T

УДК 004.932.2

Н. Ю. Тарасов, И. А. Тарасова
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»
83001, г. Донецк, ул. Артема, 58

СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРЕЛКОВОЙ ТРЕНИРОВКИ

N. Y. Tarasov, I. A. Tarasova
State Educational Institution of Higher Education «Donetsk National University»
83001, Donetsk, Artema str., 58

SYSTEM OF EVALUATION OF RESULTS OF SHOOTING TRAINING

Н. Ю. Тарасов, І. А. Тарасова
Державна освітня установа вищої професійної освіти
«Донецький національний університет», м. Донецьк
83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58

СИСТЕМА ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ СТРІЛЕЦЬКОГО ТРЕНУВАННЯ

В работе описываются все этапы разработки системы оценки результатов стрелковой тренировки. Осуществлено исследование методов обработки и анализа изображений, на основе которого для реализации системы выбран метод детектирования границ. Разработаны модели и алгоритм функционирования системы. Выполнена программная реализация системы оценки результатов стрелковой тренировки, внедрение которой позволит повысить качество стрелковой тренировки.
Ключевые слова: система, стрелковая тренировка, анализ, обработка изображений, модель.

The paper describes all the stages of developing a system for evaluating the results of shooting training. A study of image processing and analysis methods has been carried out, on the basis of which the border detection method has been selected for the implementation of the system. Models and an algorithm for the functioning of the system are developed. The software implementation of the system for evaluating the results of shooting training was implemented, the introduction of which will improve the quality of shooting training.
Key words: system, shooting training, analysis, image processing, model.

У роботі описуються всі етапи розробки системи оцінки результатів стрілецького тренування. Здійснено дослідження методів обробки і аналізу зображень, на основі якого для реалізації системи обраний метод детектування кордонів. Розроблено моделі та алгоритм функціонування системи. Виконано програмну реалізацію системи оцінки результатів стрілецького тренування, впровадження якої дозволить підвищити якість стрілецького тренування.
Ключові слова: система, стрілецьке тренування, аналіз, обробка зображень, модель.

Общая постановка проблемы

Для хороших умений в стрельбе необходима качественная стрелковая тренировка, которая очень сильно влияет на развитие мастерства спортсмена-биатлониста или стрелка-любителя в этом деле [1]. Стрелковые тренировки могут проводиться и стрельбой по доскам с нарисованными мишенями, однако это негативно скажется на результате тренировки. Для качественной стрелковой тренировки необходимы соответствующие хорошие методики и современное оборудование. Однако не менее важно наличие программного обеспечения соответствующего уровня для повышения качества стрелковой тренировки [2-4]. Таким программным обеспечением может стать система оценки результатов стрелковой тренировки, которая на основе анализа попаданий в мишень в режиме реального времени выдает результат с рекомендациями по улучшению показателей стрельбы, благодаря хранению данных в БД позволяет отслеживать результаты стрелков и видеть динамику роста их мастерства.

Целью статьи является улучшение качества стрелковой тренировки за счёт разработки системы оценки результатов стрелковой тренировки, позволяющей осуществлять мониторинг попаданий в мишень в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели были реализованы следующие задачи:

– осуществлено исследование методов обработки и анализа изображения;
– разработаны модели системы оценки результатов стрелковой тренировки;
– разработана система оценки результатов стрелковой тренировки;
– выполнена программная реализация системы оценки результатов стрелковой тренировки.

Исследование методов обработки и анализа изображения

Задачи обработки и анализа изображений основаны на корреляционной обработке, фильтрации изображений, на использовании методов нечёткой логики, искусственных нейронных сетей и так далее [5]. Результаты решения задач этими методами не идентичны, что свидетельствует о том, что методы имеют разную эффективность. По этой причине проведен обзор и анализ методов обработки изображения.

Для решения рассматриваемой задачи могут быть использованы следующие методы:

– метод корреляционной обработки;
– метод согласованной фильтрации;
– метод поиска центра фрагмента;
– метод моментов;
– метод детектора границ.

На рис. 1 и 2 представлены результаты модельного эксперимента при разрешении исходного изображения 800×600 пикселей и отметки цели $s_0(x,y)$ в виде окружности. В эксперименте формируется изображение, содержащее искомый фрагмент и аддитивный белый гауссовский шум. Затем производится оценивание координат искомого фрагмента всеми рассматриваемыми методами.

На рис. 1 и 2 приняты следующие обозначения: 1 – корреляционный приемник, 2 – процедура поиска центра фрагмента, 3 – фильтровый приемник, 4 – оценка координат центра тяжести, 5 – детектор границ.

