

# МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Игнатюк Н. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
*nikitaignatuk20@gmail.com*

**Annotation.** This article discusses a mathematical model and algorithms for controlling mobile platforms with steering. The mathematical model allows you to get an idea of the trajectories of the front and rear wheels during the application of these algorithms. In conclusion, the article highlights the potential for further refinement and improvement of these algorithms to meet the requirements of complex and diverse environments in autonomous systems.

**Введение.** Разработка алгоритмов и систем управления мобильными платформами роботизированных транспортных средств является сложной научной проблемой. С методической точки зрения важно разделять разработку модели объекта управления (с учетом внешней среды) и, собственно, алгоритмов управления. В настоящей работе рассмотрим оба этих аспекта в виде учебно-демонстрационной задачи, не претендующей на внедрение в реальное изделие.

**Модель объекта управления.** Математическая модель расчета координат мобильной платформы:

$$\begin{cases} x_{п} = x_{п0} + v_{п} \cos(Q' + \Psi)\Delta t \\ y_{п} = y_{п0} + v_{п} \sin(Q' + \Psi)\Delta t \\ x_{з} = x_{з0} + v_{з} \cos(\pm Q + \Psi)\Delta t \\ y_{з} = y_{з0} + v_{з} \sin(\pm Q + \Psi)\Delta t \end{cases}, \quad (1)$$

где:  $x_{п0}$  и  $y_{п0}$  – первоначальные координаты переднего колеса;  $x_{з0}$  и  $y_{з0}$  – первоначальные координаты заднего колеса в прямоугольной системе координат;  $\Psi$  – угол изменения положения платформы за время  $\Delta t$ ;  $v_{з}$  – скорость заднего колеса;  $v_{п}$  – скорость переднего колеса;  $Q'$  – угол между направлением переднего колеса и осью  $Ox$ ;  $Q$  – угол курса (продольной оси) платформы;  $L$  – колесная база платформы.

В процессе управления движением будет изменяться угол поворота переднего колеса, в соответствии с формулой:

$$\varphi = k\omega_p\Delta t + \varphi_0, \quad (2)$$

где:  $k$  – коэффициент ( $\pm 1$ ) определяет направление изменения угла  $\varphi$ ;  $\omega_p$  – угловая скорость;  $\varphi_0$  – начальный угол поворота переднего колеса относительно продольной оси платформы.

Таким образом, с использованием данной модели можно рассчитать положение платформы в прямоугольной системе координат в любой момент времени, и тем самым моделировать, оценивать разрабатываемые алгоритмы управления.

**Алгоритмы управления мобильной платформой.** Оба алгоритма имеют общую идею, которая состоит в том, чтобы ось переднего колеса направлять в конечную точку  $K$ , а реализация может быть различной.

**Алгоритм 1** основан на расчете координат конечной точки  $K$  после поворота на угол  $Q'$  и смещения осей на  $x_{п}$  и  $y_{п}$ . Коэффициент  $k$  будет изменяться следующим образом (формула 3):

$$k = \begin{cases} 1, & \text{если } y'_K > 0 \text{ или } y'_K = 0 \wedge x'_K < 0 \\ -1, & \text{если } y'_K < 0 \\ 0, & \text{если } y'_K = 0 \end{cases} . \quad (3)$$

**Алгоритм 2** основан на расчете угла  $Q_K$  и стремлении угла  $Q'$  стать равным углу  $Q_K$ . Коэффициент  $k$  будет рассчитан следующим образом:

$$k = \begin{cases} -1, & \text{если } Q' > Q_K \\ 1, & \text{если } Q' < Q_K \\ 0, & \text{если } Q' = Q_K \end{cases} . \quad (4)$$

**Заключение.** На рис. 1 представлены результаты моделирования траекторий движения переднего и заднего колес при первом и втором алгоритмах расчета. Как видно из рисунков, траектории – практически эквивалентны, поскольку реализован один способ наведения с применением различных способов расчета направления поворота –  $k$ . В свою очередь это верифицирует модель объекта управления и подтверждает достоверность результатов расчета.

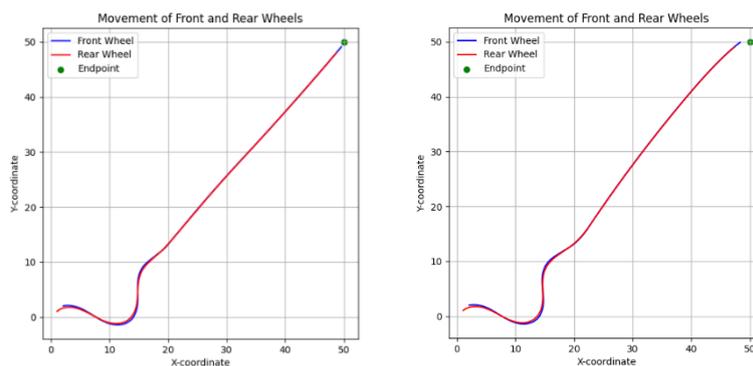


Рисунок 1 – Траектория движения переднего и заднего колеса при первом алгоритме (слева) и втором алгоритме (справа)

### Список использованных источников

1. Dixit, S., Montanaro, U., Dianati, M., Oxtoby, D. Trajectory Planning for Autonomous High-Speed Overtaking in Structured Environments Using Robust MPC / S. Dixit, U. Montanaro, M. Dianati, D. Oxtoby // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2019. – Т. 21, № 6. – S. 2310–2323.
2. Alrifaae, B., Ghanbarpour, M., Abel, D. Centralized non-convex model predictive control for cooperative collision avoidance of networked vehicles / B. Alrifaae, M. Ghanbarpour, D. Abel // 2014 IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC) (Juan Les Pins, France, 08-10 October 2014). – Juan Les Pins, France – 2014. – S. 1–6.