



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	International Academy Journal Web of Scholar
p-ISSN	2518-167X
e-ISSN	2518-1688
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland

ARTICLE TITLE	ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СКЛАДСКОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА
AUTHOR(S)	Султанова А. Б., Абдуллаева М. Я.
ARTICLE INFO	Sultanova A. B., Abdullayeva M. Y. (2020) Planning the Trajectory of a Warehouse Mobile Robot. International Academy Journal Web of Scholar. 7(49). doi: 10.31435/rsglobal_wos/30092020/7184
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/30092020/7184
RECEIVED	27 July 2020
ACCEPTED	06 September 2020
PUBLISHED	11 September 2020

LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .
----------------	--

© The author(s) 2020. This publication is an open access article.

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СКЛАДСКОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Султанова А. Б.,

*Институт систем управления НАНА, Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, Азербайджан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3230-6349>*

Абдуллаева М. Я.,

*Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1380-1216>*

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/30092020/7184

ARTICLE INFO

Received: 27 July 2020

Accepted: 06 September 2020

Published: 11 September 2020

KEYWORDS

automation, mobile robot, control
algorithm, warehouse, path
planning, motion planning, fuzzy.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new method for planning and optimizing the trajectory of warehouse robots using an improved algorithm. The paper reflects algorithms for planning the trajectory of collisionless movement of a warehouse mobile robot and describing the functioning of the system.

Citation: Sultanova A. B., Abdullayeva M. Y. (2020) Planning the Trajectory of a Warehouse Mobile Robot. *International Academy Journal Web of Scholar*. 7(49). doi: 10.31435/rsglobal_wos/30092020/7184

Copyright: © 2020 Sultanova A. B., Abdullayeva M. Y. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Введение. В соответствии с принципами управления цепочками поставок современные компании стремятся достичь больших объемов производства и распределения, используя минимальные ресурсы по всей логистической цепочке, которые должны быть доставлены в кратчайшие сроки. Для этого широко используется автомобиль с автоматическим управлением.

Начиная с конца 1950-х годов автомобили с традиционным ручным управлением были заменены автомобилями с автоматическим управлением [1].

Эти машины были впервые представлены для более быстрой доставки товаров и продуктов на склады и производственные площади. Автоматизация грузоперевозок в складской системе необходима современным логистическим компаниям для повышения производительности труда и снижения затрат. Использование роботов, которые являются основным элементом автоматических складских и логистических систем, позволяет планировать, оптимизировать задачи, повышать производительность и снижать затраты. Использование мобильных роботов для выбора полок внутри склада, загрузки и разгрузки грузов, а также планирования оптимального размещения товаров на полках склада экономит время и деньги для складского бизнеса.

Мобильные складские роботы — это независимые колесные мобильные роботы, которые могут перемещать полки внутри склада из зоны хранения в зону консолидации [1-5].

Основная задача мобильного складского робота заключается в загрузке, разгрузке, доставке груза в желаемую область, размещении и обратном движении внутри склада, чтобы облегчить операцию комплектования заказов [2-4].

Одна из основных задач в этой области — обеспечение возможностей навигации внутри складов [3].

Для этого используются различные методы. Некоторые используют разметку на полу, стенах или установку специальной разметки (беспроводной или светоотражающей) на полках при подготовке сарая, в основном используются системы, основанные на интеллектуальных системах. Например, распознавание изображений, системы компьютерного зрения и так далее [5-7].

Методы.

Чтобы роботы могли свободно перемещаться по складу, нужно спланировать траектории движения мобильных роботов. Планирование траектории относится к построению траектории от начальной точки до конечной точки, по которой робот должен двигаться. Движение нужно настроить так, чтобы робот не встречал препятствий на пути движения. Возможная точка (например, Q) в зоне консолидации робота может быть отправной точкой. Целевой (конечной) точкой может быть любая полка (стеллаж Б), в зависимости от заказа клиента.

Текущая ситуация и мобильный робот для склада.

Сегодня в мире нет полностью роботизированных складов. Профессиональных и систематических исследований по планированию дорог для приобретения складских и логистических роботов относительно мало. Необходимо проектировать сложные объекты на основе нечетких и нечетких систем управления, разработанных для обеспечения полной независимости логистических зданий. Умный склад — это новый автоматизированный склад, построенный на основе технологии искусственного интеллекта (ИИ). Интеллектуальный склад отличается высокой степенью автоматизации, низкими трудозатратами и высокой производительностью.

