

# ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ТАКТИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ СПОРТСМЕНОВ В СПОРТИВНЫХ ИГРАХ



*Виталий Каиуба, Юрий Юхно, Ирина Хмельницкая*  
Национальный университет физического воспитания  
и спорта Украины

### Анотація

В роботі проаналізовано використання сучасних автоматизованих систем аналізу техніко-тактичних дій у змагальній і тренувальній діяльності спортсменів у спортивних іграх. Описані принципи роботи, загальна архітектура і функціональні можливості сучасних комплексів аналізу відеозаписів спортивних ігор. Розглянуто 3 групи автоматизованих систем: 1) комп'ютерні системи статистичного аналізу на основі відеозаписів – аналіз матчів виконується людиною вручну при перегляді відеозаписів; 2) автоматизовані системи відстеження гравців на основі відеозаписів – стадіон обладнується достатньою кількістю камер для покриття всього поля; об'єкти на полі автоматично розпізнаються по відеозаписах; 3) електронні системи відстеження – їх дія заснована на використанні мікрочіпів, що розміщуються на гравцях / суддях / м'ячі і подальшому відстеженні їх переміщення за допомогою радіохвиль.

**Ключові слова:** автоматизовані системи, техніко-тактичні дії, спортивні ігри.

### Annotation

This paper presents the reviewing about the using of advanced automated systems for the analysis of the athlete's technical and tactical actions in competition and training in sports games. The principles of operation, the overall architecture and functionality of modern systems for the analysis of sports games on the videorecording are described. Three groups of automated systems are considered: 1) the computer systems for statistical analysis based on the videorecording – the match's analysis is performed manually by a person watching videos, and 2) an automated player's tracking system based on the videorecording – the stadium is equipped with a sufficient number of cameras to cover the entire field, the objects on the field are automatically recognized by videorecording, 3) electronic tracking system – their action is based on the use of microchips placed on the players / judges / ball and track their movements using radio waves.

**Key words:** automated systems, technical-tactical actions, sports games.

**Постановка проблеми. Анализ последних исследований и публикаций.** Олимпийский спорт на современном этапе развития требует высоких спортивных результатов, что в свою очередь стимулирует специалистов к решению проблем повышения эффективности и качества тренировочного процесса [3, 10–12].

Рост спортивных результатов в большинстве видов спорта происходит за счет совершенствования технико-тактических действий спортсменов [1, 15].

Качественные и количественные характеристики игрового соревновательного противоборства являются элементами единой системы, и ее функционирование зависит от эффективности каждой составляющей, поэтому необходим системный подход к исследованию соревновательной деятельности.

В настоящее время широко представлен анализ технико-тактических действий в соревновательной деятельности спортсменов в игровых видах спорта. Уже давно разработаны различные варианты условно-кодированной записи игр, позволяющие фиксировать технико-тактические действия, выполняемые спортсменами в ходе игры [2, 4, 5, 18].

Видеозапись игры позволяет изучать следующие компоненты



соревновательной деятельности: содержание и объем технико-тактических действий, эффективность технико-тактических действий, загруженность зон в атаке и эффективность нападения в различных игровых ситуациях (после приема и в «доигровке»). Многочисленные исследования показывают, что современные спортивные игры характеризуются значительным увеличением интенсивности игры за счет повышения скорости развития атак, использованием игроков задней линии в нападении [18].

С развитием компьютерной техники появились новые информационные технологии, расширяющие возможности записи технико-тактических действий в процессе игр. Разработаны качественные компьютерные программы, позволяющие записывать технико-тактические действия в наиболее полном объеме, оценивать не только эффективность технических приемов, но и определять такие показатели, как направление нападающего удара, загруженность зон в атаке и прочее [18].

При анализе результативности и эффективности технико-тактических действий в соревновательной деятельности особый интерес вызывает сравнительная характеристика данных показателей у победителей и побежденных. Подобные исследования позволяют выявить наиболее весомые факторы, определяющие победу одной команды над другой. Это необходимо для определения приоритетов в тренировочном процессе высококвалифицированных спортсменов [2, 18].

