

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕТЫРЕХКОЛЕСНЫМ РОБОТОМ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

М. И. ЕВСТИГНЕЕВ, Ю. В. ЛИТВИНОВ, В. В. МАЗУЛИНА, Г. М. МИЩЕНКО

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: yurl13@yandex.ru

Рассматривается алгоритм управления мобильным роботом в условиях возникновения неизвестных препятствий на пути следования. Идентификация препятствия осуществляется с помощью системы технического зрения. В качестве мобильного робота рассматривается модель на основе четырехколесного шасси автомобильного типа с электроприводом.

Ключевые слова: мобильный робот, идентификация препятствий, техническое зрение.

Для выполнения своих функциональных задач роботы должны уметь автономно перемещаться по траекториям, заданным оператором. Как правило, в современных мобильных роботах (МР) для этой цели используется навигационная система, которая определяет координаты робота, планирует траекторию в текущий момент времени и управляет его движением. Для решения данных задач используются такие технические средства, как дальномеры, видеокамеры с механической обратной связью, стереовидеокамеры, гироскопы [1].

Системный анализ и программное обеспечение, необходимое для обработки данных, поступающих с указанных технических устройств, подразумевает выбор алгоритмов решения задач навигации, реализацию этих алгоритмов в виде программ и сравнение их работы по эффективности и надежности функционирования.

Мобильный робот представляет собой четырехколесную тележку с двумя ведущими задними колесами и двумя передними рулевыми, его схема представлена на рис. 1.

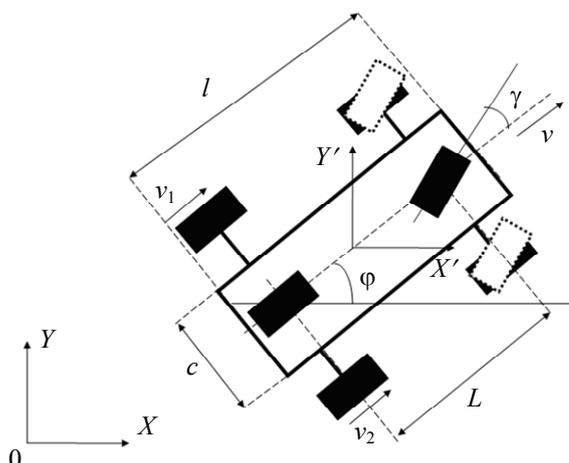


Рис. 1

В качестве переменных состояния колесного робота рассматриваются следующие величины: X' , Y' — координаты базовой точки робота; γ — угол поворота передних колес; φ — угол поворота центральной линии платформы; v — модуль вектора скорости робота.

Кинематическая модель робота описывается следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= v \cos \varphi; \\ \dot{Y} &= v \sin \varphi; \\ \dot{\varphi} &= \omega = \frac{v \operatorname{tg} \gamma}{L}, \end{aligned} \right\}$$

где L — расстояние от базовой точки до переднего колеса, ω — скорость вращения платформы вокруг вертикальной оси [2].

Перемещение робота описывается системой линейных дифференциальных уравнений [3]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \tag{1}$$

где A и B — матрицы состояния и управления соответственно, x — вектор состояний, u — вектор управления.

Представим непрерывную гладкую траекторию в дискретном виде, причем время дискретизации Δt стремится к нулю, а траектория на каждом дискретном участке линейна. Тогда система линейных уравнений (1), в соответствии с [3], может быть представлена в виде

$$x^{k+1} = \tilde{A}x^k + \tilde{B}u, \tag{2}$$

где $\tilde{A} = \Delta tA + \varepsilon$, $\tilde{B} = \Delta tB$, здесь ε — ошибка (отклонение от заданной траектории); k — шаг дискретизации.

Согласно [4] уравнение (2) можно представить в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} v_x^{k+1} \\ v_y^{k+1} \\ \omega^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x^k \\ v_y^k \\ \omega^k \end{bmatrix} + B\Delta tQ \cdot \begin{bmatrix} \Delta\omega_1 \\ \Delta\omega_2 \\ \Delta\omega_3 \\ \Delta\omega_4 \end{bmatrix},$$

где матрица управления

$$B = 2\pi r \begin{bmatrix} 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ -0,25 & 0,25 & 0,25 & -0,25 \\ -\frac{1}{2(c+l)} & \frac{1}{2(c+l)} & -\frac{1}{2(c+l)} & \frac{1}{2(c+l)} \end{bmatrix},$$

а матрица поворота

$$Q = \begin{bmatrix} \cos \varphi^k & -\sin \varphi^k & 0 \\ \sin \varphi^k & \cos \varphi^k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

здесь r — радиус колес, c — ширина платформы, l — длина платформы.

