УДК 681.5

К.Ю. Дергачов, Т.В. Литвиненко

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

РАЦІОНАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ РУХОМ МОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ РОБОТІВ

Розглянуто питання раціонального планування маршруту руху роботів у середовищі із перешкодами і раціонального управління рухом по маршруту. Запропоновано методику побудови криволінійного руху мобільного колісного робота на площині.

Ключові слова: *управління рухом, мобільний транспортний робот, радіус повороту, матриця повороту*

Вступ. При вирішенні прикладних задач в області робототехніки, мехатроніки, електроніки, навігації часто виникає завдання раціонального управління рухом мобільних роботів. Завдання управління безпосередньо пов'язане з вирішенням завдань навігації роботів. В якості таких завдань доцільно розглядати два основні завдання навігації - визначення раціонального місцезнаходження та визначення раціонального маршруту переміщення мобільного робота з однієї точки простору в іншу. Рішення задачі побудови раціональної траєкторії руху серед перешкод можливе при використанні багаторівневої математичної моделі, яка містить наступні блоки: математичну модель місцевості із перешкодами, математичну модель процесу глобального планування маршруту та модель оптимізації процесу криволінійного руху.

Аналіз останніх досліджень. Серед надзвичайно великої кількості задач управління рухом робота однією з найважливіших є задача управління рухом робота з деякої початкової точки в задану кінцеву. Формально така задача формулюється наступним чином: робот знаходиться у початковій точці з відомими координатами, необхідно перемістити робот за обмежений проміжок часу в кінцеву точку із заданими координатами.

Для розв'язання поставленої задачі треба мати уявлення про навколишню обстановку, яке б було зручним для використання в системі управління мобільним транспортним роботом. А сама система управління рухом робота повинна включати деякий мінімальний набір технічних пристроїв і програмних засобів, об'єднаних у підсистеми за функціональним призначенням У роботі [1] для побудови картини світу робота використовуються засоби технічного зору, а саме дві відеокамери. Вирішення задач побудови глобальних траєкторій руху широко розглянуті в роботах [2, 3]. Найбільш ефективним алгоритмом побудови глобальної траєкторії для руху мобільного транспортного робота серед перешкод є алгоритм хвильового трасування Лі [4], в результаті якого будується глобальна траєкторія руху мобільного робота, яка надалі може бути інтерпольована за допомогою одного з чисельних методів.

Мета роботи. Розробка алгоритму побудови криволінійного руху мобільного транспортного робота на площині.

Основні матеріали дослідження. За допомогою засобів технічного зору може бути побудована картина світу робота, яка представляє собою дискретний робочий простір. Причому в реальній обстановці простір містить перешкоди, в якості яких можуть розглядатися навколишні предмети. Дискретне робоче поле з перешкодами представлено на рис. 1.

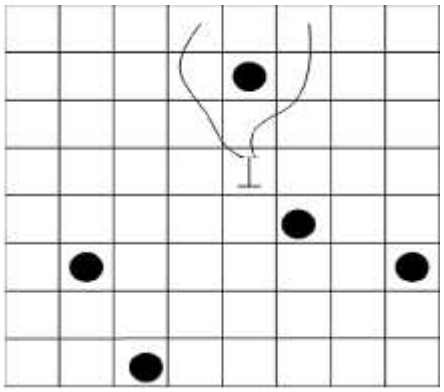

Рис. 1. Дискретне робоче поле з перешкодами

Розглянемо алгоритм побудови траєкторного руху робота. Нехай у результаті інтерполяції був отриманий маршрут руху колісного робота, представлений на рис. 2. Нехай відомо початкове положення ТА.

$$\begin{cases} y = f(x), \\ (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = (vt)^2, \end{cases} \qquad (1)$$

де x_0, y_0 – координати початкового положення ТА (середини передньої осі), $f(x)$ – інтерпольований маршрут руху мобільного робота, v – швидкість руху мобільного робота, t – час руху робота.