Поэтому, имея эти знания, тренер может эффективно построить технико-тактические

действия команды индивидуально к каждому противнику.

Работа выполняется согласно темы «Сводного плана научно-исследовательской работы в сфере физической культуры и спорта на 2011-2015 г.г.» по теме 2.16 «Совершенствование средств технической и тактической подготовки квалифицированных спортсменов с использованием современных технологий измерения, анализа и моделирования движений», номер государственной регистрации 01100U0022416.

**Цель работы:** проанализировать и систематизировать научные знания, касающиеся вопроса использования автоматизированных систем анализа технико-тактических действий спортсменов в спортивных играх

Компьютерный анализ видеоданных соревновательной и тренировочной деятельности открывает новые возможности для оценки технико-тактических характеристик команд и игроков. В настоящее время компьютерные программы сбора и анализа информации становятся незаменимыми и важными средствами для достижения успехов в современном спорте.

Автоматизированные системы анализа технико-тактических действий спортсменов в спортивных играх подразделяются на **3 группы [18]:**

1. Статистические системы компьютерного анализа на основе видеозаписей – анализ матчей выполняется человеком вручную при просмотре видеозаписей [21, 23, 25, 27, 28].

2. Автоматизированные системы отслеживания игроков на основе видеозаписей – стадион оборудуется достаточным количеством камер для покрытия всего поля; объекты на поле автоматически распознаются по видеозаписям [13, 14, 22, 24, 29].

3. Электронные системы отслеживания – их действие основано на использовании микрочипов, размещаемых на игроках/судьях/мяче и дальнейшем отслеживании их перемещения с помощью радиоволн [20].

Возрастающая динамика спортивных соревнований требует более точного видения и анализа ситуации на спортивной арене.

На сегодняшний день в практике современного спорта известно значительное количество программ, предназначенных для автоматизированного анализа технико-тактических действий спортсменов в игровых видах спорта – ProZone, Amisco Pro, Lifeinhockey, DrillDraw, Play Manager, Technicoach, IsoLynx, Video Markup, Pointstreak, Vis track, ST-EVA, ИТС Zenit и др.

Принципы работы системы отслеживания игроков на основе видеозаписей состоят в **следующем:**

1. Спортивный объект оборудуется видеокамерами для покрытия всего поля. Каждая точка поля должна покрываться минимум 2 камерами, что повышает точность распознавания объектов (рис. 1, 2).

2. Видеозаписи синхронизируются между собой, затем про-

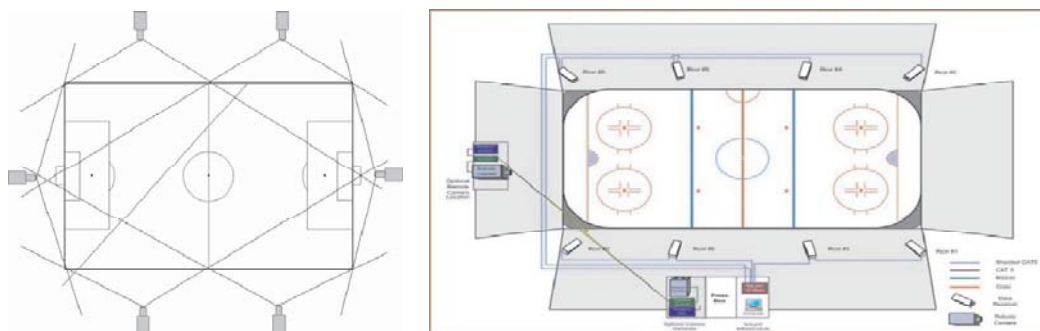


Рис. 1. Схема расположения оборудования на спортивном сооружении [6, 20].