Функциональная схема мобильного робота представлена на рис. 2.

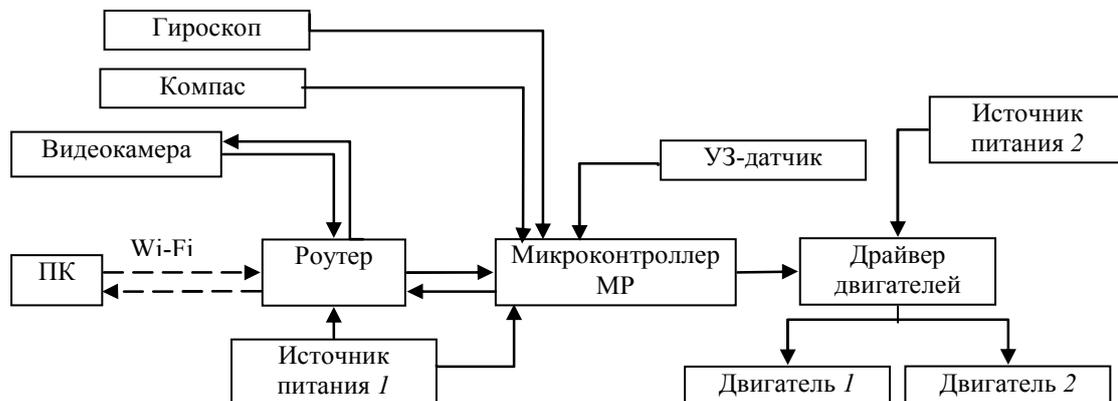


Рис. 2

Оператор формирует на персональном компьютере начальную траекторию (программу) движения МР с учетом известных на данный момент препятствий. Программа с компьютера (посредством Wi-Fi роутера) отсылается на микроконтроллер МР. Дальнейшее движение робота полностью автономно. С помощью датчиков (УЗ-датчика, видеокамеры, цифрового компаса, гироскопа) робот получает информацию о состоянии его рабочей зоны. На основе обработки этих данных начинается выполнение соответствующего заложенного в микроконтроллер алгоритма — движение по заданной траектории.

В работе [5] рассматривается алгоритм обнаружения роботом препятствия при движении по плоскости, способы его объезда и возвращения на первоначально заданную траекторию. Применительно к движению по пересеченной местности этот алгоритм следует доработать, так как робот может принять наклонную поверхность за препятствие и начать его объезжать, что потребует дополнительных энергетических и временных затрат (рис. 3).

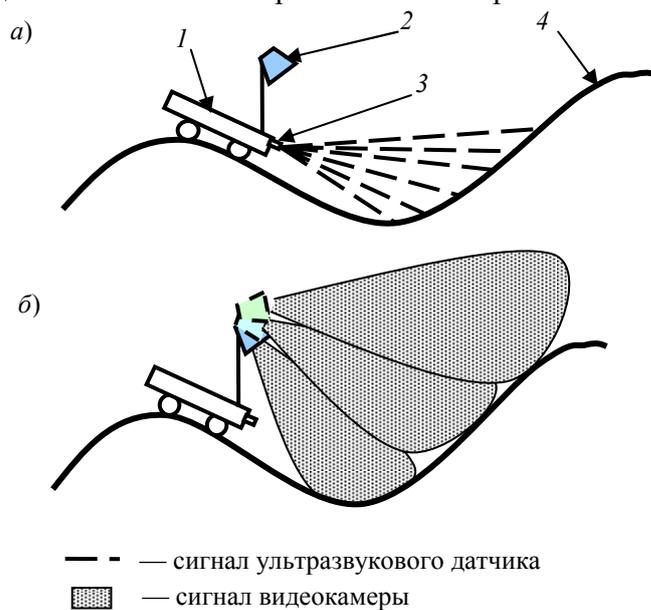


Рис. 3

При движении МР 1 по пересеченной местности возможен вариант, когда УЗ-датчик 3 примет противоположный склон 4 как препятствие (см. рис. 3, а). В этом случае включается видеокамера 2, которая начинает сканирование местности в вертикальной плоскости (рис. 3, б). Далее с помощью алгоритма распознавания образов анализируется последовательность видеок кадров и определяются границы возможного препятствия и его наклон. Если препятствие не имеет четких границ, то система технического зрения определяет это не как препятствие, а как подъем местности. Мощности двигателей рассматриваемой модели МР недостаточно для преодоления подъема с углом наклона более 30° . Если данные с гироскопа и видеокамеры превышают это значение, то МР будет идентифицировать впереди лежащую поверхность как препятствие и приступит к выполнению маневра объезда. Иначе, он продолжит движение по заданной траектории.

