

ВИТАЛИЙ КАШУБА
ИРИНА ХМЕЛЬНИЦКАЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Резюме. Стаття презентує сучасні технології отримання інформації для вимірювання, реєстрації та управління руховою функцією людини. Представлені апаратні та програмні комплекси, які використовуються для контролю як тренувальної, так і змагальної діяльності спортсменів.

Summary. The article presents the modern information technologies for measuring, registering and monitoring human motor function. The presented hardware & software systems are used for control of training and competitive activity of athletes.

Постановка проблемы. Техническое мастерство спортсменов — интегральное понятие теории и методики спортивной тренировки. Оно, в свою очередь, базируется на таких понятиях, как спортивная техника и техническая подготовка. Спортивная техника — это система двигательных действий спортсмена, направленная на достижение высоких спортивных результатов в избранном виде спорта [1]. Формирование и совершенствование двигательных действий — это многогранный процесс, неотделимый от учебно-тренировочного процесса и от условий внешней среды, в которой спортивное движение выполняется [4]. Техническая подготовка — специфическая форма организации тренировочного процесса, целью которой является использование педагогических средств, позволяющее спортсменам достичь требуемого уровня технического мастерства. В настоящее время многие специалисты [1, 7] считают техническую подготовку ведущим стратегическим направлением современной спортивной тренировки.

В преддверии подготовки к Играм Олимпиады 2008 г. в Пекине (Китай) система современной спортивной тренировки, по нашему мнению, должна быть направлена на реализацию более эффективной методологии технической подготовки спортсменов, которая основывается на объективных количественных биомеханических параметрах элементов спортивной техники, а учебно-тренировочный процесс должен быть организован так, чтобы внешняя среда приобретала такие новые свойства, которые бы являлись не только оптимальными по отношению к различным физическим факторам, но и стимулировали бы определенные биомеханически рациональные направления в совершенствовании спортивно-технического мастерства.

Перечисленные факты позволяют биомеханически обосновывать и создавать новые автоматизированные системы управления тренировочным процессом, при использовании которых осуществляется воздействие на различные стороны подготовки спортсменов.

В настоящее время автоматизированные системы управления в спортивной тренировке позволяют моделировать такие условия чувственного отражения действительности, благодаря которым спортсмены могут объективно и за короткое время с достаточной полнотой познать внутренние закономерности движений со сложнокординатной структурой.

Анализ специальной научно-методической литературы свидетельствует о том, что в настоящее время в практике спорта одним из наиболее перспективных методов регистрации и анализа двигательных действий спортсменов являются опτικο-электронные методы, на основании которых

осуществляется биомеханический видеокомпьютерный анализ.

Большинство видеокомпьютерных анализаторов — это дорогостоящие аппаратные средства и программные продукты (от 4 тыс. евро за программное обеспечение “Dartfish” до 100 тыс. евро за систему захвата движения “Peak Motus”). За последние 20 лет наблюдается неуклонная тенденция к увеличению доли программного обеспечения в общей стоимости систем видеокомпьютерного анализа по сравнению с первыми видеоанализирующими системами, в которых основную стоимость представляли аппаратные средства.

В настоящее время рынок видеокомпьютерных систем представляют многие зарубежные производители: “Peak Performance Inc.” (Италия), “Savvy Knowledge Systems Corp.” (Канада), “Vicon-370”, “Oxford Metrics”, “Qualisys” (Великобритания), “Simi” (Германия), “Dartfish” (Швейцария), “Зенит-2000” (Россия) и др.

Как показывает практика, технология биомеханического видеокомпьютерного анализа включает в себя проведение съемки видеокамерой (стандартной, с частотой 25 (формат PAL) или 30 кадров в секунду (формат NTSC), или специализированной, с частотой от 200 до 1 000 000 кадров в секунду) и обработку полученных видеogramм с помощью программного обеспечения. В зависимости от числа используемых камер, которые работают синхронизированно, биомеханический анализ можно осуществлять как в одной, так и в двух, трех плоскостях.

Большое разнообразие систем видеокомпьютерного анализа, по нашему мнению, можно классифицировать по нескольким критериям (рис. 1). По используемой аппаратуре системы видеокомпьютерного анализа можно классифицировать на использующие специализированное оборудование (например, “Biomech ELITE”, “Qualisys”) и использующие стандартные видеокамеры (например, “Simi”, “Dartfish”). По характеристикам программного обеспечения системы видеокомпьютерного анализа делятся на системы, в которых предусмотрено получение количественных параметров двигательного действия, и системы, в которых проводится качественный, визуальный анализ видеоклипов (например, наложение, стробирование по кадрам). Как правило, системы, предоставляющие возможность проведения количественного биомеханического анализа, работают не со стандартным, а со специализированным видеооборудованием.