**Рис. 2. Способы расположения видеокамер на спортивных объектах для анализа технико-тактических действий спортсменов [26].**

водится автоматический анализ технико-тактических действий спортсменов. В результате исследования определяются наборы объектов и координаты этих объектов на поле.

3. Полученные данные подвергаются анализу и визуализации. Возможна корректировка полученных данных и внесение новых сведений о игре, которые не могут автоматически распознаваться. Результа-

ми этапа являются статистические отчеты и экранная визуализация.

Общая архитектура программного комплекса анализа видеозаписей спортивных игр приведена на рис. 3 [6]. Программные комплексы предназначены для распознавания видеозаписей спортивных игр, визуализации результатов и расчета статистических характеристик о технико-тактических действиях команд и игроков.

Для анализа соревновательной деятельности в различных видах спорта бывает достаточно и одной – двух камер (рис. 4), а для исследования технико-тактических действий спортсменов в спортивных играх может потребоваться уже от 12 – 15 до 24 камер [26]. Автоматизированные программные комплексы обеспечивают: запись и хранение видеозаписей матчей; синхронизацию



**Рис. 3. Общая архитектура программного комплекса анализа видеозаписей спортивных игр [6].**



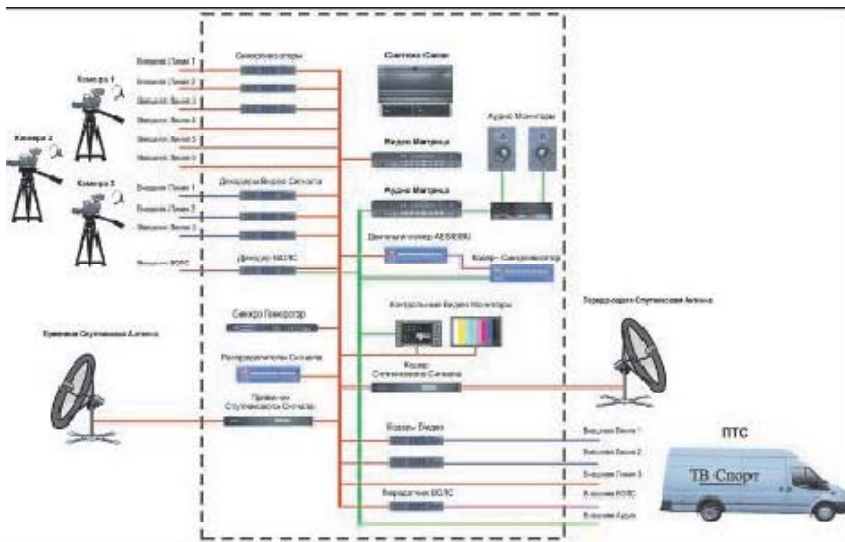


Рис. 4. Схема спутниковой передачи видеозображения на спортивных соревнованиях [26].

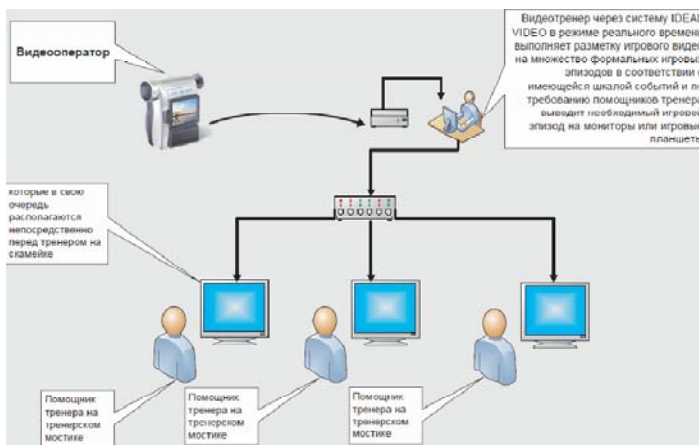
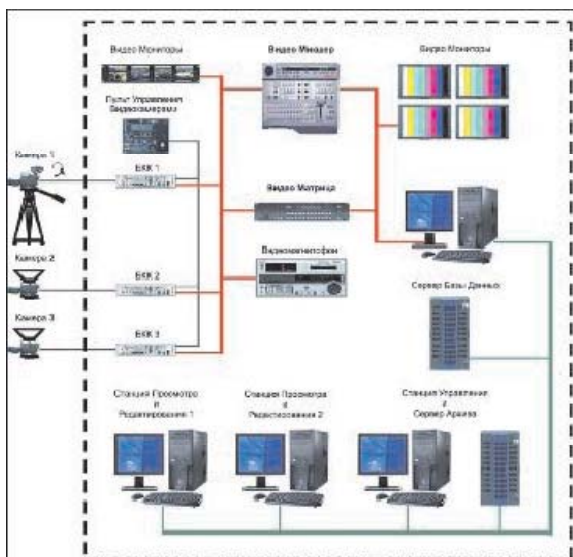


