

Моделирование алгоритма предотвращения столкновений в робототехнических коллаборативных системах

М. А. Шереужев^{✉1,2}, Д. И. Арабаджиев^{1,2}, И. В. Семянников^{1,2}

¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
127055, Россия, Москва, Вадковский пер., 1

²Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
105005, Россия, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, корп. 1

Аннотация. В современной коллаборативной и промышленной робототехнике вопрос безопасности взаимодействия человека и робота является одним из основополагающих. Ввиду больших моментов сил и высоких скоростных режимов работы столкновение манипулятора и оператора часто приводит к ранению человека. Цель работы – разработка и тестирование алгоритма предотвращения столкновений для роботов в динамичной среде. Моделирование производилось в симуляторе Webots с использованием метода виртуальных сил. Алгоритм показал высокую эффективность и надежность, поддерживая безопасное расстояние между роботом и человеком. Разработанная система предотвращения столкновений подходит для применения в промышленных условиях.

Ключевые слова: предотвращение столкновений, безопасность, коллаборативный робот, Webot

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haddadin S., Croft E. Physical human-robot interaction. *Handbook of Robotics*. Springer. 2016. Pp. 1835–1874. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1_69
2. Villani V., Pini F., Leali F., Secchi C. Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*. 2018. Vol. 55. Pp. 248–266. DOI: 10.1016/j.mechatronics.2018.02.009
3. Khatib O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. *The International Journal of Robotics Research*. 1986. Vol. 5(1). Pp. 90–98. DOI: 10.1109/ROBOT.1985.1087247
4. Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. *Force control*. Springer: London. 2009. Pp. 363–405.
5. Rohmer E., Singh S.P.N., Freese M. V-REP: A versatile and scalable robot simulation framework. *2013 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems*. 2013. Pp. 1321–1326. DOI: 10.1109/IROS.2013.6696520
6. Reinstein M., Hoffmann M. Dead reckoning in a dynamic quadruped robot based on multimodal proprioceptive sensory information. *IEEE Transactions on Robotics*. 2012. Vol. 29(2). Pp. 563–571. DOI: 10.1109/TRO.2012.2228309
7. Michel O., Rohrer B. Webots: professional mobile robot simulation. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2009. Vol. 5(3). Pp. 39–42. DOI: 10.5772/5618
8. Dellaert F., Fox D., Burgard W., Thrun S. Monte Carlo localization for mobile robots. *Proceedings 1999 IEEE international conference on robotics and automation*. 1999. Pp. 1322–1328.
9. Jiang Y., Yang C., Ju Z., Liu J. Obstacle avoidance of a redundant robot using virtual force field and null space projection. *Intelligent Robotics and Applications: XII International Conference, ICIRA*. Springer. 2019. Pp. 728–739. DOI: 10.1007/978-3-030-27526-6_64

10. Kim C.Y., Kim Y.H., Ra W.S. Modified 1D virtual force field approach to moving obstacle avoidance for autonomous ground vehicles. *Journal of Electrical Engineering & Technology*. 2019. Vol. 14. Pp. 1367–1374. DOI: 10.1007/s42835-019-00127-8

11. Xu Q., Zhang T., Zhou K. et al. Active collision Avoidance for robotic Aam based on artificial potential field and deep reinforcement learning. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14(11). P. 4936. DOI: 10.3390/app14114936

Информация об авторах

Шереужев Мадин Артурович, кан. тех. наук, мл. науч. сотр. Центра когнитивных технологий и машинного зрения, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

127055, Россия, Москва, Вадковский пер., 1;

старший преподаватель кафедры СМ7 «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана;

105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1;

shereuzhev@bmstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2352-992X>, SPIN-код: 1734-9056;

Арабаджиев Денис Игоревич, инженер Центра когнитивных технологий и машинного зрения, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

127055, Россия, Москва, Вадковский пер., 1;

аспирант кафедры СМ7 «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана;

105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1;

denisarabadzhev13@gmail.com, SPIN-код: 7438-1760

Семяников Иван Владимирович, инженер студенческого бюро робототехники, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

127055, Россия, Москва, Вадковский пер., 1;

магистрант кафедры СМ7 «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана;

105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1;

semyannikoviv@student.bmstu.ru