В течение более 18 лет “Peak Performance Technologies, Inc” (Италия) разрабатывает системы измерения движения “Peak Motus”. В настоя-

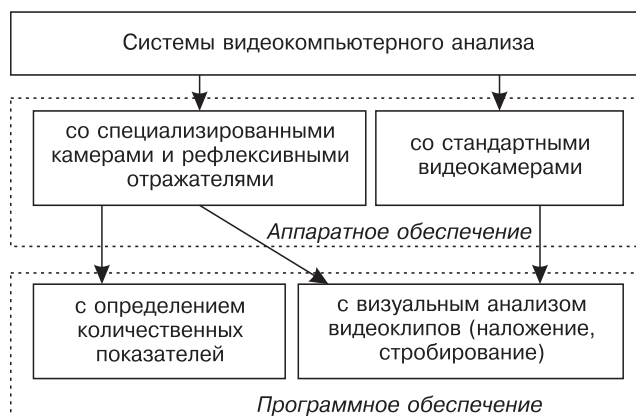


Рис. 1. Схема классификации систем видеокомпьютерного анализа

щее время “Peak” предлагает разнообразные системы для анализа двигательных действий спортсмена.

Так, системы захвата движения “Peak Motus” используют цифровое и аналоговое видео с имеющимися в наличии и собственными разработанными аппаратными средствами для захвата координат движущихся объектов. Система “Peak Motus” допускает использование нескольких способов получения 2- или 3-мерных данных: ручную или автоматически. Система выполняет оптическое прослеживание, т. е. идентифицирует в реальном времени отражающие маркеры, размещенные на объекте. Контрастирующие маркеры автоматически отслеживаются, даже если они выходят из поля зрения объективов. В системе “Peak Motus” осуществляется также синхронизированный сбор данных от отдельного или нескольких аналоговых устройств. В число типовых систем “Peak Motus” входят: 2-мерная стандартная видеосистема, позволяющая вычислять линейные и угловые перемещения, пространственно-временные характеристики 2-мерного движения; 3-мерная система сбора данных в полевых условиях для получения 3-мерных координат с цифровых видеокамер, в которую входят блок синхронизации и портативная калибровочная рамка; 2- или 3-мерные высокоскоростные системы слежения с высокоскоростными видеокамерами (рис. 2), которые снимают до 10 тыс. кадров в секунду. Чтобы выполнить автоматическое отслеживание от двух или больше камер и вычислить 3-мерную кинематику баллистических движений, используются пассивные рефлексивные маркеры. Максимальное число камер — 16, работающих в реальном режиме времени. На рис. 3 представлена 3-мерная система оценки естественных локомоций человека.

К последнему поколению оптико-электронных систем, предназначенных для количественного

анализа двигательных действий, можно отнести "Biomech ELITE" (Италия). Получение аналоговых и цифровых сигналов одновременно в режиме реального времени делает "Biomech ELITE" быстрой и эффективной системой для многофакторного анализа движения. Она базируется на последнем поколении систем "ELITE", позволяющих очень точно и объективно анализировать сложнокоординационно двигательные действия спортсмена на основе принципа распознавания пассивных маркеров. В результате количественного анализа двигательного действия можно получить как кинематические, так и биодинамические характеристики. На рис. 4 изображены окна программы системы "Biomech ELITE".

Важной особенностью аппаратных и программных возможностей системы "Biomech ELITE" является способность к расширению и изменению конфигурации согласно со специфическими потребностями пользователя: до 16 телевизионных камер для каждой комплектации "ELITE 2002" и до 4 синхронизированных комплектов в одной и той же интегрированной системе, а также возможность подключения до 4 тензоплатформ различных марок, и до 32 электромиографических каналов.

Система "Qualisys Systems" (Великобритания) использует специальные "ProReflex MCU" камеры (рис. 5), производимые компанией "Qualisys". В данной системе автоматически определяется число подключенных камер и порт, с которым они связаны. Цифровые камеры "MCU", разработанные с использованием современной цифровой технологии для бесконтактного точного измерения движения, являются ключевыми компонентами аппаратных средств в системе захвата движения "Qualisys". Каждая "MCU" излучает инфракрасный свет, который отражается от рефлексивных маркеров. Камеры "MCU" могут быть объединены для обеспечения как 2-, так и 3-мерных данных. Компактный дизайн "ProReflex MCU" позволяет устанавливать несколько специализированных цифровых процессоров в пределах камеры, что дает возможность обрабатывать видеоданные непосредственно и конвертировать их в координаты. Система "ProReflex MCU" может включать от 1 до 32 камер в зависимости от задач использования.