Рис. 5. Схема видеозаписи и обработки видеозображения спортивных мероприятий [21, 26].

видеозаписей с различных камер; поиск и отслеживание объектов в видеозаписи; статистический анализ данных после поиска и отслеживания; визуализацию полученных результатов.

Подсистема ввода видеозаписей обеспечивает запись и дальнейшее сохранение матчей (рис. 5, 6).

Централизованный модуль обработки видеозаписей записывает потоки данных от видеокамер в файлы с уникальными идентификаторами. Идентификатор включает номер камеры, день матча и названия команд. Видеозаписи хранятся в дереве каталогов с ие-

рархией видеозаписей/ игра/игровой день/турнир.

Модуль генерации отчетов о состоянии хранилища формирует статистику о количестве видеозаписей для одной игры/дня/турнира, о текущем объеме видеозаписей.

Подсистема предварительной обработки обеспечивает перевод видеозаписей во внутренний формат обработки и дальнейшую синхронизацию данных. Производится предварительная математическая обработка изображений различными фильтрами (Кэнни, Собеля, пороговая фильтрация и др.) для выбора оптимальной

стратегии поиска и отслеживания объектов в видеозаписях, в подсистеме обработки (рис. 7). Изображение подвергается бинаризации, удалению лишних деталей и шума, расчету градиента изображения, вычитанию фона, выделению контуров и др. [8, 16, 17].

Модуль обработки видеозаписей выполняет кадрирование видео и создание внутреннего формата. Этот формат хранит набор изображений на жестком диске с уникальными идентификаторами. Идентификатор состоит из отметки времени кадра и идентификатора камеры.

Модуль синхронизации обрабатывает внутренние данные и создает таблицу, которая хранит отметки времени и списки изображений с камер.

Модуль визуализации позволяет воспроизводить видеозапись, просматривать отдельные кадры, подвергать их обработке фильтрами.

Модуль отчета о предварительной обработке генерирует статистику о времени, затраченном на обработку видеозаписи всех матчей, наилучших фильмах для обработки изображения, времени, затраченном на синхронизацию данных и др.





Рис. 6. Кадры видеозаписи спортивных игр

Подсистема обработки обеспечивает обнаружение и поиск объектов в видеозаписях.

Модуль распознавания и отслеживания подсистемы обработки реализует конвейер обработки с применением библиотеки Open-ITL (рис. 8) [19].

Модуль формирования исходных данных для анализа создает файлы с траекториями перемещения игроков для каждой обработанной видеозаписи.

