

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.397

Система технического зрения мобильного робота для подготовки легкоатлетов

С.И. Попов, Ю.В. Марченко, Э.В. Бивзюк, Д.М. Магражданов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Разработана и внедрена инновационная система технического зрения для мобильного робота, обеспечивающая точный контроль полосы движения. Разработанная система демонстрирует высокую эффективность в условиях, характерных для тренировок легкоатлетов, и может быть использована для улучшения качества их подготовки. Выбор OpenCV в качестве основного инструмента для детекции разметки оправдал себя благодаря простоте использования, высокой скорости работы и возможности настройки под различные условия дорожной обстановки.

Ключевые слова: мобильный робот, система технического зрения, автоматизация подготовки легкоатлетов

Для цитирования. Попов С.И., Марченко Ю.В., Бивзюк Э.В., Магражданов Д.М. Система технического зрения мобильного робота для подготовки легкоатлетов. *Молодой исследователь Дона*. 2020;10(4):23–27.

Machine Vision System of a Mobile Robot Designated for Training Track and Field Athletes

Sergei I. Popov, Yulianna V. Marchenko, Ehmil V. Bivzyuk, Daniil M. Magrazhdanov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

An innovative machine vision system of a mobile robot providing precise lane keeping was developed and implemented. The developed system demonstrated high level of efficiency in the settings typical for track and field athletes' training and could be used to improve the quality of their training. The choice of OpenCV as the main tool for detecting the road marking had proved to be expedient due to the ease of its use, high speed of operation and adjustability to various traffic situations.

Keywords: mobile robot, machine vision system, automation of track and field athletes' training

For Citation. Popov SI, Marchenko YuV, Bivzyuk EV, Magrazhdanov DM. Machine Vision System of a Mobile Robot Designated for Training Track and Field Athletes. *Young Researcher of Don*. 2020;10(4):23–27.

Введение. В современных условиях автоматизация тренировок в легкой атлетике приобретает все большую значимость, особенно в контексте применения мобильных роботов. Исследования и практика показывают, что использование робототехники в спортивных тренировках может значительно повысить их эффективность и безопасность. Мобильные роботы, оснащенные системами технического зрения, способны создавать условия для стимулирования соревновательного духа и усердия у спортсменов, что является ключевым фактором для достижения высоких результатов. Согласно данным немецких исследователей, соревнование между участниками наиболее эффективно, если различия в их возможностях не превышают 25–30 %. При правильной настройке роботы могут выступать как стимуляторы конкуренции или как обучающие инструменты, что также способствует прогрессу спортсменов. Такие системы позволяют точнее контролировать нагрузку и адаптироваться к изменяющимся условиям, снижая риск травм и предотвращая переутомление. Рост интереса к применению робототехники в спорте отражается в увеличении числа исследований и проектов, что подтверждает актуальность данной темы. В профессиональном спорте и академической среде робототехника активно внедряется и исследуется, что способствует разработке новых специализированных тренажеров и устройств, ориентированных на индивидуальные потребности спортсменов. В результате автоматизация тренировок с использованием мобильных роботов становится неотъемлемой частью современного тренировочного процесса, обеспечивая значительные преимущества по сравнению с традиционными методами.

Основной целью данной работы являлись разработка и внедрение системы технического зрения для мобильного робота, предназначенного для подготовки легкоатлетов. Для достижения этой цели были решены следующие задачи: проведен анализ существующих методов и технологий управления мобильными роботами, выбраны наиболее подходящие нейросетевые алгоритмы для определения дорожной разметки и изменения ее направления, разработан алгоритм интеграции, выбранной нейросети в систему технического зрения, проведены испытания системы и оценена ее эффективность.

Основная часть. Объектом исследования в данной работе является система технического зрения, работающая в реальном времени с использованием камеры и нейросетевых алгоритмов. Предметом исследования выступает процесс сохранения направления движения с помощью нейросети. Научная новизна данной работы заключается в разработке и внедрении инновационной системы технического зрения для мобильного робота, предназначенного для подготовки легкоатлетов. Система использует современные методы компьютерного зрения и глубокого обучения для анализа дорожной разметки и обеспечения точного контроля полосы движения [1–5].