Погрешности оценивания выражены в миллиметрах.

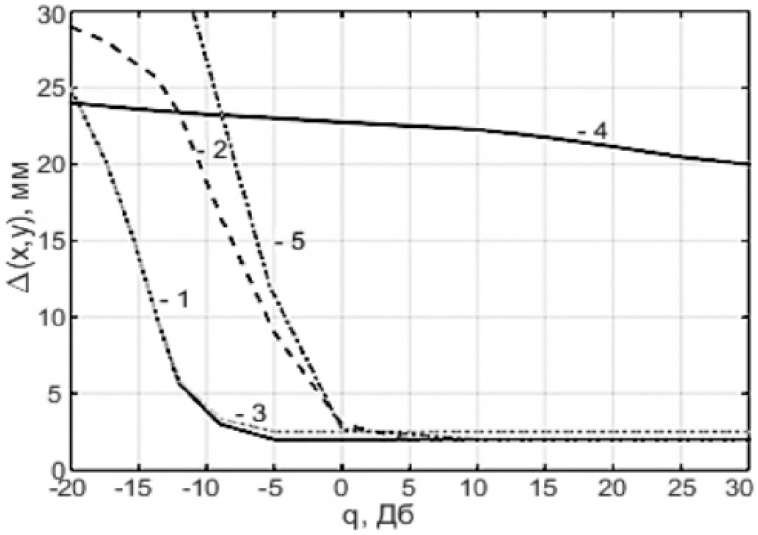

Рисунок 1 – Зависимости погрешностей измерения координат
от отношения сигнал/шум

Также осуществлена оценка характеристик обнаружения искомого объекта на изображениях, показанных на рис. 2 в виде зависимости вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум.

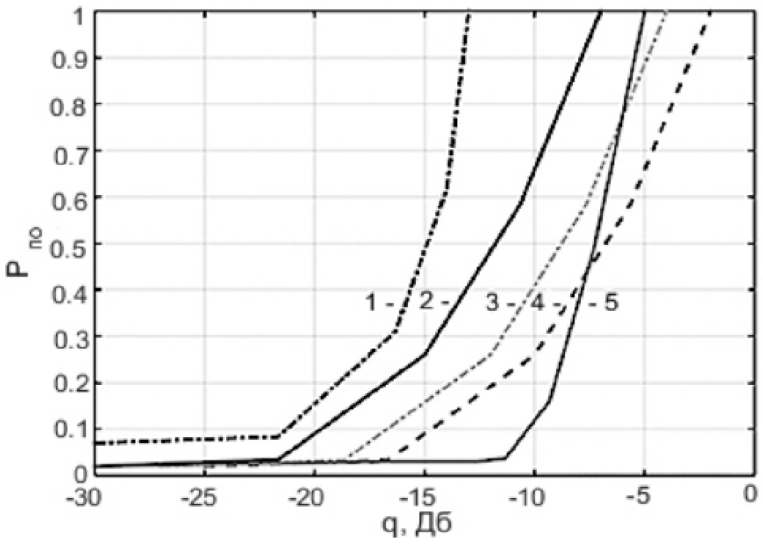

Рисунок 2 – Кривые вероятностей правильного обнаружения
в зависимости от отношения сигнал/шум

Как видно все методы плохо справляются с обнаружением искомого объекта при малом отношении q сигнал/шум. Это создаёт необходимость в предварительной фильтрации входящего видеопотока и создания условий, при которых выбранный метод обеспечит приемлемую вероятность обнаружения, исходя из требований к работе мультимедийных стрелковых тренажёров [6], [7]. Оценки быстродействия рассмотренных методов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Оценка быстродействия рассмотренных методов

Разрешение	Время выполнения, с				
	Корреляционная обработка (1)	Поиск центра фрагмента (2)	Фильтровый приемник (3)	Оценка центра тяжести (4)	Детекторы границ (5)
64×64	0.0014	0.0823	0.001	0.0038	0.0217
128×128	0.002	0.0124	0.0028	0.0164	0.0017
256×256	0.0048	0.0236	0.0114	0.0822	0.0026
512×512	0.0166	0.0922	0.0519	0.2746	0.008
768×768	0.0418	0.1532	0.1237	0.6401	0.0193
1024×1024	0.0608	0.4587	0.2219	1.0338	0.0296
1280×1280	0.1138	1.2347	0.3533	1.8869	0.0499
1600×1600	0.1656	1.5696	0.5581	3.0465	0.0848
2048×2048	0.2574	1.9477	0.9026	4.4834	0.1407

Результаты существующих экспериментов позволяют сделать заключение, что такие методы, как: поиск центра фрагмента, фильтровый приёмник и оценка координат центра тяжести непригодны для работы в режиме реального времени. Для обработки видеопотока в реальном времени рекомендуется использовать методы корреляционной обработки или детектирования границ.