Система "ProReflex MCU" может поставляться в четырех версиях в зависимости от максимальной частоты измерения, которая нужна пользователю (MCU120 с максимальной частотой 120 Гц, MCU240 (240 Гц), MCU500 (500 Гц) и MCU1000, которая работает с частотой 1000 Гц). Система захвата движения "Qualisys", имеющая импульсную частоту до 1000 Гц (кадров в секунду), объ-



Рис. 2. 3-мерная оптическая система захвата



Рис. 3. 3-мерная система оценивания естественных локомоций

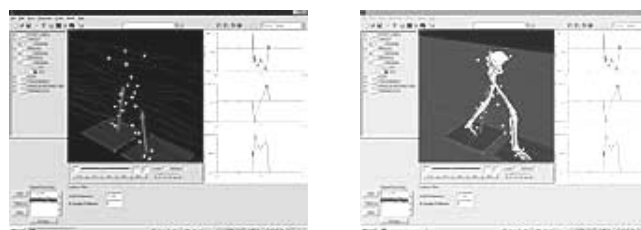


Рис. 4. Распечатка с экрана компьютера: окна программы ELITE Biomech



Рис. 5. Специальные "ProReflex MCU" камеры системы Qualisys

единает видеоустройства, тензоплатформы, электромиографы и т. д., обеспечивая синхронизацию данных. Вычисляются количественные биомеханические характеристики: кинематические и динамические, а также оценивается осанка и показатели равновесия.

Для передачи бесконтактного стартового импульса в системе “ProReflex” используется внешний оптический датчик, состоящий из инфракрасного передатчика и отражателя. Максимальное расстояние между датчиком и отражателем — 3 м. Число аналоговых каналов, данные от которых регистрирует система “ProReflex”, — от 16 до 64.

В состав типовой системы с возможностью анализа двигательных действий в спорте в 3-мерной системе координат входит: 8 камер “ProReflex” 240 Гц; треноги или настенные крепления, переносной кейс, кабели и калибровочное устройство, ПК для сбора данных (настольный или ноутбук), программное обеспечение “Qualisys” управления отслеживанием для получения данных (QTM), программное обеспечение визуального 3-мерного анализа. Система “Qualisys” поддерживает до 64 каналов аналоговых данных.

При выполнении 3-мерных измерений систему “Qualisys” необходимо калибровать, что занимает приблизительно 30 с; результат калибровки представляется визуально. При получении данных в 2- и 3-мерных координатах система “Qualisys” выполняет их отслеживание автоматически с помощью рефлексивных маркеров различного размера (рис. 6). Программное обеспечение системы предоставляет возможность просмотра данных от каждой камеры и их обработки в 2-мерной (координаты x, y и размер маркера) и 3-мерной (координаты x, y и z от каждого маркера) системах координат (рис. 7, 8).

Система “Qualisys” имеет открытую архитектуру — исходные коды, поставляемые с комплектом программного обеспечения, написаны в Microsoft Visual Studio C++, но ко встроенной архитектуре можно обратиться на любом современном языке программирования типа C++, Delphi, VB и т. д., которые поддерживают технологию Microsoft COM.

Система “SIMI Motion” (Германия) (рис. 9, 10) предназначена для анализа движений с автоматическим прослеживанием без использования маркеров. В системе “SIMI Motion” обеспечивается синхронизированный захват видео и аналоговых данных. Специальные камеры Basler 602f (рис. 11) с частотой кадров 100—300 Гц могут быть связаны с компьютером стандартными интерфейсами FireWire (IEEE 1394). Эти камеры более высокого