На основании анализа существующих нейросетевых подходов для контроля полосы движения, а также сравнения их преимуществ и недостатков, было установлено, что наиболее подходящими для интеграции в систему являются библиотеки OpenCV и YOLO. Эти библиотеки обладают высокой производительностью, точностью и невысокими требованиями к ресурсам, что делает их гибкими и поддающимися кастомизации. Для определения лучшей из них была протестирована их работа в реальном времени (рис. 1).



Рис. 1. Результат работы библиотеки OpenCV

В результате эксперимента было установлено, что YOLO не смог обработать изображение, в то время как с задачей обнаружения линий разметки на видео успешно справился классический метод OpenCV. Это объясняется тем, что OpenCV специализируется на выявлении геометрических структур, таких как линии, и не требует предварительного обучения на больших датасетах. Если точность OpenCV не удовлетворяет полностью, можно экспериментировать с настройкой параметров, такими как минимальная длина линии или максимальный зазор между сегментами линии, чтобы улучшить результаты. Также рекомендуется применять дополнительные фильтры или методы для повышения устойчивости к шумам и изменениям условий освещения.

В дальнейшем была рассмотрена разработка нейросети для сохранения траектории движения мобильного робота [6–9]. Важной задачей является обеспечение точности и быстродействия алгоритмов при работе в реальном времени. Для реализации системы необходима нейросеть, использующая возможности библиотек Python, в частности OpenCV. Python был выбран как основной язык программирования благодаря своей гибкости, богатой экосистеме библиотек и простоте использования. OpenCV предоставляет мощные инструменты для работы с видеопотоком. На основе анализа была разработана схема работы нейросети (рис. 2).

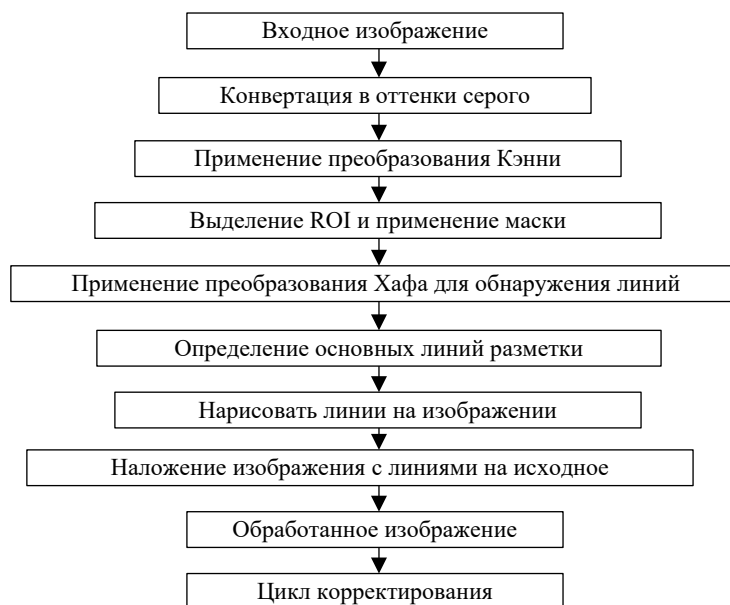


Рис. 2. Блок схема алгоритма работы нейросети

На основе данного алгоритма была написана программа и проведена общая оценка работы нейросети, в ходе которой проверялось, насколько точно нейросеть определяет линии разметки (рис. 3).