Разработка моделей системы оценки результатов стрелковой тренировки

Для разработки системы оценки результатов стрелковой тренировки необходимо провести системный анализ [8], а именно проанализировать какие параметры будут подаваться на вход системы и её функции, какие будут управляющие элементы и механизмы системы, и какие будут выходные параметры функций системы.

На рис. 3 представлена модель типа «Чёрный ящик» системы оценки качества стрелковой тренировки.

Обозначения на рис. 3:

x1 – видеопоток;

y1 – оценка стрелковой тренировки;

y2 – голосовое сообщение.

В систему оценки качества стрелковой тренировки подаётся видеопоток из камеры. Выходным параметром, после обработки видеопотока, является оценка стрелковой тренировки и голосовое сообщение, которое подаётся пользователю.

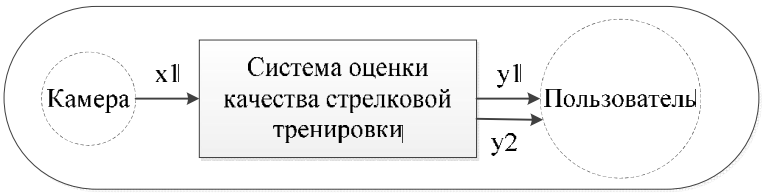

Рисунок 3 – Модель типа «Чёрный ящик» системы оценки качества стрелковой тренировки

Главной задачей данной системы является предоставление оценки стрелковой тренировки. Для отображения функций системы была построена функциональная модель (рис. 4).

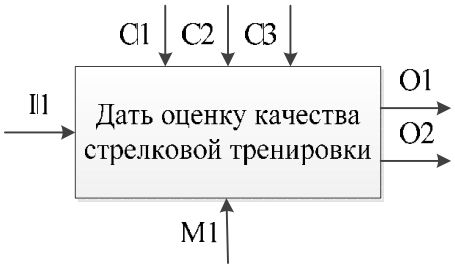

Рисунок 4 – Контекстная диаграмма А-0

Обозначения на рис. 4:

I1 – видеопоток;

O1 – оценка стрелковой тренировки;

O2 – голосовое сообщение;

M1 – библиотека OpenCV [9-10];

C1 – алгоритм timer3_tick;

C2 – алгоритм findCircles;

C3 – алгоритм shoot.

Основными задачами для определения оценки качества стрелковой тренировки являются:

а) обработать изображение;

б) проанализировать изображение;

в) проанализировать результат стрелковой тренировки.

Основные функции отображены на декомпозированной контекстной диаграмме А0 (рис. 5).