У результаті рішення системи рівнянь (1) можуть бути отримані координати точки (x_T, y_T), в яку перейде ТА. Кут повороту рульового колеса може бути обчислений як

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{\Delta x}{\Delta y} = \operatorname{arctg}\frac{x_Ò - x_0}{y_T - y_0} \qquad (2)$$

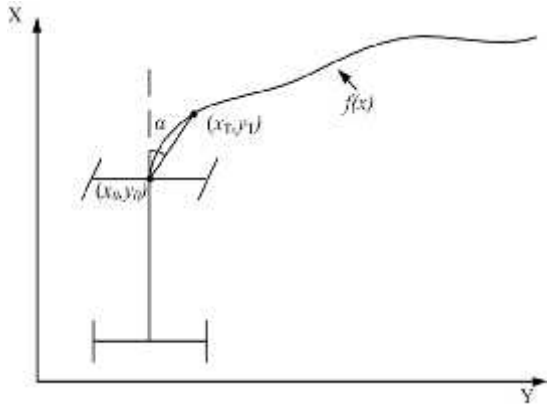

Рис. 2. Маршрут руху колісного робота

Знаючи задане значення v і розрахувавши α можна визначити проекцію швидкості на вертикальну вісь:

$$v_n = \cos(\operatorname{arctg}\frac{x_Ò - x_0}{y_T - y_0}). \qquad (3)$$

Для побудови переміщення робота можуть бути використані моделі, отримані Фаробіним для колісної машини з передніми керованими колесами [5]. Застосування цих моделей дозволяє визначити зміщення центру x щодо задньої осі ТА і радіус повороту *R*. На рис. 3 представлена розрахункова схема розглянутого колісного робота для неусталеного повороту з прийнятими позначеннями геометричних і кінематичних параметрів.

На рис. 3 введено такі позначення: x_1, y_1 – координати середини передньої осі мобільного робота; x_2, y_2 – координати середини задньої осі мобільного робота; x_c, y_c – координати центру ваги робота; β – кут нахилу робота, O – центр повороту.

Положення робота на площині можна охарактеризувати істинним кутом нахилу β, який може бути визначений як

$$\beta = \frac{|x_1 - x_2|}{|y_1 - y_2|}. \qquad (4)$$

Тоді положення центру повороту матиме координати:

$$\begin{cases} x_0 = x_2 - \Delta x = x_2 - \sqrt{R^2 + x^2}\cdot\sin(90^\circ - \beta), \\ y_0 = y_2 + \Delta y = y_2 + \sqrt{R^2 + x^2}\cdot\cos(90^\circ - \beta). \end{cases} \qquad (5)$$

Використовуючи формули приведення можна записати:

$$\begin{cases} \Delta x = x_2 - \sqrt{R^2 + x^2}\cdot\cos\beta, \\ \Delta y = y_2 + \sqrt{R^2 + x^2}\cdot\sin\beta. \end{cases} \qquad (6)$$

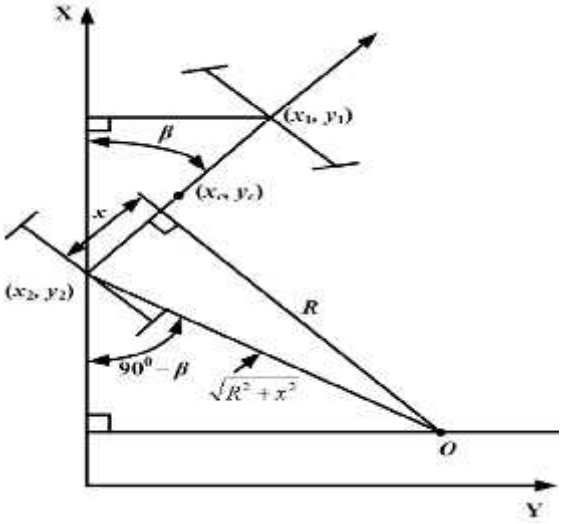

Рис. 3. Розрахункова схема колісного робота

Таким чином, геометрично на площині для побудови руху необхідно виконати наступну послідовність дій:

1) використовуючи технічний зір побудувати картину світу робота;

2) за допомогою алгоритму хвильового трасування Лі побудувати глобальну траєкторію руху транспортного агрегату;

3) інтерполювати глобальну траєкторію, використовуючи один з чисельних методів;

4) використовуючи систему рівнянь (1), отримати координати точки траєкторії, в які перейде ТА;

5) обчислити кут повороту рульового колеса α, використовуючи співвідношення (2);

6) використовуючи моделі Фаробіна [5] для колісних машин при несталому повороті розрахувати зміщення центру x відносно задньої осі ТА і радіус повороту R;

7) розрахувати істинний кут нахилу робота β за формулою (4);

8) визначити координати центру повороту O.

У результаті отримані співвідношення для центру повороту, відносно якого здійснюється поворот транспортного засобу.

Геометрично поворот мобільного транспортного робота навколо центру повороту O здійснюється наступним чином [6]: зсув центра повороту в початок нової системи координат, поворот об'єкта на кут α навколо початку координат і зсув центра повороту у вихідне положення.

$$[x'\ y'1]=[x\ y\ 1]\cdot\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ -x_0 & -y_0 & 1\end{bmatrix}\times$$

$$\times\begin{bmatrix}\cos\alpha & \sin\alpha & 0\\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ x_0 & y_0 & 1\end{bmatrix}= \qquad (7)$$

$$=\begin{bmatrix}(x'-x_0)\cdot\cos\alpha-(y'-y_0)\cdot\sin\alpha+x_0\\ (x'-x_0)\cdot\sin\alpha-(y'-y_0)\cdot\cos\alpha+y_0\\ 1\end{bmatrix}^T$$

Використовуючи формулу (7) можна отримати координати будь-якої точки мобільного транспортного робота після повороту.

Висновок. Отриманий у статті алгоритм побудови криволінійного руху мобільного колісного робота на площині дозволить раціонально планувати маршрути руху роботів у середовищі з перешкодами і раціонального керувати рухом по маршруту. Алгоритм побудови раціональних траєкторій дозволить надалі вирішувати задачу діагностики та корекції технічного стану мобільних транспортних роботів.

Список літератури

1. Дергачев К.Ю., Радомский А.Н. Принципы управления мобильным шагающим роботом в комплексе задач технического мониторинга. // Современная техника и технологии. – № 4 Апрель 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://technology.snauka.ru/2013/04/1726

2. Дергачев К.Ю., Прокопов В.А.Глобальное планирование маршрутов движения транспортных агрегатов с учетом рельефа местности. – Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 4(20). – С. 142-144.

3. Дергачов К.Ю., Флерко С.М., Кравцов Д.В. Методика визначення оптимальних маршрутів руху рухомих об'єктів у комплексі задач командного пункту диспетчерської системи. – Системи обробки інформації Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2005. – Вип. 1. – С. 213-217.

4. МакКоннелл Дж. Основы современных алгоритмов – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.

5. Фаробин Я. Е. Теория поворота транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1970. – 176 с.

6. Яглом И. М. Геометрические преобразования, Т.1,2.—М.: Гостехиздат,1955. – 284 с.

Надійшла до редколегії 01.09.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

К.Ю. Дергачев, Т.В. Литвиненко

Рассмотрены вопросы рационального планирования маршрута движения роботов в среде с препятствиями и рационального управления при движении по маршруту. Предложена методика построения криволинейного движения мобильного колесного робота на плоскости.

Ключевые слова: *управления движением, мобильный транспортный робот, радиус поворота, матрица поворота.*

RATIONAL CONTROL OF MOBILE ROBOTS

K.Yu. Dergachev, T.V. Lytvynenko

Rational planning of the robots route in an environment with obstacles and rational control for route navigation are considered. Methodology for performing the curvilinear motion of mobile wheeled robots on the plane is proposed.

Keywords: *traffic control, mobile robot vehicle, turning radius, rotation matrix.*