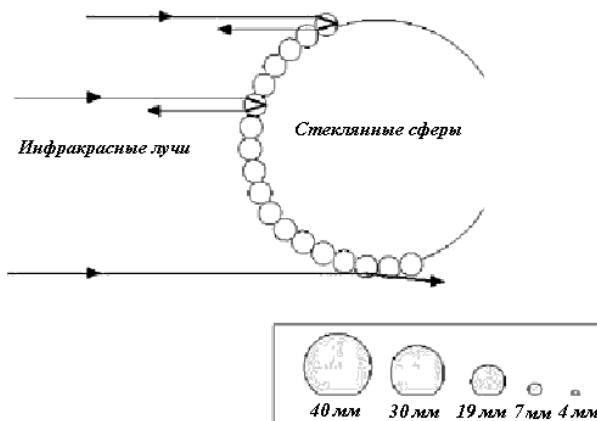


Рис. 6. Рефлексивные маркеры системы Qualisys

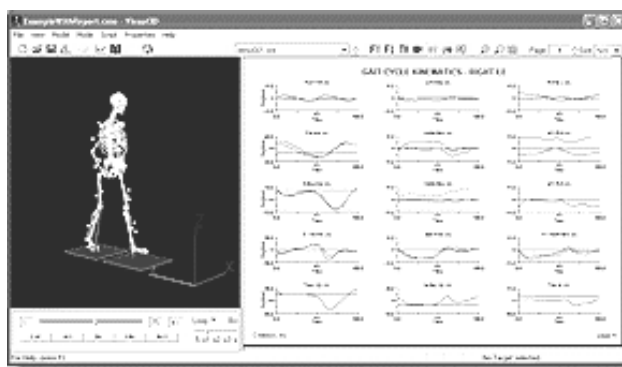


Рис. 7. Программное обеспечение 3-мерного анализа в Qualisys

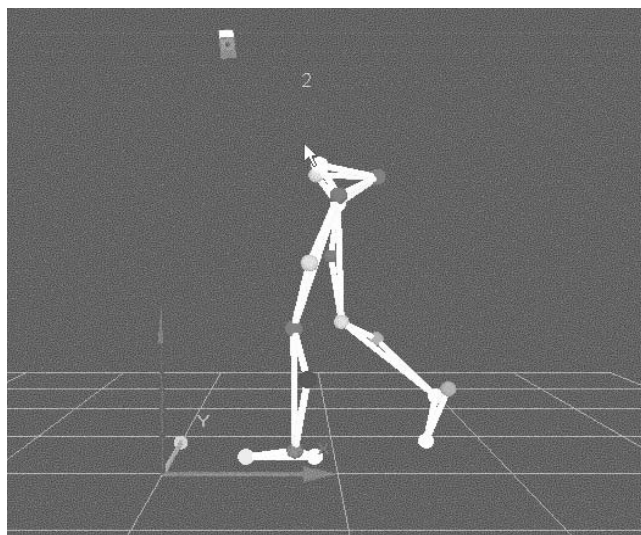


Рис. 8. Программное обеспечение Qualisys управления отслеживанием для получения данных (QTM)

уровня, чем стандартные цифровые камеры, так как имеют 100 кадров в секунду (не чересстрочные полукадры) и разрешение 656 × 492 пиксель. Также имеется возможность увеличения временного разрешения за счет сокращения размера изображения: 200 Гц для 400 × 300 пиксель или 300 Гц для 400 × 200 пиксель.



Рис. 9. Система анализа движений с автоматическим прослеживанием без маркеров SIMI Motion



Рис. 10. Высокоскоростные решения SIMI с программным обеспечением 3-мерного анализа движения компьютером, 6 камерами (A301fc) и несколькими сотнями метров кабеля



Рис. 11. Быстродействующие камеры Basler 602f

“SIMI” использует программное обеспечение “SIMI Motion” для захвата изображений с 4 или 6 камер, и все видеопотоки автоматически синхронизируются с аналоговыми данными (тензоплатформами, электромиографией и т. д.). Видеокадры сохраняются, как файлы, в формате AVI и могут быть обработаны стандартным программным обеспечением для видеоредактирования, а также с помощью специальных, предусмотренных в программном обеспечении “SIMI Motion” (обрезание, вращение, зеркальное изображение и т. д.). Полученные данные могут экспортиро-



Рис. 12. Прыжок в высоту: видеоанализ с SIMI Twiner

ваться, как текстовые файлы или как таблицы Microsoft Excel, и передаваться другому программному обеспечению для обработки, например, “SIMI Motion”, “MatLab” или “SPSS”.

Программное обеспечение “Видео микс” позволяет осуществлять наложение двух или более видеоклипов друг на друга, а также измерять величину углов и расстояний, которые пользователь отметил на видеоклипе.

Вследствие того что вся система базируется на стандартных компонентах, она весьма недорогая: начиная всего с 35 тыс. евро за 4 камеры, сопряженный компьютер, программное обеспечение “SIMI Motion” для 3-мерного анализа.

В 2004 г. “SIMI” разработана высокоскоростная система захвата движения, которая использует два сопряженных синхронизированных компьютера. Эта система создана для того, чтобы измерять сложнокоординатные движения с помощью 12-высокоскоростных камер, при этом каждый из компьютеров может обрабатывать данные, исходящие от 6 камер, снимающих со скоростью 50 кадров в секунду.

На рис. 12 представлена “SIMI Twiner”, которая предназначена для работы с двумя работающими синхронизированно цифровыми видеокameraми. Программное обеспечение “SIMI Twiner” предоставляет функциональные возможности “разбиения видео”, а также “смешивания видео” (рис. 13) для наложения до девяти видеоклипов. Синхронным воспроизведением двух отдельных видеоклипов можно сравнить технику одного и того же или различных спортсменов и использовать видеопоказ и инструменты рисования, чтобы выдвинуть на первый план ключевые стороны выполнения движения. Функциональные возможности “стробоскопа” создают одно изоб-

ражение, содержащее несколько наложенных изображений движения кадр за кадром.