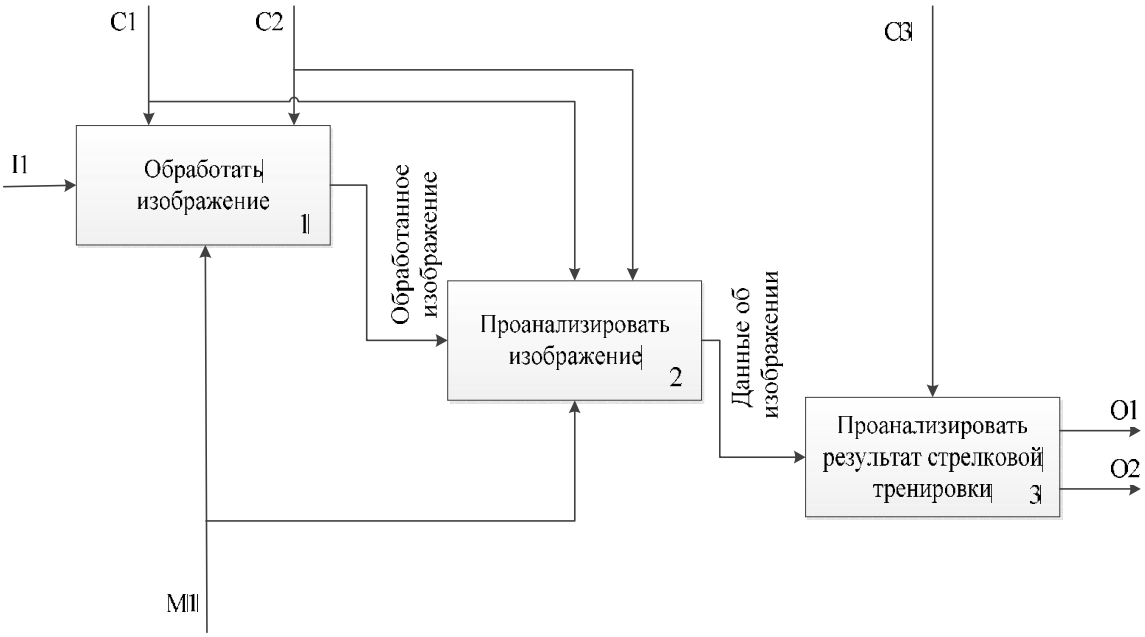

Рисунок 5 – Декомпозированная контекстная диаграмма А0

На блок 1 диаграммы А0 подаётся видеопоток. В блоке 1 каждый кадр видеопотока передаётся на обработку изображения. Каждое изображение преобразовывается в градации серого, затем размывается для удаления шумов. Обработанное изображение из блока 1 подаётся в блок 2 и проходит анализ. В блоке 2 находятся границы объектов на изображении, после чего идёт распознавание мишени и попаданий по границам объектов на изображении. Если мишень и попадания найдены, то дальше определяется, на каких секторах присутствуют попадания. Эти данные передаются в блок 3. В блоке 3 данные об изображении анализируются, и даётся оценка попаданий. В процессе стрелковой тренировки, после анализа результата выстрела, информация поступает пользователю в виде голосового сообщения. По завершению тренировки выдается итоговый результат в виде оценки.

Разработка системы оценки результатов стрелковой тренировки

Кроме функций обработки и анализа изображений в системе реализованы функции пользовательского интерфейса, которые позволяют работать и просматривать данные за прошедшие тренировки, сохранять и архивировать их (рис. 6).

В начале программы инициализируются данные. Структура rez включает в себя следующие данные:

1) string fio – данные о фамилии, имени и отчестве стрелка;
2) string date – данные о дате и времени окончания тренировки;
3) int tochn – данные о количестве баллов, набранных стрелком во время тренировки;
4) string bal – данные о баллах каждого попадания;
5) int tochki [10] – данные о местоположении попаданий в секторах.

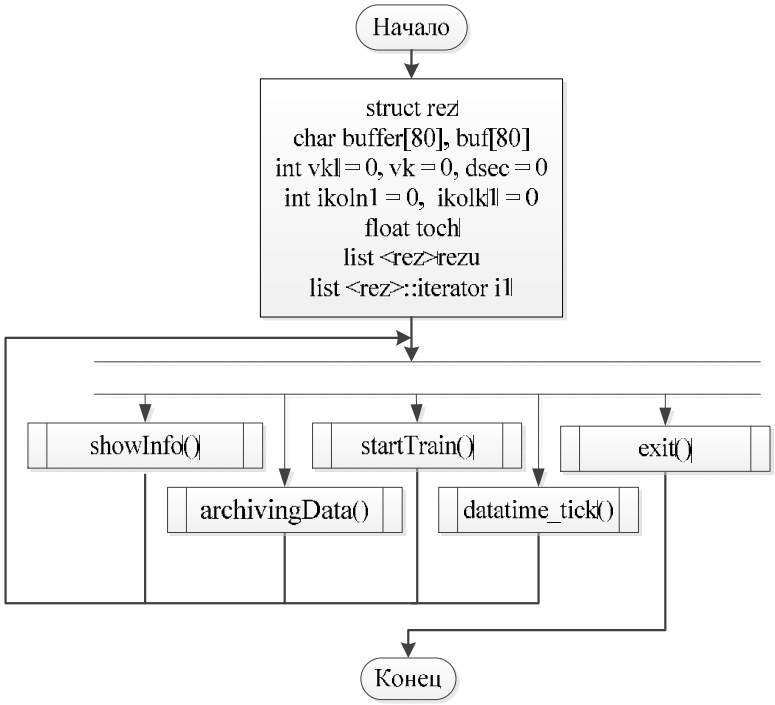

Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма программы

Переменная buffer необходима для хранения и передачи информации о текущей дате и времени. Переменная buf необходима для работы с информацией о текущем времени суток. Переменная vkl необходима для ограничения срабатывания функции загрузки данных в случае, если загрузка данных уже была. Переменная vk необходима для ограничения функции автоматического архивирования данных в определённое время суток. Переменная ikoln1 хранит номер последнего результата в таблице результатов. Переменная ikolk1 хранит номер первого результата в таблице результатов. Переменная toch необходима для хранения подсчитанных баллов во время тренировки. Переменная rezu является двухсвязным списком, имеющим структуру rez, и служит для хранения результатов всех тренировок. Переменная i1 служит итератором, который работает с двусвязным списком структуры rez. Следующие функции выполняются параллельно относительно друг друга:

1) showInfo() – позволяет просмотреть полную информацию о результате интересующей тренировки;

2) archivingData() – позволяет архивировать данные о результатах тренировок;

3) startTrain() – позволяет начать стрелковую тренировку;

4) datatime_tick() – обновляет информацию о дате, времени и результатах стрелковой тренировки;

5) exit() – позволяет завершить работу с программой.

Эти функции относятся к Form1 и приходят в исполнение при нажатии кнопки на форме, кроме datatime_tick(). Функция datatime_tick() исполняется постоянно.

Программная реализация системы оценки результатов стрелковой тренировки

Для программной реализации системы был выбран язык C++ и среда разработки Visual Studio 2008. Данная среда разработки поддерживает библиотеку OpenCv версии 2.3.1, которая является стабильной и имеет все необходимые решения для разработки системы [11]. Для разработки пользовательского интерфейса было использовано Windows Form. При запуске программы открывается её рабочее окно (рис. 7).

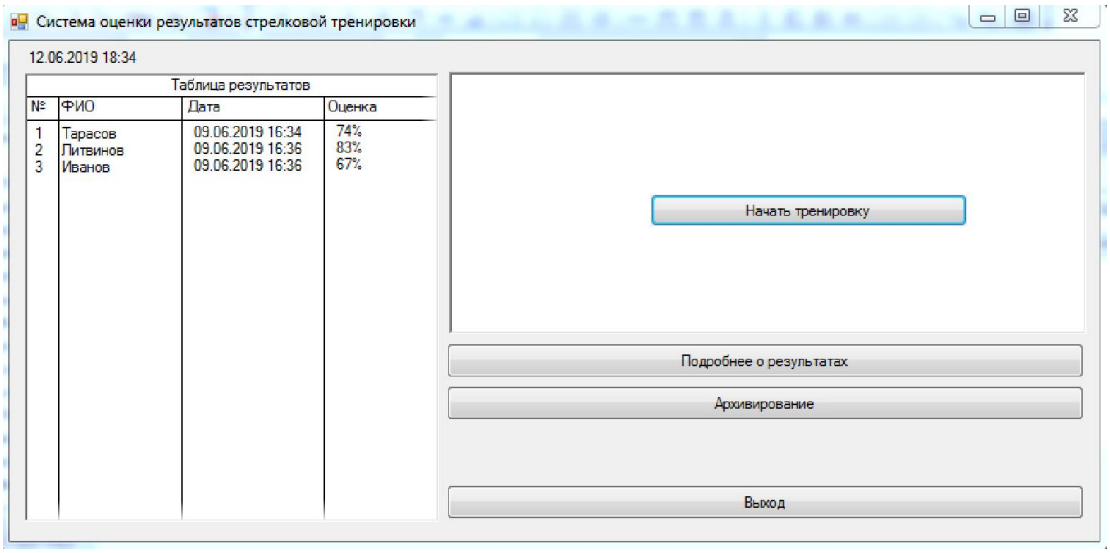

Рисунок 7 – Главное рабочее окно программы

В левой части окна в виде таблицы показаны оценки стрелковых тренировок, которые в себя включают номер тренировки, ФИО стрелка, дату и время проведения тренировки. В правой части окна находятся кнопки. Кнопка «Начать тренировку» запускает функцию startTrain, которая начинает стрелковую тренировку и включает видимость элементов на панели (рис. 8). Стрелковая тренировка имеет шесть фаз исполнения.

На первой фазе программа информирует стрелка голосовым сообщением о том, сколько времени у него есть для прицеливания.

На второй фазе программа информирует о старте следующей фазы, на которой нужно прицеливаться и просит стрелка приготовиться.

На третьей фазе открывается окно с видеопотоком из камеры, а сам стрелок должен прицеливаться. Когда время на прицеливание подходит к концу, то программа голосовым сообщением информирует об этом стрелка, после чего он должен осуществить выстрел.

