением и используются как методологический ориентир, а не как доказательство применимости RFID к волейболу.

В отечественной практике А. В. Родионов и Т. Г. Богорадникова разработали модель децентрализованной системы цифрового паспорта спортсмена на основе блокчейна [13], посвящённую профилю спортсмена в целом, а не верификации матча. Пилотный проект «Мой спорт» — «Госключ» — «Мастерчейн», где результаты соревнований по триатлону подписывались судьями и сохранялись через смарт-контракт, по данным отраслевой публикации [14] иллюстрирует реализуемость подхода; поскольку источник вторичный (Хабр), это предварительное свидетельство, требующее подтверждения первоисточником.

Архитектуры, объединяющей источники данных, специфичные для игровых видов спорта, в единый верифицируемый блокчейн-реестр, в рассмотренной литературе не выявлено — это и определяет место настоящей работы.

Методы

Работа носит теоретико-проектный характер: программная реализация и апробация на реальных данных не проводились. Методы: анализ научной литературы по блокчейну и data provenance; сравнительный анализ технических регламентов и исследований инструментальных систем (видеоповтор, RFID, инерциальные датчики); логико-

структурное проектирование архитектуры. Экспериментальная проверка обозначена как направление дальнейшего исследования.

Поиск публикаций проводился в августе 2026 г. в базах Scopus, Google Scholar и arXiv на русском и английском языках, по запросам «blockchain sports», «blockchain volleyball», «data provenance sports», «video challenge system», «wearable sensors volleyball». Включались публикации о блокчейне в спорте, о data provenance либо о технических системах фиксации спортивных событий; исключались работы о продаже спортивных токенов и коллекционных активах. Процедура не соответствует методологии PRISMA и не включает протокол регистрации, что является одним из ограничений работы.

Блокчейн — распределённый реестр: цепочка блоков, каждый из которых содержит хеш предыдущего, что делает незаметное изменение записи задним числом практически неосуществимым при работающем консенсусе. Смарт-контракт — программа в блокчейн-сети, автоматически исполняющая заданные условия без посредников.

Для связи с реальным миром используется оракул — механизм, передающий внешние данные в понятном контракту виде. Здесь заключена «проблема оракула»: при ошибке оракула контракт зафиксирует данные, неизменные в реестре, но не соответствующие событию. Полностью проблема не устраняется; снижают риск несколько независимых оракулов с сопоставлением показаний, взаимная подпись данных, аппаратные модули доверенной загрузки, журналирование и разделение полномочий между оператором VCS, секретарём и техническим делегатом.

Разграничены четыре понятия: целостность (запись не изменена), подлинность (связь с заявленным устройством), происхождение (известна история преобразований), достоверность (соответствие фактическому событию). Архитектура обеспечивает первые три свойства, но не гарантирует достоверность исходной фиксации — это остаётся зоной ответственности оператора, судьи или калибровки устройства.

Результаты

В индивидуальных дисциплинах риск сосредоточен в одном измеряемом параметре. В волейболе риски рассредоточены по нескольким независимым источникам и включают как добросовестные ошибки, так и потенциальные злоупотребления.

Первый источник — судейские решения. Судья остаётся решающей инстанцией: по регламенту VCS решение первого судьи по итогам просмотра окончательно и обжалованию не подлежит [15]. Эпизоды без запроса challenge не проходят официальный видеопросмотр; это не означает отсутствия видеоматериала — он может существовать, но формально не проверяется и не фиксируется в реестре. Регламент VCS не устанавливает механизм независимой распределённой фиксации хешей видеосегментов после матча, поэтому вопрос долгосрочной проверки неизменности записей остаётся открытым. Важно разграничивать добросовестную ошибку (проблема качества и проверки) и намеренную манипуляцию (проблема контроля).

Второй источник — манипуляция результатами. FIVB рассматривает это как отдельную проблему добросовестности и предлагает обучающий курс [19]. Блокчейн фиксирует последовательность операций с протоколом и повышает аудируемость записи, но не выявляет договорной характер соревнования — это задача расследования и дисциплинарного производства.