Таким образом, разработаны алгоритмы анализа окружающей обстановки с использованием системы технического зрения и выработки на их основе команд управления мобильным роботом при движении по пересеченной местности. Проведенное моделирование показало работоспособность предложенного подхода к указанной проблеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинов Ю. В., Мазулина В. В., Фролов С. Н., Салмыгин И. П., Бушуев А. Б. Использование веб-камеры для обнаружения препятствий на пути движения мобильного робота // Системы обработки информации. Информационные проблемы теории акустических, радиоэлектронных и телекоммуникационных систем. 2013. № 7 (114). С. 24—26.

2. Канатников А. Н., Касаткина Т. С. Особенности перехода к путевым координатам в задаче путевой стабилизации // Наука и образование: МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электронный журнал. 2012. № 7.
3. Караваяев Ю. Л., Трефилов С. А. Дискретный алгоритм управления по отклонению мобильным роботом с омниколесами // Нелинейная динамика. 2013. Т. 9, № 1. С. 91—100.
4. Красовский А. А. Справочник по теории автоматического управления. М.: Наука, 1987. 712 с.
5. Мазулина В. В., Литвинов Ю. В., Щаев Е. Г., Мищенко Г. М. Управление мобильным роботом на трассе с препятствиями // Научные достижения XXI века. Достижения и перспективы нового столетия. 2014. Т. 5, № 2. С. 34—38.

Сведения об авторах

- Максим Игоревич Евстигнеев** — магистрант; Университет ИТМО; кафедра систем управления и информатики; E-mail: maksim269@mail.ru
- Юрий Володарович Литвинов** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра систем управления и информатики E-mail: yurl13@yandex.ru
- Вероника Васильевна Мазулина** — магистрант; Университет ИТМО; кафедра систем управления и информатики; E-mail: nikasummit@rambler.ru
- Галина Михайловна Мищенко** — магистрант; Университет ИТМО; кафедра систем управления и информатики; E-mail: nipleg@mail.ru

Рекомендована кафедрой
систем управления и информатики

Поступила в редакцию
22.04.15 г.

Ссылка для цитирования: *Евстигнеев М. И., Литвинов Ю. В., Мазулина В. В., Мищенко Г. М.* Алгоритмы управления четырехколесным роботом при движении по пересеченной местности // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 9. С. 738—741.

ALGORITHMS OF CONTROL OVER FOUR-WHEEL ROBOT MOVING OVER ROUGH TERRAIN

M. I. Evstigneev, Yu. V. Litvinov, V. V. Mazulina, G. M. Mishchenko

*ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia
E-mail: yurl13@yandex.ru*

An algorithm of control over mobile robot is considered for the case of unknown obstacles on the route. Identification of an obstacle is carried out with the use of a technical vision system. A model based on four-wheel motorcar-type chassis is used as an example of mobile robot.

Keywords: mobile robot, obstacle identification, technical vision.

Data on authors

- Maksim I. Evstigneev** — Graduate Student; ITMO University; Department of Computer Science and Control Systems; E-mail: maksim269@mail.ru
- Yury V. Litvinov** — PhD, Associate Professor; ITMO University; Department of Computer Science and Control Systems; E-mail: yurl13@yandex.ru
- Veronika V. Mazulina** — Graduate Student; ITMO University; Department of Computer Science and Control Systems; E-mail: nikasummit@rambler.ru
- Galina M. Mishchenko** — Graduate Student; ITMO University; Department of Computer Science and Control Systems; E-mail: nipleg@mail.ru

For citation: *Evstigneev M. I., Litvinov Yu. V., Mazulina V. V., Mishchenko G. M.* Algorithms of control over four-wheel robot moving over rough terrain // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie. 2015. Vol. 58, N 9. P. 738—741 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-9-738-741