На четвёртой фазе вызывается функция findCircles, которая обрабатывает и анализирует изображение. Сначала функция переводит изображение в градации серого и удаляет шумы. Далее изображение анализирует функция cvCanny, которая находит контуры изображения (рис. 9).

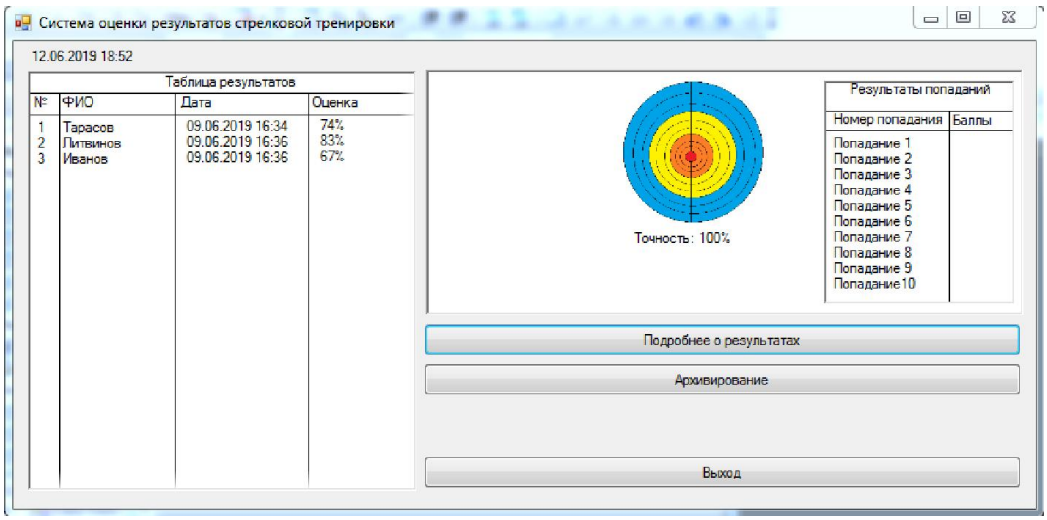

Рисунок 8 – Окно начала тренировки

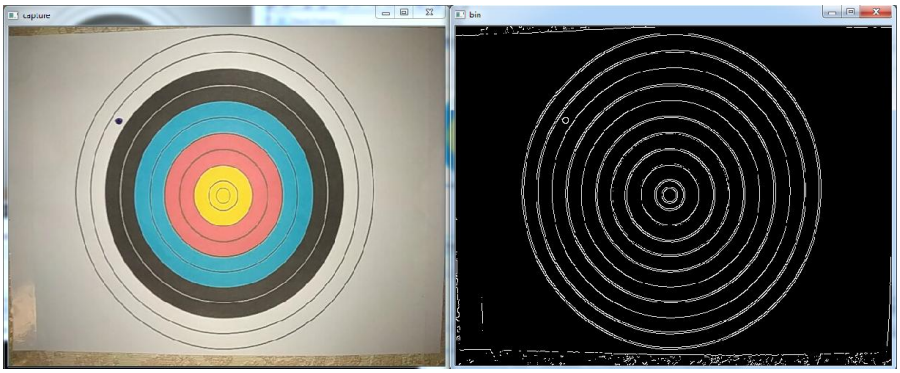

Рисунок 9 – Изображение до и после обработки и анализа алгоритмом cvCanny

Далее, используя изображение после обработки и анализа алгоритмом cvCanny, определяется, есть ли на изображении мишень. Если мишень на изображении есть, то определяется, есть ли на ней попадание. Если попадание найдено, то далее определяется сектор и подсектор попадания в мишень. Все данные о попадании заносятся в массивы для занесения их в таблицу.

На пятой фазе программа уведомляет стрелка о том, попал он или нет, и если попал, то в какой сектор. Далее программа повторяет процесс со второй по пятую фазу десять раз.

На шестой фазе программа информирует стрелка о том, что стрельба окончена.

В процессе стрелковой тренировки таблица с результатами попаданий заполняется, а изображение мишени на панели пополняется попаданиями (рис. 10). После окончания стрелковой тренировки появляется кнопка «Закончить тренировку», при нажатии на которую появляется поле ввода ФИО стрелка и кнопка «Внести».