Модуль генерации отчетов об обработке вычисляет статистику о результатах обработки: количество обнаруженных объектов; количество потерянных объектов;

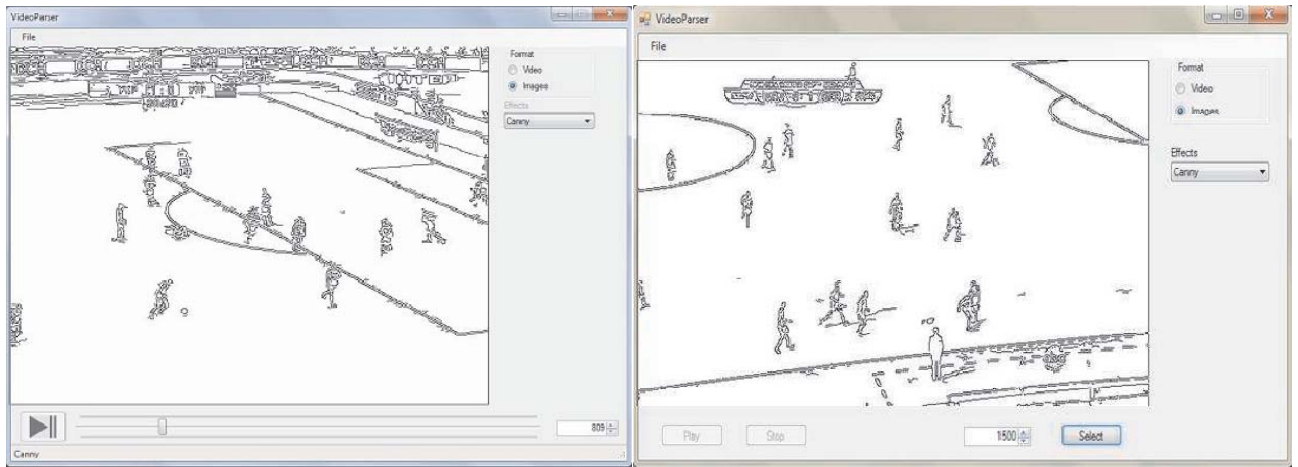


Рис. 7. Предварительная обработка видеозаписей [6].



Рис. 8. Конвейер распознавания и отслеживания объектов в видеозаписях [19].



количество обработанных кадров; количество обработанных видеозаписей и др.

В каждом такте конвейер получает одно или несколько изображений. В изображениях производится поиск новых и потерянных объектов. Объект представляется математической моделью (с определенным количеством степеней свободы и движения) и состоянием (положением в кадре, скоростью и ускорением). Выполняется их сравнение с набором существующих объектов и формируется новый набор. Полученный набор объектов передается в байесовский фильтр [9]. Параллельно на этапе предобработки из изображения выделяется информация, независимая от модели и состояния. Это набор заданных визуальных характеристик: пиксели изображения в форматах RGB и HSV, наборы точек, характеризующих свойства изображения – углы, грани, контуры.

На этапе обработки происходит сравнение характеристик, полученных из изображения, и предсказанных характеристик объектов, обработанных с помощью байесовского фильтра [30].

Выходными данными для каждого отслеживаемого объекта являются: вектор  $Z = \langle h, z, e, R, N \rangle$ , где  $h$  и  $z$  – сравниваемые характеристики,  $e$  – разность между ними,  $R$  – шум в измерениях,  $N$  – якобиан измерений; и вероятности значений характеристик  $P(z|s)$ , где  $s$  – состояние объекта. Для повышения точности отслеживания на данном этапе возможно статическое слияние характеристик объекта, полученных различными методами, в общую характеристику.

С помощью байесовского фильтра для каждого объекта отслеживания решаются две основные задачи: предсказание состояния объекта с использованием динамических моделей и обновление. Могут применяться фильтры Гаусса (на основе фильтров Каль-

мана) и фильтры Монте-Карло (на основе фильтров частиц) [9].

На последней стадии конвейера производится проверка точности отслеживания после фильтрации. Если точность низкая, и объект был потерян, выполняется возврат на этап поиска новых и потерянных объектов.

Ускорение работы разрабатываемых алгоритмов распознавания и отслеживания решается распараллеливанием вычислений с применением графических процессоров CUDA.