Логистический складской робот играет ключевую роль в процессе создания интеллектуального склада. Таким образом, логистический складской робот — это робот, который широко используется в сфере складских и логистических технологий. Этот тип роботов может самостоятельно выполнять такие задачи, как размещение, транспортировка и сортировка товаров.

В настоящее время складские и логистические роботы в основном делятся на две категории. Первая категория включает роботизированную систему Kiva, предоставленную Amazon, а другая категория включает роботов, которые выполняют функцию приема и доставки товаров, предоставляемых Fetch. Несмотря на то, что исследования в области логистических робототехнических технологий начинаются с опозданием, темпы развития этих компаний выше.

Результаты и обсуждения.

Склад (ху) описывается в двумерной координатной плоскости. Склад имеет стены, полки и другое технологическое оборудование в качестве статического барьера. Задача планирования траектории логистического складского робота состоит в том, чтобы определить его позицию после существующих позиций в рабочей среде, не допуская столкновения робота с другими роботами и препятствиями (статического характера), определить длину маршрута. и время для достижения цели. Вопрос о планировании траектории логистического складского робота формируется на следующих принципах.

Начальное положение (G_k) роботов и целевая точка (A_k, B_k, C_k) задаются в двумерной рабочей среде. Двумерное рабочее пространство, каждый складской робот ориентирован в разных направлениях и в разных положениях, чтобы избежать препятствий:

$$A_k = (a_k^1 \dots, a_k^d \dots, a_k^n): \quad B_k = (b_k^1 \dots, b_k^d \dots, b_k^m) \quad C_k = (c_k^1 \dots, c_k^d \dots, c_k^l) \quad (1)$$

здесь, a_k^n , ($k = 1, 2, \dots, n$); b_k^m , ($k = 1, 2, \dots, m$); c_k^l , ($k = 1, 2, \dots, l$);

Статические преграды на складе - стены, дополнительные роботы не сталкиваются друг с другом.

Чтобы лучше понять, как работает система, опишем взаимодействие алгоритма и его компонентов:

1. Роботы находились в режиме ожидания.
2. График системы контроля включает информацию о доставке X груза в пункт назначения.
3. Система контроля анализирует полученную информацию и фиксирует местонахождение груза.
4. Система управления определяет маршрут движения робота. В этом случае он получает информацию о текущем состоянии других роботов, чтобы избежать столкновений.

5. Складскому роботу дается указание следовать заданному маршруту.
 Расстояние пути робота вычисляется по следующему уравнению:

$$GA = \sqrt{(a_x - nx_i)^2 + (a_y - ny_i)^2} \quad (2)$$

a_x, a_y – координаты текущей точки робота;

nx_i, ny_i – координаты соседних точек робота;

При отсутствии задания складской робот находится в режиме ожидания (x_0, y_0). В этом случае информация о траектории и текущем положении робота будет записана в память. Эта информация принимает форму двумерной матрицы, называемой координатной матрицей, которая содержит координаты всех точек движения. Координатный массив приведен в таблице ниже (Таблицу 1).

Таблица 1. Определение набора путевых точек для желаемого пути робота

N	Робот 1		Робот 2		Робот 3	
	К цели	Вернуться к	К цели	Вернуться к началу	К цели	Вернуться к началу
	(x, y)	(x, y)	(x, y)	(x, y)	(x, y)	(x, y)
1	(0 0)	(4.5 12.0)	(0 0)	(8.0 10.0)	(0 0)	(11.0 11.0)
2	(1.0 2.0)	(4.0 10.0)	(2.0 1.5)	(7.0 9.0)	(2.0 1.0)	(10.0 6.0)
3	(1.5 3.0)	(3.5 9.0)	(3.0 2.0)	(5.0 6.0)	(5.0 2.0)	(7.0 4.0)
4	(2.0 5.0)	(3.0 7.0)	(4.0 4.0)	(4.0 4.0)	(7.0 4.0)	(5.0 2.0)
5	(3.0 7.0)	(2.0 5.0)	(5.0 6.0)	(3.0 2.0)	(10.0 6.0)	(2.0 1.0)
6	(3.5 9.0)	(1.5 3.0)	(7.0 9.0)	(2.0 1.5)	(11.0 11.0)	(0 0)
7	(4.0 10.0)	(1.0 2.0)	(8.0 10.0)	(0 0)	(12.0 14.0)	-
8	(4.5 12.0)	(0 0)	(9.0 14.0)	-	-	-
9	(5.0 14.0)	-	-	-	-	-