Третий источник — целостность статистических показателей протокола, которые могут храниться без независимого контроля истории изменений. Поскольку официальные протоколы могут использоваться для подтверждения спортивных достижений [20], их защищённость значима не только для конкретного матча.

Четвёртый источник — вспомогательный: носимые инерциальные датчики. Они фиксируют прыжковую нагрузку и относятся к аналитике и медицинскому контролю, а не к определению счёта. IMU-данные не доказывают правильность счёта: их включение

продиктовано задачей единой системы происхождения данных, а не автоматизацией судейства, и подключаются на расширенном этапе внедрения.

С этими рисками связаны три инструментальные системы. Первая — Video Challenge System (VCS). По регламенту VCS Regulations 2026 у команды есть право максимум на два запроса challenge за сет: успешный сохраняет право, безуспешный уменьшает счётчик на один, при неоднозначном результате сохраняется исходное решение; счётчик обнуляется в начале сета. Регламент 2026 года предусматривает два режима: запрос по последнему действию розыгрыша (в течение семи секунд) и тестовый режим challenge ранее совершённого действия с отметкой (bookmark) во время розыгрыша; решение первого судьи в обоих случаях окончательно [15]. Правила 2025–2028 годов закрепляют видеоповтор как инструмент справедливости [16]. Регламент VCS описывает процедуру просмотра, а не механизм хранения хешей видеосегментов после матча.

Вторая система — носимые инерциальные датчики (например, VERT), фиксирующие число прыжков, высоту и ударную нагрузку на выборке элитных волейболистов [17]; подсчёт прыжков надёжен, ударная нагрузка демонстрирует широкий разброс. Результаты получены на ограниченной выборке, перенос на массовый волейбол требует проверки. Более новое решение — датчик на поясе и свёрточная сеть — классифицирует тип прыжка с точностью F1 = 0,90 на выборке из 10 игроков и 337 прыжков [18]; на момент подготовки статьи это препринт (EMBC 2025), при наличии изданной версии ссылку целесообразно заменить.

Третий источник — электронный протокол матча (e-scoresheet), фиксирующий составы, замены, результаты розыгрышей и запросы VCS [15]; синхронизация с видеоповтором зависит от решения организатора. Протокол остаётся удобной точкой интеграции с реестром, поскольку уже существует в структурированном цифровом виде.

Из перечисленных источников складывается предлагаемая концептуальная трёхуровневая архитектура: уровень внешних источников данных, интеграционный (оракульный) уровень и уровень блокчейн-реестра с проверяемым итоговым результатом. Общая схема потоков данных представлена на рисунке 1 и в таблице 1.