Для отслеживания объектов могут применяться методы фрагментов, описанные в [9].

Модуль анализа из подсистемы анализа обеспечивает расчет статистических характеристик игроков и команд.

В ходе анализа технико-тактических действий (ТТД) регистрируются: короткие (до 10 м), средние (до 25 м) и длинные (свыше 25 м) передачи мяча/шайбы, выполняемые вперед, назад и поперек поля; ведение, отбор и перехват мяча или шайбы; обводка соперника; игра головой; штрафные и угловые удары; удары по воротам; фолы. Оцениваются физические характеристики игрока (скорость, ускорения, рывки, пройденные расстояния), тактические характеристики (процентное расположение игрока/группы игроков/

команды на поле, построение команды и линий игроков), важные элементы игры (вбрасывания из-за линии поля, положения вне игры, пенальти, голы).

Модуль анализа обеспечивает получение характеристик на основе трех подходов: автоматически на основе координат объектов (скоростные характеристики, расположение на поле); на основе компьютерного анализа с корректировкой экспертом (передачи, удары, ведение мяча); вручную экспертом (пенальти, прыжки, штрафные, фолы).

Модуль генерации отчетов об анализе создает отчеты для подсистемы вывода.

Подсистема вывода обеспечивает вывод результатов работы комплекса на экран и сохранение отчетов.

Модуль визуализации обеспечивает анимацию загруженной модели матча, визуализацию траекторий перемещений объектов на поле (рис. 9), отображение статистических данных, полученных в подсистеме анализа (рис. 10) [7].

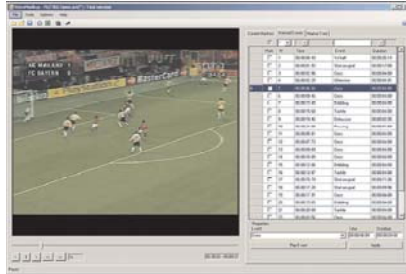
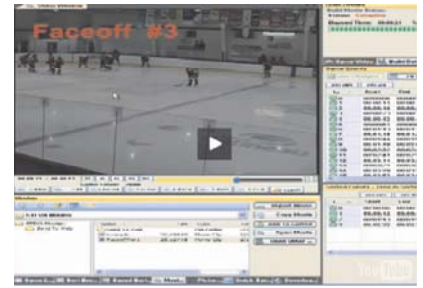
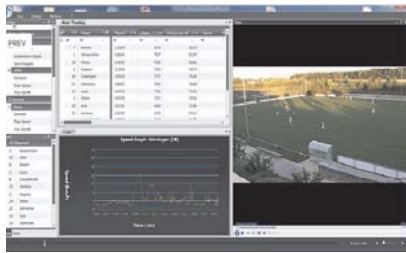
Модуль для работы с БД обеспечивает просмотр существующих отчетов, формирование отчетов за период времени и вызов модуля визуализации статистики по данным из БД.

Электронные системы отслеживания – их действие основано



Рис. 9. Визуализация траекторий [7, 24, 27, 30].





**Рис. 10. Пример отчетов системы информационного обеспечения соревновательной деятельности спортсменов [7, 23, 24, 27, 28].**

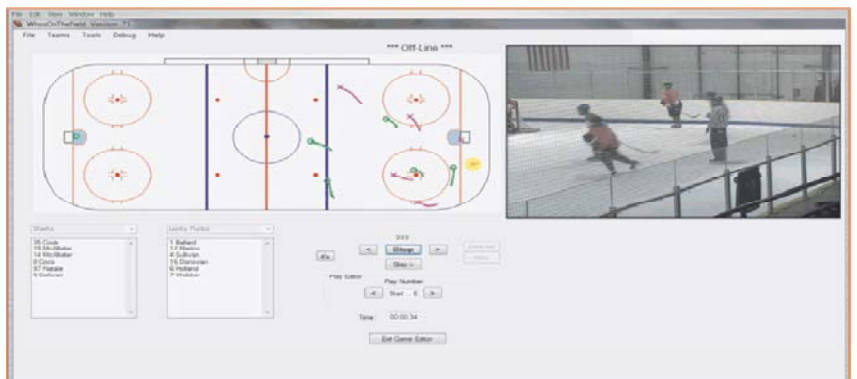
на использовании микрочипов, размещаемых на игроках/судьях/мяче и дальнейшем отслеживании их перемещения с помощью радиоволн.