Наряду с видеоаппаратурными диагностическими комплексами популярными стали также программные продукты, которые выполняют визуализацию спортивной тренировки с помощью наложения изображений, полученных с двух отдельных видеокамер (аналогично рассмотренной выше системе “SIMI”), с целью визуального сравнения (“Dartfish”, Швейцария; “WIGE Data”, Германия).

Программное обеспечение “Dartfish” состоит из нескольких модулей. Модуль “In the Action” предоставляет непосредственную визуальную обратную связь. Благодаря этой технологии спортсмены могут максимально сократить время совершенствования техники двигательных действий в реальном режиме времени. Выполнение двигательного действия можно автоматически просматривать в непрерывном режиме, замедленном, либо кадр за кадром, чтобы откорректировать ошибки в спортивной технике, не прерывая учебно-тренировочного процесса.

Модуль “Analyze the Action” включает следующие возможности: используя “SimulCam”, можно наложить одно спортивное выступление на другое для точного сравнения (рис. 14); с помощью “StroMotion” можно разбить спортивное движение кадр за кадром (рис. 15); “MultiPlay” предназначен для того, чтобы выделить и перетащить от 2 до 4 видеоклипов на один экран и синхронизировать их для точного сравнения. Используя программу “Drawing”, можно рисовать линии, окружности, прямоугольники, углы и т.п. на видеоизображении, а также определять величину отмеченных углов и расстояний.

Модуль “Video Management System” — это видеоуправляющая система для импорта/экспорта видеоинформации в цифровом формате (DV). “Basic Analysis Tools” — это пакет основного анализа. В него входит программа “MultiPlay”, позволяющая воспроизводить несколько клипов



Рис. 13. Видеосмешивание в анализе прыжка в высоту



Рис. 14. Наложение одного спортивного выступления на другое в SimulCam

(от 2 до 4), разбив экран для просмотра соответственно на 2 или 4 части; а также выполнять простое наложение клипов, синхронизацию, увеличение размеров окна до размера всего экрана. “Sports Video Player” — это видеопроигрыватель, с помощью которого можно воспроизводить замедленное движение, движение на полный экран, осуществлять покадровый просмотр, создавать свой список воспроизведения. “Additional Tools” — это дополнительные прог-



Рис. 15. Разделение спортивного движения кадр за кадром с помощью StroMotion



Рис. 16. Игрок осваивает тактические схемы с помощью системы TASS

раммы, предоставляющие следующие сервисы: захват моментального снимка, печать моментального снимка, пересылку клипов по электронной почте.

В настоящее время для анализа соревновательной деятельности в игровых видах спорта разработаны и с успехом используются специальные видеоанализирующие системы. Например, "Anderson Technologies Inc." (США) представляет системы имитации командных действий "TASS" (рис. 16). Системы "TASS" предназначены для улучшения тактической подготовки в игровых командных видах спорта. Они дают возможность улучшить командную игру и взаимодействие игроков; проводить статистический анализ двигательных действий; имитировать последующие матчи; записывать и эффективно осваивать тактические схемы, как в группе, так и самостоятельно; изучать тактические действия будущих противников; проводить тактические тренировки с игроками команды, не собирая их в одном месте.

Системы имитации командных действий могут быть использованы в таких олимпийских ви-

дах спорта как футбол, баскетбол, водное поло, гандбол, волейбол, все виды хоккея, теннис и др.

Информационная система "Зенит-2000" (Россия) [6] (рис. 17), которая разработана для тактической подготовки хоккеистов непосредственно в тренировочном процессе или матче, представляет собой телевизионную бесконтактную систему с компьютерной обработкой биомеханических параметров объектов, которые движутся. Система состоит из видеоконтрольного устройства, соединенного с компьютером, на котором установлено специальное программное обеспечение. Применение информационно-технической системы "Зенит-2000" в тренировочном процессе обеспечивает тренеров и спортсменов визуальной информацией (в реальном масштабе времени) о различных параметрах выполняемых игроками двигательных действий, повышая при этом эффективность управления процессом совершенствования технического мастерства хоккеистов. На основе системы "Зенит-2000" создана методика группового тестирования хоккеистов, применение которой позволило снизить затраты времени на его проведение более чем на 50 %.

Система "Зенит-2000" обеспечивает решение разных задач научных исследований: обучение сложным элементам спортивной техники, тактической подготовки, осуществление педагогического контроля, анализ игр в реальном масштабе времени, а также использование в виде скоростного анализатора биомеханических параметров любых сложнокоординатных движений.