Рисунок 1. Схема потоков данных предлагаемой архитектуры

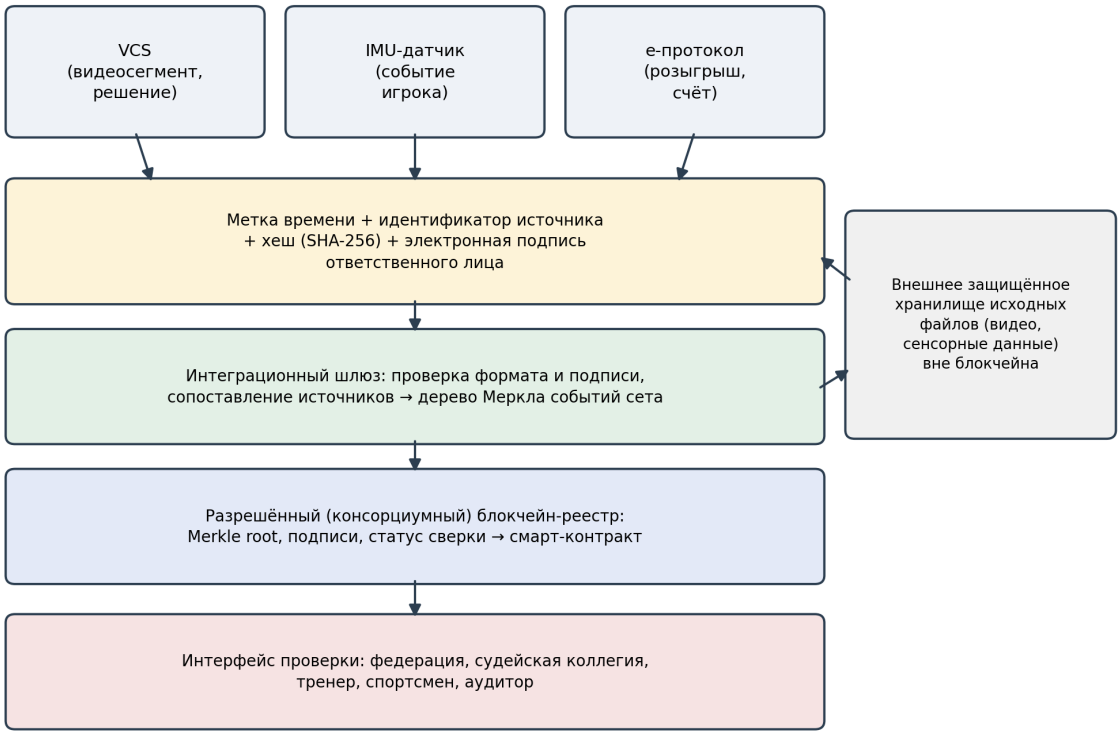

Рисунок 1. Общая схема потоков данных предлагаемой архитектуры

Ур.	Источник	Фиксируемые данные	Операция	Результат	Функция верификации
1	VCS	видеосегмент, метка времени, решение судьи	хеширование сегмента, электронная подпись	защищённая запись эпизода	источник для анализа видеоповтора и решения по challenge
1	IMU-датчик*	идентификатор игрока, тип и время события	проверка формата, подпись пакета данных	сенсорное событие	вспомогательный источник аналитических данных; не подтверждает счёт
1	e-протокол	розыгрыш, счёт, замена, запрос VCS	цифровая подпись судейской бригады	структурированный протокол сета	официальный источник итогового результата и статистики
2	Интеграционный шлюз	пакет хешей событий сета	сопоставление источников, построение Merkle tree	корень дерева Меркла событий сета	техническая сверка, не подтверждение самого события
3	Блокчейн-реестр	Merkle root, подписи, статус сверки	смарт-контракт фиксации и обработки расхождений	проверяемый итоговый протокол матча	подтверждает неизменность и происхождение записи, но не правильность решения

Таблица 1. Структура потоков данных предлагаемой архитектуры и функция верификации каждого источника

* IMU-датчик — опциональный модуль, подключаемый на расширенном этапе внедрения.

Уровень внешних источников данных. VCS, носимые датчики и электронный протокол подключаются к оракульному шлюзу; оракул — не камера или датчик, а механизм, передающий данные из внешней системы в блокчейн. Каждое показание снабжается меткой времени, идентификатором и хешем SHA-256; хешировать целесообразно не непрерывный видеопоток, а отдельные события, формируя пакет за сет. Видеофайлы и необработанные данные в блокчейн не записываются, хранятся во внешнем хранилище; в реестр помещаются только хеш, метка времени, идентификаторы и статус проверки. Хеш подтверждает лишь соответствие копии ранее зафиксированному состоянию — не качество записи, не полноту сегмента и не правильность судейского решения.

Интеграционный и оракульный уровень. По окончании сета хеши событий объединяются в дерево Меркла. Лист дерева — хеш события: Li = H(match_id ‖ set_id ‖ rally_id ‖ timestamp ‖ event_type ‖ source_hash), где первые три поля связывают событие с матчем, сетом и розыгрышем, timestamp и event_type фиксируют время и тип, а source_hash — контрольное значение исходного файла. Корень дерева записывается в блокчейн вместе с подписями первого судьи, секретаря, оператора VCS и технического делегата. Merkle proof не обязателен в самой записи: он формируется при проверке и хранится во внешнем хранилище со ссылкой на корень в реестре, что позволяет проверить принадлежность

события без раскрытия остальных событий сета. Расхождения между источниками смарт-контракт фиксирует по формальным правилам и передаёт на ручную проверку судейскому корпусу, а не трактует автоматически как фальсификацию.