IsoLynx – система пространственного позиционирования и отслеживания динамики и геометрии движения спортсмена (команды) в режиме реального времени. Осуществляет автоматическую видеосъемку объекта интереса (по выбору) с автопозиционированием и автофокусировкой и компьютерный анализ данных, синхронизированных с видеозаписью как в режиме реального времени, так и по записи.

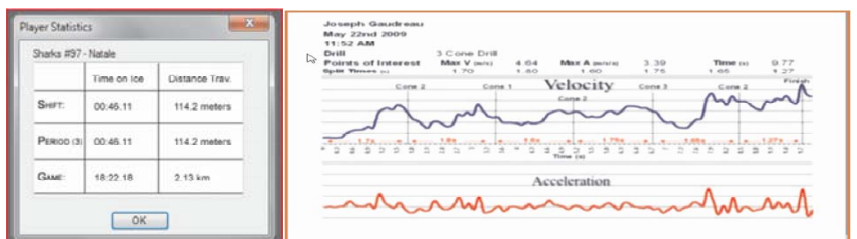
Автоматизированная система анализа технико-тактических действий спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности представляет собой установленные по периметру и объединенные в сеть приемники, которые идентифицируют и определяют местонахождение передатчиков, находящихся у игроков (спортсменов). Размер передатчиков очень мал, вес вместе с батарейкой менее 30 грамм (рис. 11). Вся полученная информация с передатчиков поступает на сервер обработки данных, и посредством программного обеспечения обрабатывается и отображается на мониторе тренера (рис. 12, 13) [20].



**Рис. 11. Общий вид радиопередатчика и автоматизированной камеры слежения [20].**



**Рис. 12. Пример интерфейса программного обеспечения [20].**



**Рис. 13. Пример отчетов системы обеспечения тренировок IsoLynx [20].**



## Выводы

Появление и совершенствование автоматизированных систем анализа действий спортсменов в спортивных играх открывает новые возможности для оценки технико-тактических характеристик команд и игроков. В настоящее время компьютерные программы сбора и анализа информации становятся незаменимыми и важными средствами для достижения успехов в современном спорте.

Сегодня автоматизированные системы анализа технико-тактических действий спортсменов в спортивных играх подразделяются на 3 группы:

1. Статистические системы компьютерного анализа на основе видеозаписей – анализ матчей выполняется человеком вручную при просмотре видеозаписей.

2. Автоматизированные системы отслеживания игроков на основе видеозаписей – стадион оборудуется достаточным количеством камер для покрытия всего поля; объекты на поле автоматически распознаются по видеозаписям.

3. Электронные системы отслеживания – их действие основано на использовании микрочипов, размещаемых на игроках/судьях/мяче и дальнейшем отслеживании их перемещения с помощью радиоволн.

**Перспективы дальнейших исследований** заключаются в систематизации данных об использовании автоматизированных видеокomпьютерных систем измерения и анализа двигательной функции спортсмена в тренировочной и соревновательной деятельности.