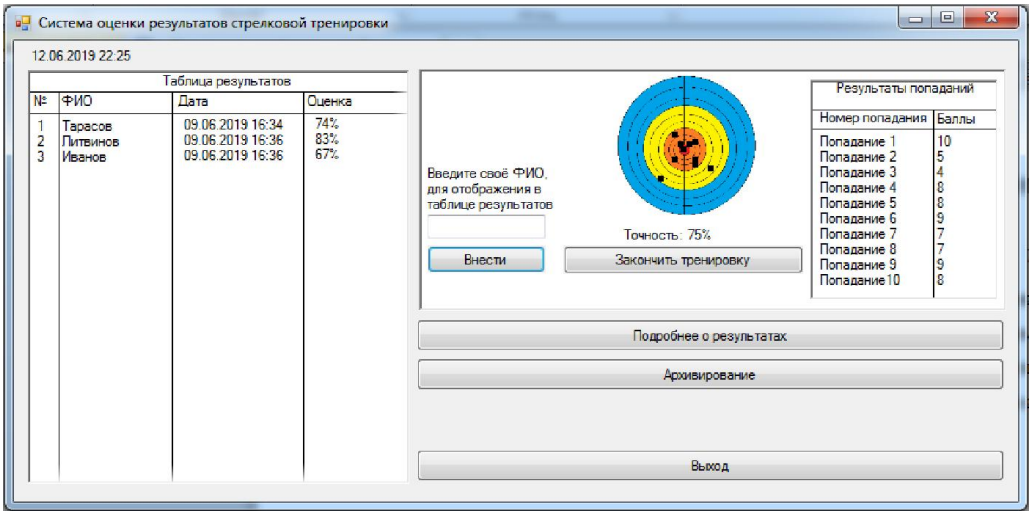

Рисунок 10 – Окно завершения тренировки

При нажатии на кнопку «Выход» все ресурсы программы освобождаются, а окна закрываются.

Выводы

Для разработки системы оценки результатов стрелковой тренировки потребовалось провести аналитический обзор, который показал широкий диапазон научных исследований, патентов и внедрённых комплексов. Исследование методов обработки и анализа изображений позволило определить наиболее быстродействующие и эффективные методы для реализации системы оценки результатов стрелковой тренировки. На основе моделей системы, разработан алгоритм функционирования программы.

Реализованная система оценки результатов стрелковой тренировки позволяет повысить качество стрелковой тренировки, за счет мониторинга попаданий в мишень в режиме реального времени. В системе реализовано протоколирование и занесение результатов тренировки в базу данных, что позволяет отслеживать результаты стрелков и видеть динамику роста их мастерства.

Список литературы

1. Колдунов С. А. Стрелковые тренажеры: вместо пули – лазерный луч [Текст] / Колдунов С. А – М.: ООО «Синус», 1998. – 128 с.
2. Лукунина Е. А. Организация движений в системе «Стрелок-оружие»: автореф. дис. канд. пед. Наук [Текст] / Луканина Е.А – М., 2000 – 24 с.
3. Садков А. Н. Стрелковая тренировка курсантов высших образовательных учреждений МВД России на основе моделирования условий и ситуаций оперативно-служебной деятельности: автореф. дис. канд. пед. Наук [Текст] / Садков А. Н. – Волгоград, 2009. – 24 с.
4. Шестопалова Е. В. Использование стрелковых компьютерных тренажёров на начальном этапе обучения стрельбе из пистолета: автореф. дис. канд. пед. наук [Текст] / Шестовалова Е. В. – М. : 2008. – 24 с.
5. Форсайт Д. А. Компьютерное зрение. Современный подход [Текст] / Д.А. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Вильямс, 2004. – 928 с.
6. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений [Текст] / Павлидис Т. – М. : Техносфера, 2003. – 395 с.
7. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
8. Тарасов Н. Ю. Разработка системы оценки результатов стрелковой тренировки [Текст] / Н. Ю. Тарасов, И. А. Тарасова // Материалы X Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование» (ИУСМКМ - 2019). – Донецк : ДОННТУ, 2019. – С. 136–141.
9. Кэлер А. Изучаем OpenCV 3 [Текст] / А. Кэлер, Г. Брэдски. – М. : ДМК-Пресс, 2017. – 826 с.
10. Буэно, Суарес, Эспиноса. Обработка изображений с помощью OpenCV. – М. : ДМК-Пресс, 2016. – 210 с.
11. Тарасов Н. Ю. Система имитации тренажера специального назначения [Текст] / Н. Ю. Тарасов, В. В. Бондарчук, С. И. Уланов // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк, 2018. – № 3 (10). – С. 122-128.