В настоящее время видеоанализирующие системы входят в состав информационных систем обеспечения соревнований. Система "WIGE DATA" оказывала информационную поддержку в проведении VII Всеафриканских игр 1999 г. в Йоханнесбурге (Южная Африка); чемпионатов

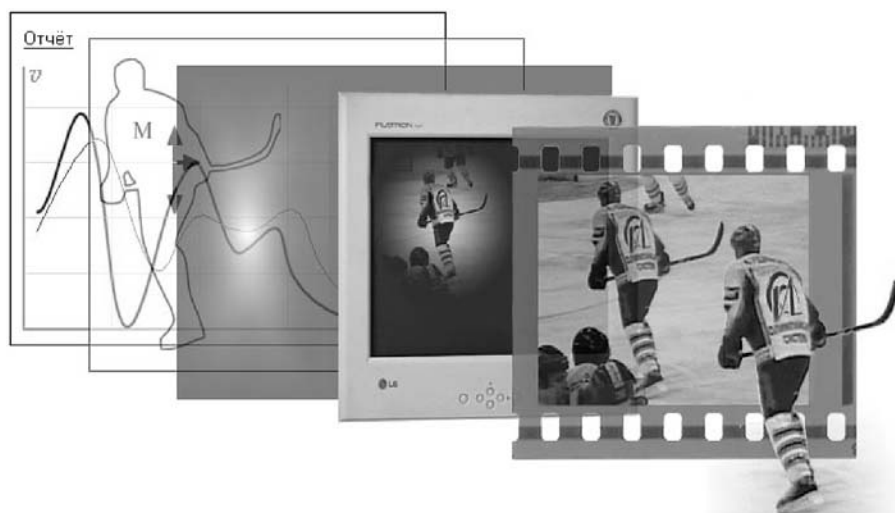


Рис. 17. Информационная система "Зенит"

мира по зимним видам спорта 1999 и 2001 гг.; Игр Олимпиады 2000 г. в Сиднее (контракт с "SWATCH"); Игр Доброй Воли 2001 г. в Брисбане (Австралия); зимних Олимпийских игр 2002 г. в Солт-Лейк-Сити; кубков мира, чемпионатов мира по бобслею, прыжкам на лыжах, лыжным гонкам, сноубордунгу, санному спорту, фигурному катанию, боксу, гребле, гандболу, баскетболу, хоккею, хоккею на льду, триатлону, бегу на коньках и т. д.

Подсистемы "WIGE DATA" позволяют получать кинематические характеристики двигательных действий как в 2-, так и в 3-координатных осях, работать с видеоклипами: накладывать видеоизображение двух спортсменов, набирать статистический материал, создавать базы данных. Информация транслируется по каналам телевидения, а также оперативно передается в сеть Интернет.

Результаты исследования. Как показал анализ специальной литературы, в настоящее время на рынке систем видеоконピューтерного анализа отсутствуют такие системы, которые бы работали со стандартными видеокамерами и в то же время предоставляли возможность определения количественных биомеханических характеристик двигательного действия спортсмена. Как раз такими функциями обладает программный комплекс (ПК) биомеханического видеоконピューтерного анализа "BioVideo", который разработан на кафедре кинезиологии Национального университета физического воспитания и спорта Украины И.В. Хмельницкой под руководством А.Н. Лапутина и В.А. Кашубы.

ПК "BioVideo" предназначен для получения кинематических и динамических характеристик двигательных действий спортсмена по видеogramме. В аппаратное обеспечение входит цифровая или аналоговая видеокамера и персональный компьютер. Если используется аналоговая видеокамера, то для захвата видеоклипов компьютеру требуется специальная плата — видеораббер.

В ПК "BioVideo" входят:

- модуль "Конструктор" KONSTR;
- модуль снятия координат точек KOORD;
- модуль расчета характеристик двигательных действий спортсмена RESULT;
- модуль построения биокинематической схемы двигательного действия спортсмена SCHEME.

Модуль "Конструктор" KONSTR предназначен для составления модели схемы исследуемого динамического объекта. В модель может входить все тело спортсмена или его отдельные биозвенья, например, только нижняя конечность, и т. д. Модели схем исследуемых объектов могут



Рис. 18. Распечатка с экрана компьютера: окно программы снятия координат точек

состоять из различного числа точек, в зависимости от цели исследования. В этом смысле программа "Конструктор" является универсальной. В программе "Конструктор" можно создавать модели, включающие до 100 точек.

Модуль снятия координат точек KOORD предназначен для определения координат точек тела спортсмена либо спортсмена и снаряда (ласты для подводного плавания, велосипед, автомобиль, шест и т. д.) в процессе его движения. Снятие координат точек проводится по модели схемы, которая построена с помощью программы "Конструктор". В этом смысле программа снятия координат точек также является универсальной (рис. 18).