## Литература

1. Гамалий В.В. Моделирование техники двигательных действий в спорте / В.В. Гамалий // Наука в олимпийском спорте. 2005. – №2. – С. 108-116.
2. Ермаков С.С. Компьютерная регистрация и обработка результатов соревновательной деятельности в волейболе / С.С. Ермаков // Проблемы соревновательной деятельности: Тез. докл. межобл. науч.-практ. конф., 12-16 сентября 1990 г. – Харьков, 1990. – С. 124.
3. Кашуба В.О., Юхно Ю.О., Хмельницька І.В. Використання хронометричних систем у спортивних змаганнях. / В.О. Кашуба, Ю.О. Юхно, І.В. Хмельницька. // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: Зб. наук. пр. Волин. нац. університету ім. Лесі Українки. – Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – № 4(20) – С. 434-442.
4. Кашуба В.О., Юхно Ю.О., Хмельницька І. В. Застосування сучасних інформаційних технологій в підготовці спортивних змагань. / В.О. Кашуба, Ю. О. Юхно., І. В. Хмельницька. // Науково-практичний журнал «Спортивний вісник Придніпров'я» – Дніпропетровськ, 2012. – № 1. – С. 128-135.
5. Кашуба В.О., Юхно Ю.О., Хмельницька І.В. Застосування сучасних інформаційних технологій у період проведення та завершення спортивних змагань. / В.О. Кашуба, Ю.О. Юхно, І.В. Хмельницька. // Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: Зб. наук. пр. Волин. нац. університету ім. Лесі Українки. – Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – № 1 (7). – С. 119-126.
6. Кулиш М.Н., Ладженський Ю.В. Архитектура программного комплекса для обработки и анализа видеозаписей футбольных матчей// Моделирование и компьютерная графика – 2011 / Материалы IV международной научно-технической конференции – 5-8 октября 2011 – Донецк, ДонНТУ – 2011.– С. 166-170.
7. Кулиш М. Н., Серета А. А., Ладженський Ю. В. Визуализация результатов анализа видеозаписей футбольных матчей// Информатика та комп'ютерні технології – 2010 / Матеріали VI науково-технічної конференції молодих учених та студентів – 23–25 листопада 2010 – Донецьк, ДонНТУ – 2010. – С. 110-115.
8. Курс лекцій «Введение в компьютерное зрение» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://courses.graphicon.ru/main/vision/2011/lectures>.
9. Ладженський Ю.В., Серета А.О. Відстежування об'єктів у відеопотоці на основі відстежування переміщення фрагментів об'єктів //Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». Випуск 17 (148). – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С. 127-134.
10. Матвеев Л.П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник / Л. П. Матвеев. – М.: Лань, 2005. – 384 с.
11. Платонов В.Н. Допинг и эргогенные средства в спорте / В.Н. Платонов – К.: Олимп. лит., 2003, ISBN: 966-7166-66-4, – 576 с.
12. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
13. Сайт компании AMISCO [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sport-universals.com/>.
14. Сайт компании PROZONE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.prozonesports.com/index.html>.
15. Селуянов В. Н. Футбол: проблемы технической подготовки: монография / В.Н. Селуянов, М.П. Шестаков – Москва: ТВТ Дивизион, 2009. – 103 с.
16. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение: Современный





- подход – М. :Вильямс, 2004. – 928 с.
17. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение – М.: Бинном, 2006.– 752 с.
18. Handbook of soccer match analysis / Christopher Carling, A. Mark Williams, and Thomas P. Reilly. – London: Routledge, 2005. – 163 с.
19. Panin G.. Model-based visual tracking : the OpenTL framework – Chicester: John Wiley & Sons, 2011. – 318с.
20. <http://finishlynx.com/>
21. <http://lifeinhockey.ru>
22. [http://medprom.ru/medprom/mpp\\_0006825](http://medprom.ru/medprom/mpp_0006825)
23. <http://pro.stevasports.com/view/stevapro/home-page>
24. <http://www.cairos.com/unternehmen/anfahrt.php>
25. <http://www.drilldraw.com/En/DrillDrawDetails.php>
26. <http://www.matrix-eng.ru/>
27. <http://www.playmanager.com/>
28. <http://www.pointstreaksolutions.com/video-coaching-tools/>
29. <http://www.tacticsinsight.com/ru/product.htm>
30. <http://www.technicoach.com/>