Уровень блокчейн-реестра и проверки результата. Архитектура предполагает разрешённый (консорциумный) блокчейн с неравномерным распределением ролей: валидаторами могут выступать федерация, организатор, региональная организация и технический оператор; судьи и технический делегат — подписантами записей, не обязательно являясь узлами консенсуса; тренерский штаб и спортсмены — пользователями интерфейса проверки без прав записи. Итоговый протокол фиксируется как запись, устойчивая к незаметному изменению; исправление ошибки не удаляет исходную запись, а создаёт новую подписанную версию, связанную с предыдущей.

Важно разграничивать, что подтверждает архитектура. Блокчейн-реестр подтверждает неизменность записи, связь с подписантом, происхождение данных и последовательность изменений. Он не подтверждает правильность судейского решения, отсутствие договорного характера матча, достоверность данных при ошибке оператора, полноту видеопотока и правильность автоматической классификации события.

Основные угрозы целостности данных волейбольного матча и предусмотренные архитектурой механизмы защиты обобщены в таблице 2.

Угроза	Источник	Механизм защиты	Ограничение
Изменение электронного протокола	е-протокол	хеширование и электронная подпись записи	не устраняет ошибку оператора при вводе данных
Подмена видеосегмента	VCS	хеш файла и метка времени	не подтверждает полноту исходного видеопотока
Компрометация датчика	IMU	идентификатор устройства, подпись пакета данных	зависит от корректности калибровки устройства
Несогласованность событий между источниками	несколько источников	сверка по времени, идентификаторам и построение Merkle tree	требует ручной проверки судейским корпусом
Ошибка или компрометация оракула	интеграционный шлюз	несколько независимых оракулов, взаимная подпись, аудит и журналирование	проблема оракула не устраняется полностью

Таблица 2. Основные угрозы целостности данных волейбольного матча и предусмотренные архитектурой механизмы защиты

Проверка соответствия документа включает шаги: получить копию, вычислить хеш по SHA-256, найти запись и Merkle proof в реестре, проверить подпись, сопоставить хеш и метаданные, при расхождении сформировать новую версию, не удаляя исходную. Если команда оспаривает протокол, комиссия проходит эти шаги и устанавливает, изменялись ли документы, а содержательную оценку эпизода проводит по видеозаписи, а не по факту совпадения хешей.

Отдельного ограничения требует масштабируемость: запись каждого сенсорного измерения в блокчейн нецелесообразна из-за объёма данных и стоимости транзакций; практичнее агрегировать показания на уровне сета и записывать только контрольные значения.

По сообщениям отраслевых источников, в России уже реализован пилотный проект блокчейн-фиксации протоколов на платформе «Мастерчейн» [14]; отдельные элементы модели переносимы на волейбол, но интеграция событий розыгрышей и сенсорных данных потребует дополнительного проектирования, поскольку структура результата в командных играх иная, чем в индивидуальных дисциплинах.

Предлагается внедрять архитектуру в три этапа: минимальный — хеширование и подпись итогового протокола; средний — фиксация событий розыгрышей, замен и решений VCS; расширенный — интеграция данных датчиков, аудиторский доступ федерации и цифровой паспорт спортсмена [13] для учёта показателей при присвоении разрядов.

Обсуждение

Архитектура не устраняет проблему оракула полностью: блокчейн защищает уже зафиксированные данные, но не восполняет их, если камера физически не зафиксировала эпизод, и не заменяет решение судьи. Дополнительное ограничение — стоимость оснащения: сертифицированные VCS и IMU-датчики применяются преимущественно на профессиональном уровне, тогда как массовый волейбол, где и происходит присвоение разрядов, такого оснащения обычно не имеет.