Программа KONSTR работает с файлами кадров видеосъемки двигательного действия спортсмена. При проведении съемки необходимо соблюдать биомеханические требования, в том числе установить масштабную линейку длиной 1 м (или масштабные линейки — вертикальную и горизонтальную).

Модуль расчета характеристик двигательных действий спортсмена RESULT вычисляет количественные биомеханические характеристики: кинематические и динамические — с помощью следующих опций:

- параметры точек (покадровый просмотр результатов вычисления биомеханических характеристик точек тела человека; рис. 19, а);
- параметры суставов (покадровый просмотр параметров суставов тела спортсмена);
- параметры биозвеньев (покадровый просмотр параметров биозвеньев тела спортсмена; рис. 19, б);
- энергия (покадровый просмотр результатов вычисления энергетических показателей биозвеньев тела человека; рис. 19, в);

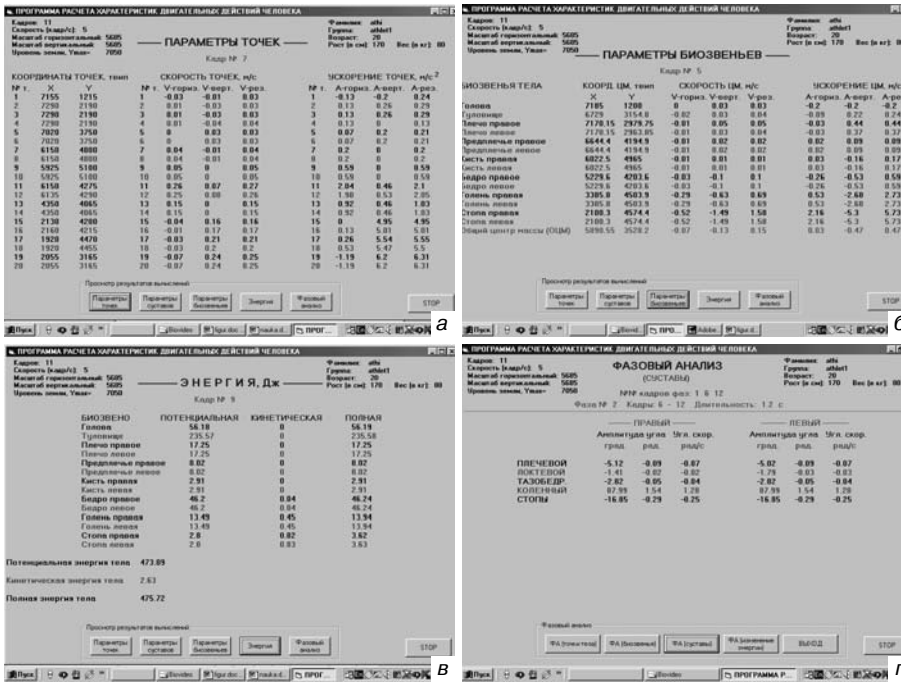


Рис. 19. Режим просмотра результатов вычислений: а — параметры точек тела человека; б — кинематические показатели биозон тела человека; в — энергетические показатели биозон; г — результаты фазового анализа

• фазовый анализ (позволяет просмотреть результаты фазового анализа; рис. 19, г);

• просмотр схемы.

Для суставов в фазовом анализе вычисляются амплитуды углов и угловая скорость.

Модуль построения биомеханической схемы движения спортсмена SCHEME позволяет просмотреть распределение центров масс биозон как всего тела спортсмена, так и отдельных его биозон в каждом кадре двигательного действия, построить траектории движения по каждой из выбранных точек, центрам масс биозон и общему центру масс (ОЦМ).

Опция “Одиночный” в блоке “Просмотр схемы” позволяет покадрово просмотреть назначенные траектории (рис. 20, а), а опция “Групповой” — биомеханическую схему (рис. 20, б).

Программный комплекс “BioVideo” может быть использован в биомеханике спорта для анализа и моделирования двигательных действий, а также прогнозирования способов совершенствования техники выполнения (на основе контроля

как тренировочной, так и соревновательной деятельности спортсмена).

Вывод

Таким образом, одним из важнейших в спортивной подготовке является использование оптико-электронных методов, на которых основана работа автоматизированных видеокomпьютерных систем, выполняющих задачи биомеханического анализа.