Таблица 2. Возможные способы складских роботов

Случаи	Количество точек, пройденных роботом	Пройденный путь (метр)
Робот1	9	17.0
Робот2	8	19.2
Робот3	7	22.3

Проблема была смоделирована с помощью пакета MATLAB программ и были получены следующие результаты

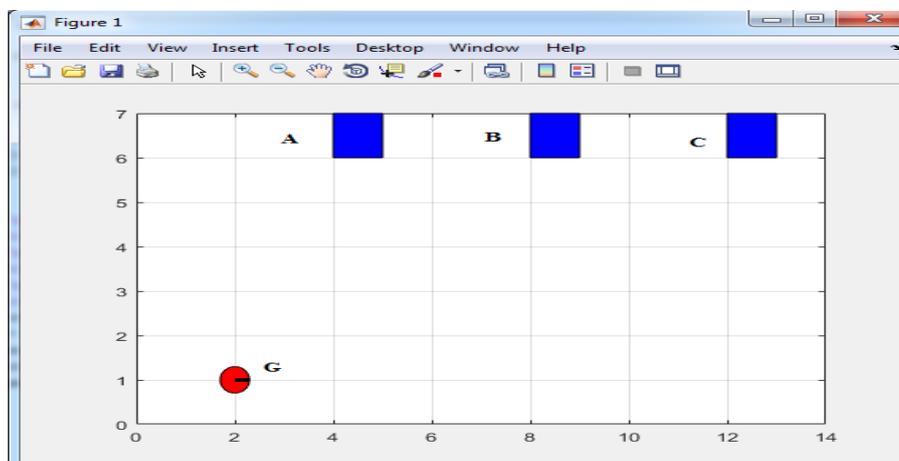


Рис. 1. A, B, C, целевые точки, G-исходное положение. Прохождение первой позиции ($x=2, y=1$)