Отдельного внимания требует защита персональных данных: показания датчиков относятся к сведениям о физическом состоянии игрока, поэтому нужно хранить первичные данные вне блокчейна, записывать в реестр только хеши, псевдонимизировать идентификаторы игроков и разграничивать доступ между тренерским штабом, врачом, федерацией и внешним аудитором.

Наконец, юридическая оценка блокчейн-протокола в спортивных спорах требует отдельного анализа законодательства и выходит за рамки настоящей статьи.

Выводы

Проведённый анализ показал, что блокчейн целесообразно рассматривать не как средство автоматического определения правильности судейского решения, а как инфраструктуру фиксации целостности, происхождения и последовательности обработки цифровых данных матча. Предложена концептуальная трёхуровневая архитектура: внешние источники данных, интеграционный и оракульный уровень, уровень блокчейн-реестра с проверяемым итоговым протоколом. Наиболее реалистично поэтапное внедрение — от подписи и хеширования протокола до интеграции событий видеоповтора и сенсорных данных. Ограничения подхода — достоверность внешних источников, защита персональных данных, стоимость оборудования и неопределённый юридический статус блокчейн-записи. Направление дальнейшего исследования — пилотная апробация архитектуры на реальных или симулированных данных матча.

Список литературы:

1. Berkani A.-S., Moumen H., Benharzallah S., Yahiaoui S., Bounceur A. Blockchain Use Cases in the Sports Industry: A Systematic Review // International Journal of Networked and Distributed Computing. 2024. Vol. 12. P. 17–40. DOI: 10.1007/s44227-024-00022-3
2. Schellinger B., Ante L., Bauers S. B. Blockchain Use Cases and Concepts in Sports: A Systematic Review // Proceedings of the 30th European Conference on Information Systems (ECIS 2022), Timisoara, Romania, 2022.

3. Principe V. A. et al. A Systematic Literature Review of Blockchain Technology and the Sports Industry // Cultura, Ciencia y Deporte. 2025. Vol. 20, No. 63. Art. 2208. DOI: 10.12800/ccd.v20i63.2208
4. Principe V., Ribeiro T., López-Carril S. Transformative Blockchain Technological Approaches to Sports Events // Frontiers in Sports and Active Living. 2025. Vol. 7. Art. 1547137. DOI: 10.3389/fspor.2025.1547137
5. Luo X., Zhang J., Ni C. Research on the Application of Blockchain Technology in Sports Events Under the Background of Asian Games // Proceedings of the 2023 3rd International Conference on Public Management and Intelligent Society (PMIS 2023). Atlantis Press, 2023. P. 204–214. DOI: 10.2991/978-94-6463-200-2_22
6. Liu F. Integration and Dissemination of Sports Big Data Based on Blockchain // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Vol. 2022. Art. 3208904. DOI: 10.1155/2022/3208904
7. Kim K., Ding Y. Research on Optimization of Blockchain Network and Data Communication in the Ecological Structure of Sports Industry // Complexity. 2021. Vol. 2021. Art. 3523681. DOI: 10.1155/2021/3523681
8. Kolaja J. Effectivity of Sports Timing RFID System, Field Study // Proceedings of the 2019 14th International Conference on Telecommunications (ConTEL). IEEE, 2019. P. 235–238. DOI: 10.1109/CT.2019.8892108
9. Sipos C., Maklari G. Analysis of the Effectiveness of RFID Systems in Triathlon // GeoSport for Society. 2022. Vol. 16, No. 1.
10. World Athletics. Competition and Technical Rules, Book C: Technical Rules. World Athletics, официальный сайт. URL: https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules (дата обращения: 11.08.2026).
11. Jaquet-Chiffelle D.-O., Casey E., Bourquenoud J. Tamperproof Timestamped Provenance Ledger Using Blockchain Technology // Forensic Science International: Digital Investigation. 2020. Vol. 33. Art. 300977. DOI: 10.1016/j.fsidi.2020.300977
12. Akbarfam A. J., Maleki H. SOK: Blockchain for Provenance // arXiv preprint. 2024. arXiv:2407.17699. URL: https://arxiv.org/abs/2407.17699
13. Родионов А. В., Богорадникова Т. Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование децентрализованной информационной системы формирования паспорта спортсмена с использованием блокчейн // System Analysis & Mathematical Modeling. 2024. Т. 6, № 1. С. 103–114. DOI: 10.17150/2713-1734.2024.6(1).103-114
14. Зарубин В. Блокчейн в спортивных приложениях: возможности и проблемы // Хабр, 24.11.2023. Раздел «Приложения и системы учёта данных спортивных состязаний» — со ссылкой на пилотный проект платформы «Мастерчейн» по подписанию и блокчейн-фиксации протоколов спортивных соревнований в России. URL: https://habr.com/ru/articles/776152/ (дата обращения: 11.08.2026).
15. FIVB. The Volleyball Video Challenge System Regulations 2026. Fédération Internationale de Volleyball, 2026. URL: https://www.fivb.com/wp-content/uploads/2024/05/VCS-Regs-2026_clean-v2.pdf (дата обращения: 11.08.2026).
16. FIVB. Official Volleyball Rules 2025–2028. Fédération Internationale de Volleyball, утверждены 39-м Конгрессом FIVB, 2024. URL: https://www.fivb.com/wp-

