

Березина В.А.

аспирантка

Шестаков Д.А.

аспирант

Струкова В.Г.

аспирантка

СКФУ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО
МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ТРЕМЯ ВСЕНАПРАВЛЕННЫМИ
КОЛЕСАМИ**

Аннотация: В данной статье представлена разработка кинематической модели и ее реализация с использованием нескольких инструментов. Результатом является модель, которая повторяет кинематику трёхколесного робота, оснащенного всенаправленными колёсами, которая затем тестируется с использованием 3D-модели, импортированной из Blender и Matlab для моделирования.

Ключевые слова: мобильные роботы, робототехника, кинематика, моделирование и симуляция

Berezina V.A.

graduate student

Shestakov D.A.

graduate student

Strukova V.G.

graduate student

NCFU

**MATHEMATICAL MODELING OF AN AUTONOMOUS MOBILE
ROBOT WITH THREE OMNIDIRECTIONAL WHEELS**

Abstract: This article presents the development of a kinematic model and its implementation using several tools. The result is a model that replicates the

kinematics of a three-wheeled robot equipped with omnidirectional wheels, which is then tested using a 3D model imported from Blender and Matlab for simulation.

Keywords: mobile robots, robotics, kinematics, modeling and simulation

Мобильные роботы обладают гораздо большей гибкостью и подвижностью, чем манипуляторы, что приводит к необходимости более сложных моделей. С точки зрения кинематики, основное различие между манипулятором и мобильным роботом заключается в характере и расположении его суставов [1]. Робот-манипулятор обычно моделируется как открытая кинематическая цепь, состоящая из чередования твердых тел с соединительными элементами одной степени свободы. В то время как кинематическая структура мобильного робота может рассматриваться как набор замкнутых кинематических цепей, таких как колесо, контактирующее с землей. Кроме того, взаимодействие колеса с землей определяется с кинематической точки зрения как плоское соединение с тремя степенями свободы, где одна из них, обычно неконтролируемая, представляет собой поперечное проскальзывание [2]. Эти два факта затрудняют построение модели.

Робот имеет несколько колёс с тремя степенями свободы (DoF) на каждом, что дает ему возможность маневрировать. В частности, у этого робота три колеса, каждое из которых имеет три степени резкости, и все они двунаправленные. На рисунке 1 отображена схема трехколесного робота.

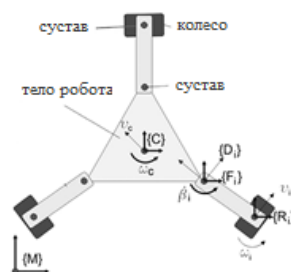


Рисунок 1 – Схема трехколесного робота

Система координат пола $\{M\}$ фиксирована относительно поверхности и представляет собой систему координат для движения робота. Соответствующее глобальное положение робота представлено символом $\{C\}$, которое связано с

телом робота; $\{F_i\}$ – это i -й сустав ноги, прикрепленный к корпусу робота. λ_i описывает вектор положения робота. $\{D_i\}$ относится к компоненту направленности i -го колеса. Направленный угол обозначен β_i . $\{R_i\}$ представляет системы, расположенные в точке контакта с полом i -го колеса.

На основании уравнений линейной и угловой скоростей робота [1] и параметров всенаправленных колес [3], матрица Якоби будет выглядеть так:

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{R}{\sqrt{3}} & \frac{R}{\sqrt{3}} \\ \frac{2R}{3} & \frac{-R}{3} & \frac{-R}{3} \\ \frac{-R}{3L} & \frac{-R}{3L} & \frac{-R}{3L} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Якобиан обратного отображения (1) робота можно выразить следующим образом:

$$\begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{R} & \frac{-L}{R} \\ \frac{\sqrt{3}}{2R} & \frac{-1}{2R} & \frac{-L}{R} \\ \frac{-\sqrt{3}}{2R} & \frac{-1}{2R} & \frac{-L}{R} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (2)$$

В качестве среды моделирования выбрана CoppeliaSim, в которую была перенесена Simulink-модель и 3D-модель робота и окружения, созданная в Blender. Исследуемая модель представляет собой голономную систему, допускающую всенаправленное движение и, следовательно, любую комбинацию угловой и линейной скоростей. Это позволяет роботу совершать любые движения по плоской поверхности.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты, полученные при попытке осуществить моделью линейное и вращательное движения. Линейный тип движения определяется линейной скоростью, описываемой компонентами v_{cx} и v_{cy} . Эти компоненты должны быть постоянными, чтобы робот двигался линейно, а угловая скорость θ_c была равна нулю.