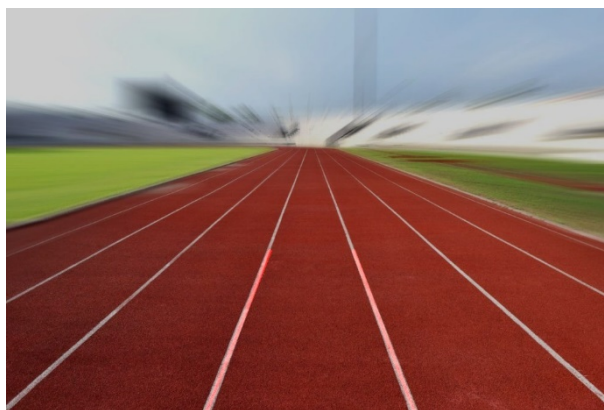


Рис. 3. Изображение, подаваемое на вход нейросети

Данная программа реализует алгоритм обнаружения линий дорожной разметки на изображениях, в частности, на кадрах из видеопотока с автомобильной камеры. Основные шаги алгоритма включают применение преобразования Кэнни для выделения границ (рис. 4), определение области интереса (ROI), применение преобразования Хафа (рис. 5) для обнаружения линий, фильтрацию и усреднение результатов для определения двух основных линий разметки (левой и правой), а также отрисовку этих линий на исходном изображении (рис. 6).

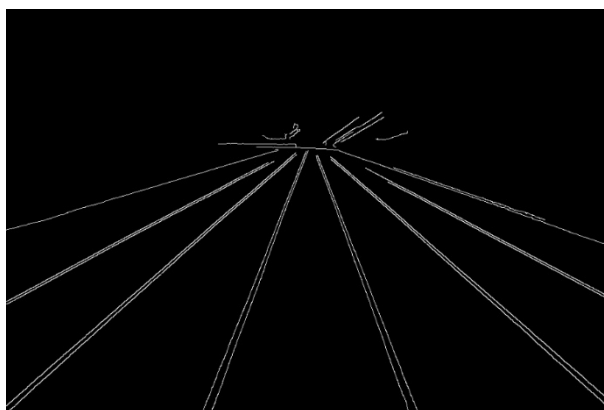


Рис. 4. Преобразования Кэнни для выделения границ и определения области интереса

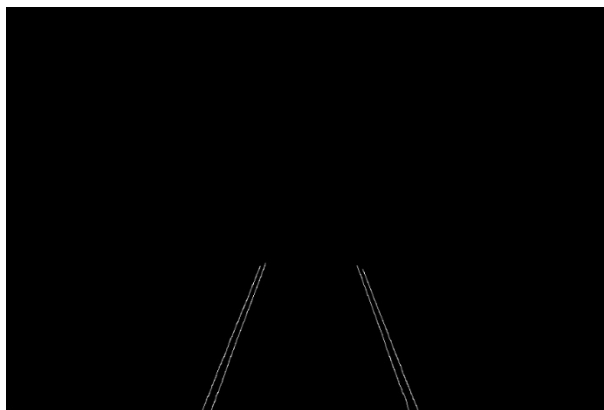


Рис. 5. Преобразования Хафа для обнаружения линий

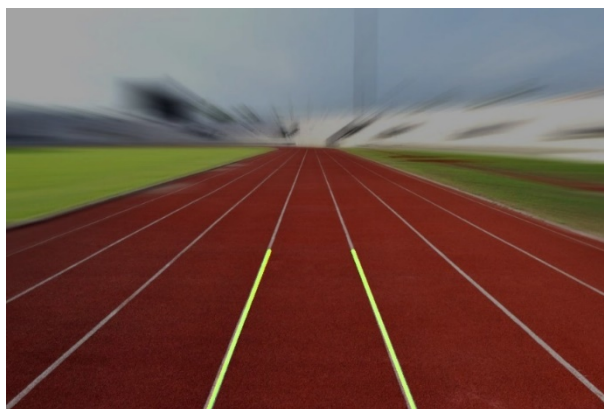


Рис. 6. Наложение изображения с линиями на исходное и вывод обработанного изображения