content/uploads/2025/01/FIVB-Volleyball_Rules2025_2028-EN-v05.pdf (дата обращения: 11.08.2026).
17. Damji F., MacDonald K., Hunt M. A., Taunton J., Scott A. Using the VERT Wearable Device to Monitor Jumping Loads in Elite Volleyball Athletes // PLOS ONE. 2021. Vol. 16, No. 1. e0245299. DOI: 10.1371/journal.pone.0245299
18. Xu W., Wang C., Shang M., De Bleecker C., Torres Vega M., Vanrenterghem J., Vanrumste B. AI-assisted Automatic Jump Detection and Height Estimation in Volleyball Using a Waist-worn IMU // arXiv preprint. 2025. arXiv:2505.05907 (принята к докладу на конференции EMBC 2025).
19. FIVB. Annex: FIVB Prevention of the Competition Manipulation Course (PCMC). Fédération Internationale de Volleyball, 2024. URL: https://www.fivb.com/wp-content/uploads/2024/05/Annex-FIVB-PREVENTION-OF-THE-COMPETITION-MANIPULATION-COURSE-PCMC.pdf (дата обращения: 11.08.2026).
20. Приказ Министерства спорта Российской Федерации от 03.03.2025 № 173 «Об утверждении положения о Единой всероссийской спортивной классификации» (зарегистрирован в Минюсте России 10.04.2025, рег. № 81801).

References:

1. Berkani A.-S., Moumen H., Benharzallah S., Yahiaoui S., Bounceur A. Blockchain Use Cases in the Sports Industry: A Systematic Review // International Journal of Networked and Distributed Computing. 2024. Vol. 12. P. 17–40. DOI: 10.1007/s44227-024-00022-3
2. Schellinger B., Ante L., Bauers S. B. Blockchain Use Cases and Concepts in Sports: A Systematic Review // Proceedings of the 30th European Conference on Information Systems (ECIS 2022), Timisoara, Romania, 2022.
3. Principe V. A. et al. A Systematic Literature Review of Blockchain Technology and the Sports Industry // Cultura, Ciencia y Deporte. 2025. Vol. 20, No. 63. Art. 2208. DOI: 10.12800/ccd.v20i63.2208
4. Principe V., Ribeiro T., López-Carril S. Transformative Blockchain Technological Approaches to Sports Events // Frontiers in Sports and Active Living. 2025. Vol. 7. Art. 1547137. DOI: 10.3389/fspor.2025.1547137
5. Luo X., Zhang J., Ni C. Research on the Application of Blockchain Technology in Sports Events Under the Background of the Asian Games // Proceedings of the 2023 3rd International Conference on Public Management and Intelligent Society (PMIS 2023). Atlantis Press, 2023. Pp. 204–214. DOI: 10.2991/978-94-6463-200-2_22
6. Liu F. Integration and Dissemination of Sports Big Data Based on Blockchain // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Vol. 2022. Art. 3208904. DOI: 10.1155/2022/3208904
7. Kim K., Ding Y. Research on Optimization of Blockchain Network and Data Communication in the Ecological Structure of Sports Industry // Complexity. 2021. Vol. 2021. Art. 3523681. DOI: 10.1155/2021/3523681
8. Kolaja J. Effectivity of Sports Timing RFID System, Field Study // Proceedings of the 2019 14th International Conference on Telecommunications (ConTEL). IEEE, 2019. Pp. 235–238. DOI: 10.1109/CT.2019.8892108