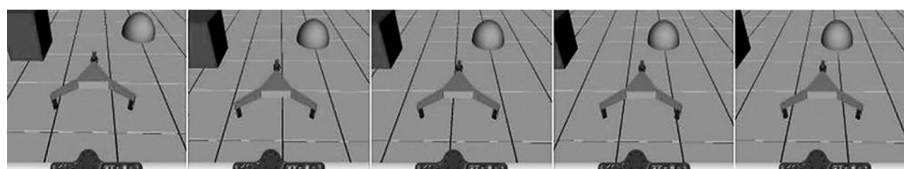


Рисунок 2 – Линейное движение робота

В случае вращательного движения робот вращается вокруг своей оси. Компоненты v_{cx} и v_{cy} равны нулю, в то время как θ_c остается постоянным.

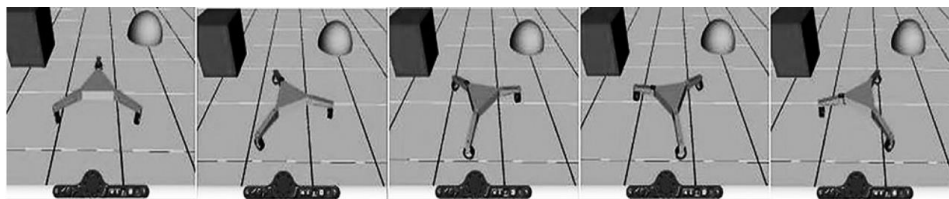


Рисунок 3 – Вращательное движение робота

Как видно на рисунках выше, робот может двигаться по любому пути в зависимости от скорости, изменяя которую, направление робота может меняться, заставляя двигаться к любой точке на плоскости.

На рисунке 4 представлен график, на котором отмечено желаемое движение робота (кривая) и фактическое движение робота (траектория движения робота).

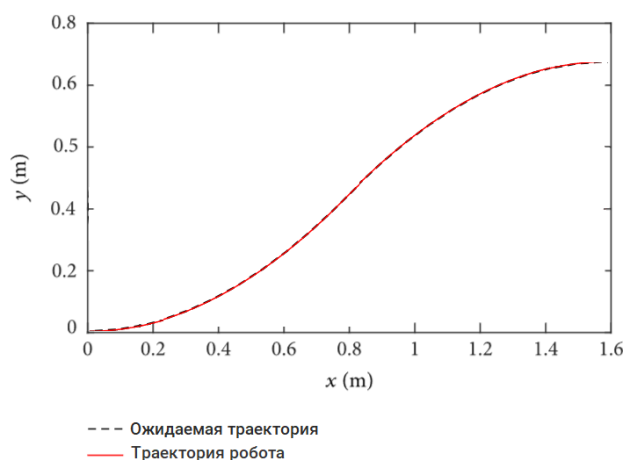


Рисунок 4 – Траектория движения робота по простой кривой

Как можно заметить из рисунка 4, траектория движения по простой кривой полностью совпадает с ожидаемой траекторией движения.

В данной статье был представлен расчет кинематическая модель трёхколёсного мобильного робота, оснащённого всенаправленными колёсами. Показаны прямая и обратная модели, необходимые для вычисления положения на основе скорости колес и скоростей, необходимых для достижения определенного положения соответственно. Была собрана модель, чтобы

продемонстрировать полную функциональность кинематического моделирования для робота, в которой представленные результаты очень удовлетворительны. Были выполнены два основных движения (линейное и вращательное), а также реализовано криволинейное движение.

Список использованной литературы:

1. Xiang, L., Xunbo, L., & Liang, C. (2017, December). Multi-disciplinary modeling and collaborative simulation of multi-robot systems based on HLA. In Robotics and Biomimetics, 2007. ROBIO 2007. IEEE International Conference on (pp. 553-558). IEEE.
2. M. Samadi and M. F. Othman. Global path planning for autonomous mobile robot using genetic algorithm. in Proceedings of the 2013 9th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2013, pp. 726–730, Kyoto, Japan, December 2013.
3. Jae-Bok Song, & Kyoung-Seok Byun. (2018). Design and Control of an Omnidirectional Mobile Robot with Steerable Omnidirectional Wheels. Korea University, Mokpo National University. Republic of Korea. P223.

©Березина В.А., Шестаков Д.А., Струкова В.Г., 2022