Заключение. В результате выполненной работы была разработана и внедрена инновационная система технического зрения для мобильного робота, которая обеспечивает точный контроль полосы движения и демонстрирует высокую эффективность в условиях тренировок легкоатлетов. Система может быть использована для повышения качества их подготовки. Выбор OpenCV в качестве основного инструмента для детекции разметки оказался удачным благодаря простоте использования, высокой скорости работы и возможности настройки под различные дорожные условия. Сравнительный анализ показал, что OpenCV предоставляет оптимальное решение для этой системы. В ходе испытаний она продемонстрировала надежность и эффективность в детекции дорожной разметки. Таким образом, OpenCV является наиболее подходящим решением для разработки технического зрения мобильного робота, способствующего эффективной подготовке легкоатлетов.

Список литературы

1. Popov SI, Galchenko GA, Marchenko JuV, Drozdov DS. Use of Neural Networks and Autopilot for Quick and Accurate Grain Discharge on the Elevator. In: Shamtsyan M, Pasetti M, Beskopylny A (Eds.). *Proceedings of the XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021". Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies. Vol. 247.* Singapore: Springer; 2022. P. 45–53. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3844-2_6
2. Марченко Ю.В., Дерюшев В.В., Попов С.И., Марченко Э.В. Модель многопараметрической оптимизации характеристик канатной дороги в системе транспортировки твердых бытовых отходов. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2023;7(4):80–96. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-7-4-80-96>
3. Zvezdina MYu, Shokova YuA, Marchenko YuV, Popov SI. Digitalization of Transport in the South Russia Macro-Region and Its Environmental Consequences. *Sociology and Technoscience.* 2024;14(2):1–22. <https://doi.org/10.24197/st.2.2024.1-22>
4. Marchenko JuV, Popov SI. The Use of a Unified Container in an Ecological Automated System for the Removal of Solid Household Waste in an Urbanized Environment Based on Rope Transport Technologies. In: Beskopylny A, Shamtsyan M, Artiukh V (Eds.). *Proceedings of the XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022, Volume 2. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 575.* Cham: Springer; 2023. P.1304–1311. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_146

5. Марченко Ю.В., Молаоди О., Попов С.И. Имитационное моделирование процессов автоматизированного транспортирования «Смарт-контейнеров» в транспортно-логистическом терминале. В: *Труды двадцать первой Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство»*. Старый Оскол, 29 ноября 2024 года. Том 1. Старый Оскол: Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»; 2024. С. 633–642.

6. Попов С.И., Валявин В.Ю., Подуст С.Ф., Линькова Е.Ф., Юрьева В.В. *Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин*. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ; 2010. 115 с.

7. Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Методы обеспечения показателей качества реноизделий в авторемонтном производстве. В: *Труды Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство»*. Старый Оскол, 23-24 ноября 2017 года. Том 1. Старый Оскол: Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС"; 2017. С. 227–235.

8. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С., Денисенко Ю.Н. Использование вибрационной механохимической обработки с одновременным нанесением оксидного покрытия на алюминиевый сплав АК5М2 в пищевой промышленности. *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2020;28(3):28–36. https://doi.org/10.47188/0869-5326_2020_28_3_28

9. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С., Курская И.А. Нанесение вибрационного двухкомпонентного твердосмазочного механохимического покрытия на различные детали из титанового сплава. *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2020;16(9(189)): 404–407.

Об авторах:

Сергей Иванович Попов, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), spopov1957@yandex.ru

Юлианна Викторовна Марченко, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), marchenko-6470@male.ru

Эмиль Витальевич Бивзюк, преподаватель кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), aemiliuslibertus@yandex.ru

Даниил Михайлович Магразданов, преподаватель кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), daniilmagrazhdanov@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Sergei I. Popov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), spopov1957@yandex.ru

Yulianna V. Marchenko, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), marchenko-6470@male.ru

Ehnil V. Bivzyuk, Lecturer of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), aemiliuslibertus@yandex.ru

Daniil M. Magrazhdanov, Lecturer of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), daniilmagrazhdanov@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.