9. Sipos C., Maklari G. Analysis of the Effectiveness of RFID Systems in Triathlon // GeoSport for Society. 2022. Vol. 16, No. 1.
10. World Athletics. Competition and Technical Rules, Book C: Technical Rules. World Athletics, official website. URL: https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules (accessed: 11.08.2026).
11. Jaquet-Chiffelle D.-O., Casey E., Bourquenoud J. Tamperproof Timed Provenance Ledger Using Blockchain Technology // Forensic Science International: Digital Investigation. 2020. Vol. 33. Art. 300977. DOI: 10.1016/j.fsidi.2020.300977
12. Akbarfam A. J., Maleki H. SOK: Blockchain for Provenance // arXiv preprint. 2024. arXiv:2407.17699. URL: https://arxiv.org/abs/2407.17699
13. Rodionov A. V., Bogorodnikova T. G. Object-oriented analysis and design of a decentralized information system for generating an athlete's passport using blockchain // System Analysis & Mathematical Modeling. 2024. Vol. 6, No. 1. Pp. 103–114. DOI: 10.17150/2713-1734.2024.6(1).103-114
14. Zarubin V. Blockchain in sports applications: opportunities and challenges // Habr, 24.11.2023. Section "Applications and data accounting systems for sports competitions" — with a reference to the pilot project of the "Masterchain" platform for signing and blockchain-based recording of sports competition protocols in Russia. URL: https://habr.com/ru/articles/776152/ (accessed: 11.08.2026).
15. FIVB. The Volleyball Video Challenge System Regulations 2026. Fédération Internationale de Volleyball, 2026. URL: https://www.fivb.com/wp-content/uploads/2024/05/VCS-Regs-2026_clean-v2.pdf (accessed: 11.08.2026).
16. FIVB. Official Volleyball Rules 2025-2028. Fédération Internationale de Volleyball, approved by the 39th FIVB Congress, 2024. URL: https://www.fivb.com/wp-content/uploads/2025/01/FIVB-Volleyball_Rules2025_2028-EN-v05.pdf (accessed: 08/11/2026).
17. Damji F., MacDonald K., Hunt M. A., Taunton J., Scott A. Using the VERT Wearable Device to Monitor Jumping Loads in Elite Volleyball Athletes // PLOS ONE. 2021. Vol. 16, No. 1. e0245299. DOI: 10.1371/journal.pone.0245299
18. Xu W., Wang C., Shang M., De Bleecker C., Torres Vega M., Vanrenterghem J., Vanrumste B. AI-assisted Automatic Jump Detection and Height Estimation in Volleyball Using a Waist-worn IMU // arXiv preprint. 2025. arXiv:2505.05907 (accepted for presentation at the EMBC 2025 conference).
19. FIVB. Annex: FIVB Prevention of the Competition Manipulation Course (PCMC). Fédération Internationale de Volleyball, 2024. URL: https://www.fivb.com/wp-content/uploads/2024/05/Annex-FIVB-PREVENTION-OF-THE-COMPETITION-MANIPULATION-COURSE-PCMC.pdf (date of application: 08/11/2026).
20. Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated 03.03.2025 No. 173 "On Approval of the Regulations on the Unified All-Russian Sports Classification" (registered with the Ministry of Justice of Russia on 04/10/2025, reg. No. 81801).