Преимуществом разработанного на кафедре кинезиологии Национального университета физического воспитания и спорта Украины программного комплекса “BioVideo” является возможность получения количественных биомеханических характеристик (эти возможности отсутствуют, например в таком рассмотренном выше программном обеспечении, как SIMI Motion и Dartfish). Модули “BioVideo” определяют не только кинематические, но и динамические характеристики двигательного действия. В то время как в большинстве систем биомеханического анализа динамические характеристики рассчитыва-

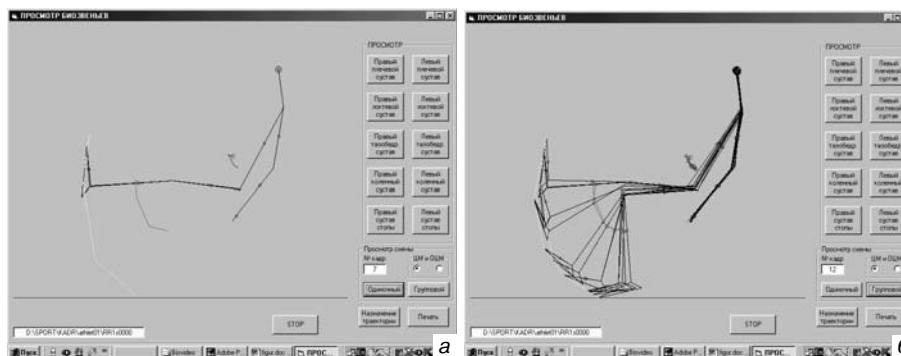


Рис. 20. Просмотр назначенных траекторий: а — с помощью опции “Одиночный”; б — с помощью опции “Групповой”

ются по данным, получаемым с тензоплатформ, в “BioVideo” динамические характеристики определяются так же, как и кинематические — по видеограмме двигательного действия, что дает возможность контроля соревновательной деятельности спортсменов высокой квалификации. Программный комплекс “BioVideo” предусматривает определение биомеханических характеристик ЦМ биозвеньев и ОЦМ всего тела человека, а также выполнение фазового анализа двигательного действия.

Поскольку программный комплекс “BioVideo” создавался для работы с доступной для нас аппаратурой, например с аналоговыми или цифровыми видеокамерами, естественно, координаты точек приходится отмечать вручную, а не в автоматическом режиме, который обеспечивается, например, с помощью специальных отражательных маркеров инфракрасного света в ELITE Biomech и Qualisys. Программный комплекс “BioVideo” может использоваться для анализа двигательного действия в 3-мерном пространстве, выполняя обработку видеограмм с каждой отдельной камеры. Эта проблема, как было указано выше, заключается не в программном обеспечении, а в аппаратном, т. е. в наличии устройства, которое синхронизирует работу нескольких камер.

Программный комплекс “BioVideo” представляет несомненную ценность, как инструмент анализа двигательного действия по кадрам видеосъемки, которая может быть произведена с любой допустимой для аппаратного обеспечения

скоростью, поскольку пользователь имеет возможность задавать эту скорость программно (она учтена в “BioVideo” при определении всех количественных характеристик).

1. *Лапутин А.Н., Бобровник В.И.* Олимпийскому спорту — высокие технологии. — К.: Знання, 1999. — 164 с.
2. *Лапутин А.Н., Кашуба В.А., Сергиенко К.Н.* Технология контроля двигательной функции стопы школьников в процессе физического воспитания. — К.: Дія, 2003. — 68 с.
3. *Островський М.* Відеокomp’ютерний аналіз рухів як засіб контролю за встановленням технічної майстерності атлета // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. — 2003. — № 1. — С. 130—133.
4. *Попов Г.И.* Биомеханические основы создания предметной среды для формирования и совершенствования спортивных движений. — М.: 1999. — 42 с.
5. *Хмельницька І.В.* Біомеханічний відеокomp’ютерний аналіз спортивних рухів: Метод. посібник. — К.: Наук. світ, 2000. — 56 с.
6. *Шахматов М.В., Зайцев В.К., Тихонов И.Д., Кузьмин А.В.* Информационно-тренажерная система “Zenit-2000”. — М.: МФТИ, РГУФКСТ, ОАО “Импульс”, 2003. — 70 с.
7. *Шестаков М.* Биомеханические аспекты подготовки прыгунов и спринтеров высокого класса // Бюл. ИААФ. — М.: Терра-Скорей, 2000. — 2 (4). — С. 156—170.
8. *Ariel.* High technology in athletic training and performance analysis // California, CA, U.S.A. XII Intern. Symposium on Biomechanics in sports. — Budapest, 1994. — P. 104.
9. *Augulo R.V., Dapena J.* Comparison Film and video Techniques for Estimating Three-Dimensional Coordinates Within a Lange Field // Inter. J. Sport Biomech. — 1992. — № 2. — P. 145—151.
10. www.dartfish.com. 2004.
11. www.noraxon.com. 2004.
12. www.qualisys.se. 2004.
13. www.wige-data.de. 2004.
14. www.simi.com. 2004.