References

1. Koldunov S.A. *Strelkovyye trenazhery: vmesto puli – lazernyy luch* [Shooting simulators: instead of a bullet - a laser beam], M., Sinus LLC, 1998, pp. 128.
2. Lukunina E.A. *Organizatsiya dvizheniy v sisteme «Strelok-oruzhiye»* [Organization of movements in the system "Shooter-weapon"]: author. dis. cand. ped Science , M., 2000, pp. 24
3. Sadkov A.N. *Strelkovaya trenirovka kursantov vysshikh obrazovatel'nykh uchrezhdeniy MVD Rossii na osnove modelirovaniya usloviy i situatsiy operativno-sluzhebnoy deyatel'nosti* [Shooting training of cadets of higher educational institutions of the Ministry of Internal Affairs of Russia on the basis of modeling the conditions and situations of operational activities]: abstract. dis. cand. ped sciences, Volgograd, 2009, pp. 24.
4. Shestopalova E.V. *Ispol'zovaniye strelkovykh komp'yuternykh trenazhorov na nachal'nom etape obucheniya strel'be iz pistoleta* [The use of shooting computer simulators at the initial stage of training in pistol shooting]: abstract. dis. cand. ped Sciences, M., 2008, pp. 24.
5. Forsyth D.A., Pons J. *Komp'yuternoye zreniye. Sovremennyy podkhod* [Computer vision. The modern approach], M., Williams, 2004, pp. 928.
6. Pavlidis T. *Algoritmy mashinnoy grafiki i obrabotki izobrazheniy* [Algorithms for computer graphics and image processing], M ., Technosphere, 2003, pp. 395.
7. Gonzalez R., Woods R. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital image processing], M., Technosphere, 2005, pp. 1072.
8. Tarasov N.Y., Tarasova I.A. Razrabotka sistemy otsenki rezul'tatov strelkovoy trenirovki [Development of a system for evaluating the results of shooting training]. *Materials of the X International Scientific and Technical Conference "Informatics, Control Systems, Mathematical and Computer Modeling"*, Donetsk, DONNTU, 2019, pp. 136-141.
9. Kahler A., Bradsky G. *Izuchayem OpenCV 3*. [We study OpenCV 3.], M., DMK-Press, 2017, pp. 826.
10. Bueno, Suarez, Espinosa. Obrabotka izobrazheniy s pomoshch'yu OpenCV. [Image processing using OpenCV], M., DMK-Press, 2016, pp. 210.
11. Tarasov N.Y., Bondarchuk V.V., Ulanov S.I. Sistema imitatsii trenazhera spetsial'nogo naznacheniya [Simulation system for a special purpose simulator]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of artificial intelligence], 2018, no. 3, pp. 122-128.

RESUME

N. Y. Tarasov, I. A. Tarasova
System of evaluation of results of shooting training

The quality of shooting training depends on the methods used, as well as modern equipment and software used. The article describes all the stages of developing a system for evaluating the results of shooting training. For the processing and analysis of the image, based on the study of the performance parameters and the probability of correct detection depending on the signal-to-noise ratio, a border detection method was chosen. The analysis of hitting the target, implemented in the system, allows you to give the result with recommendations for improving the performance of shooting. Logging and recording the results of training in the database allows you to track the results of shooters and see the dynamics of growth of their skill.

The article uses the methods of system analysis, pattern recognition, C ++ programming language.

A system for evaluating the results of shooting training has been developed, which allows real-time monitoring of hits on the target.

The introduction of the developed system for evaluating the results of shooting training will improve the quality of shooting training.

РЕЗЮМЕ

Н. Ю. Тарасов, И. А. Тарасова
Система оценки результатов стрелковой тренировки

Качество стрелковой тренировки зависит от используемых методик, а также современного оборудования и используемого программного обеспечения. В статье описываются все этапы разработки системы оценки результатов стрелковой тренировки. Для обработки и анализа изображения, на основе исследования параметров быстродействия и вероятности правильного обнаружения в зависимости от отношения сигнал/шум, был выбран метод детектирования границ. Анализ попаданий в мишень, реализованный в системе, позволяет выдавать результат с рекомендациями по улучшению показателей стрельбы. Протоколирование и занесение результатов тренировки в базу данных позволяет отслеживать результаты стрелков и видеть динамику роста их мастерства.

В статье использованы методы системного анализа, распознавания образов, язык программирования Си++.

Разработана система оценки результатов стрелковой тренировки, позволяющая осуществлять мониторинг попаданий в мишень в режиме реального времени.

Внедрение разработанной системы оценки результатов стрелковой тренировки позволит повысить качество стрелковой тренировки.

Статья поступила в редакцию 15.07.2019.