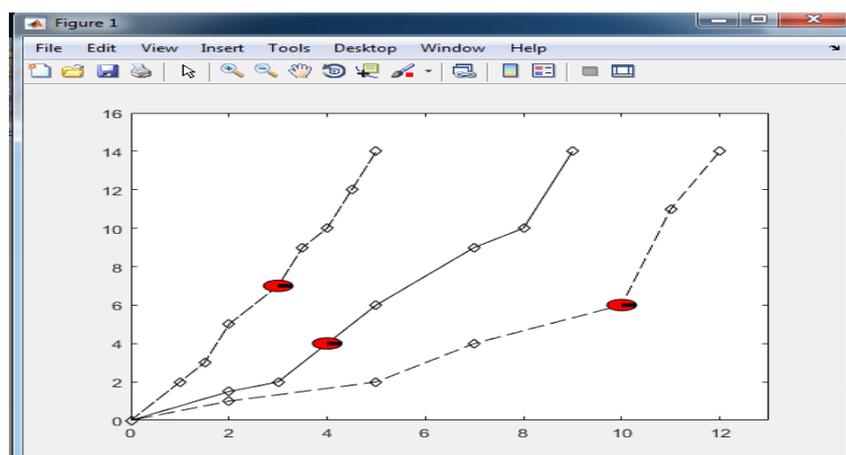


Рис. 2. Движение роботов Robot1, Robot2, Robot3 от начальной ситуации к цели

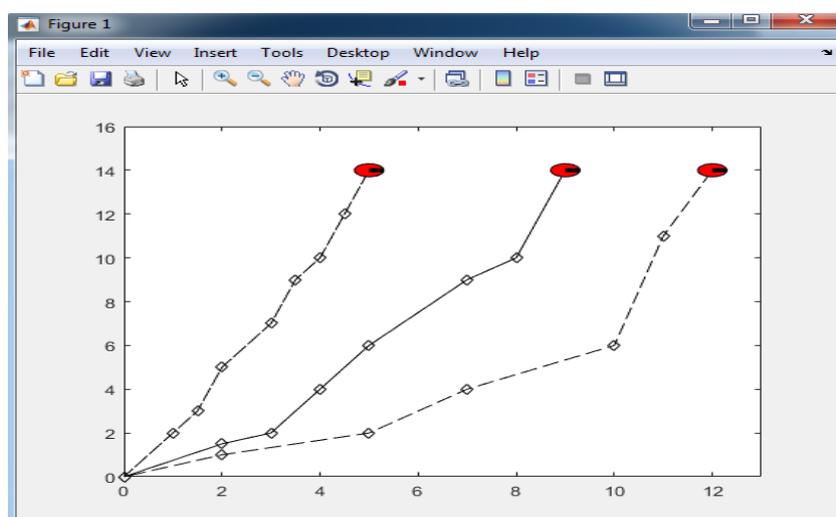


Рис. 3. Робот1, Робот2, Робот3 – в пункте назначения

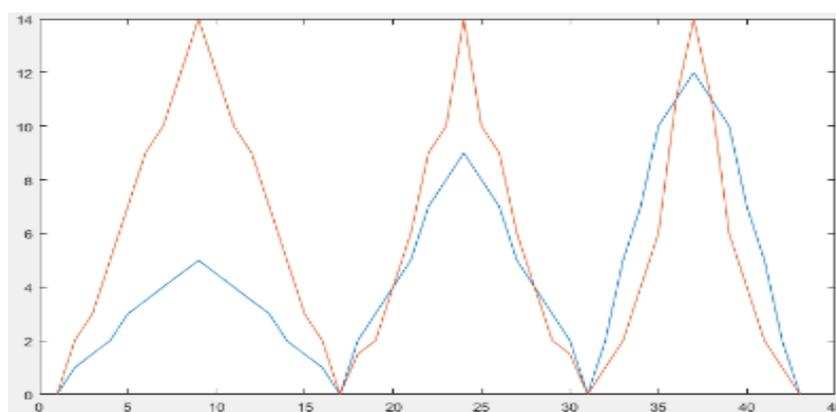


Рис. 4. Отклонение робота от установленного положения
 (— отражает прогресс в достижении цели)
 (— отражает возвращение)

Выводы. В статье реализован алгоритм планирования траектории нескольких складских роботов, находящихся в ограниченном пространстве, и этот алгоритм, действуя по известной координате, ставит задачу по достижению цели.

Моделирование было модернизировано в среде MATLAB, и эксперимент проводился с 3 складскими роботами. Перед началом эксперимента по планированию траектории каждого складского робота заранее определяются начальная точка и цель роботов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chernigovsky, A. S. Scheduling algorithms for automatic control systems for technological processes / A. S. Chernigovsky, R. Yu. Tsarev, D. V. Kapulin // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012028. doi: 10.1088/1742-6596/803/1/012028.
2. Chang, C.F., Lin, T.Y., & Tai, C.L., et al. (2013). Advanced Information of Parity Bits for Decoding Short Linear Block Codes Using the A* Algorithm: IEEE Transactions on Communications, 61(4):1201-121. doi. 10.1109/TCOMM.2013.020813.120216
3. Kapulin, D V. The design of the automated control system for warehouse equipment under radio-electronic manufacturing / D. V. Kapulin, I. V. Chemidov, M. A. Kazantsev // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012064. doi:10.1088/1742-6596/803/1/012064.
4. Tuncer, A., Yildirim, M., 2012. Dynamic path planning of mobile robots with improved genetic algorithm. Comput. Electr. Eng. 38 (6), 1564–1572(Elsevier). doi: 10.1016/j.compeleceng.2012.06.016
5. Kelin Jose, Dilip Kumar Pratihari. (2016) “Task allocation and collision-free path planning of centralized multi-robots system for industrial plant inspection using heuristic methods.” *Robotics and Autonomous Systems* 80 (June 2016): 34-42. doi.org/10.1016/j.robot.2016.02.003
6. Kelen C.T. Vivaldini, Jorge P.M. Galdames, Thales S. Bueno, Roberto C. Araujo. Rafael M. Sobral, Marcelo Becker, Glauco A.P. Caurin. (2010) “Robotic Forklifts for Intelligent Warehouses: Routing, Path Planning, and Auto-Localization.” *IEEE International Conference on Industrial Technology, Vina del Mar, Chile*. doi: 10.1109/ICIT.2010.5472487
7. Roelof Hamberg, Jacques Verriet. (2012) “Automation in Warehouse Development.” Springer-Verlag London Limited. doi. 10.1007/978-0-85729-968-0
8. Li, C., Bodkin, B., Lancaster, J., 2009. Programming Khepera II robot for autonomous navigation and exploration using the hybrid architecture. Proceedings of 47th Annual South East Regional Conference, ACM, p. 31.