

УДК 004.93'11

О.В. Стрельцов, канд. техн. наук, доц.,
А.О. Даниленко, бакалавр,
Одес. нац. политехн. ун-т

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ДО ПРЕПЯТСТВИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

О.В. Стрельцов, Г.О. Даниленко. Методи визначення відстані до перешкоди під час руху мобільного робота. Розглянуто проблему орієнтації мобільного робота в навколишньому середовищі. Проведено оцінку існуючих методів визначення відстані до перешкод. Запропоновано алгоритм розпізнавання та визначення параметрів перешкод.

Ключові слова: мобільний робот, відеокамера, відстань до перешкоди, технічний зір.

О.В. Стрельцов, А.О. Даниленко. Методы определения расстояния до препятствия при движении мобильного робота. Рассмотрена проблема ориентации мобильного робота в окружающей среде. Проведена оценка существующих методов определения расстояния до препятствий. Предложен алгоритм распознавания и определения параметров препятствий.

Ключевые слова: мобильный робот, видеокамера, расстояние до препятствия, техническое зрение.

O.V. Streltsov, A.O. Danilenko. Methods for determining the distance to an obstacle orientation mobile robot's motion. The problem of the orientation of mobile robot's in the environment is considered. The existing methods of determining the distance to obstacles are evaluated. The algorithm for detection and characterization of obstacles is proposed.

Keywords: mobile robot, video camera, distance to the object, machine vision.

Автономные мобильные устройства приобретают все большее значение в повседневной жизни человека. Среди таких устройств особое место занимают мобильные роботы: уборщики, санитары, экскурсоводы, помощники по дому, транспортные устройства и др. средства, предназначенные для выполнения различных функций в бытовых, производственных, чрезвычайных и др. условиях, оснащенные развитым человеко-машинным интерфейсом. Особенность эксплуатации мобильных роботов — необходимость обеспечения их работы в сложных, слабо детерминированных средах: различных помещениях и на открытом пространстве. Для обеспечения ориентации в такой среде мобильного робота необходимо оснастить развитой навигационной системой, одной из составляющей которой является система технического зрения.

При реализации систем технического зрения для мобильных роботов, действующих в неизвестной или непредсказуемой среде, одна из наиболее важных задач — распознавание препятствий, т.е. объектов, находящихся на пути их движения. Решение этой задачи — весьма сложный процесс, поскольку тесно связан с методами предварительной обработки изображения. Зачастую качество распознавания зависит от эффективности множества процессов, начиная от ввода изображения препятствия и заканчивая формированием его признаков. Наиболее важна при распознавании задача описания признаков препятствия для последующей его идентификации.

Идентификация препятствий заключается в объединении всей полученной информации в единое целое для классификации препятствия. Большинство известных методов не проводят четкой границы между процессами распознавания и идентификации, поскольку выделение признаков происходит за счет модификации исходного изображения. [1].

Наиболее перспективная и многообещающая область применения систем технического зрения — зрительное очувствление мобильных роботов. Необходимость свободного перемещения в определенной среде значительно повышает требования к скоростным характеристикам систем техниче-

ского зрения, поскольку они должны обеспечивать распознавание и идентификацию объектов окружающего пространства за минимальное время и с минимальными затратами энергии.

Для обеспечения ориентации робота в среде в основном используют разнообразные дальномеры: ультразвуковые, оптические и лазерные [2]. Ультразвуковые характеризуются большим временем отклика — порядка десятых долей секунды, и, если робот находится на большом и открытом пространстве, это не позволяет ему перемещаться быстро. Скорость звука в разных условиях также может изменяться, влияя на точность оценки расстояния, в результате искажается общая картина окружающей среды. С помощью лазерных дальномеров возможно получить образ среды только в зоне прямой видимости. Кроме того, на пути луча часто возникают мелкие помехи, вносящие погрешность в такой образ. Создание трехмерных карт с помощью лазеров в масштабе реального времени еще более затруднительно и, как минимум, требует существенных вычислительных мощностей.

Расстояние до препятствия определяют также с помощью двух видео камер [2], что позволяет роботу построить 3D изображение препятствия, но требует значительного времени для анализа полученных данных. Чтобы совместить оба изображения в одно, требуется сложный и энергоемкий алгоритм. Если видеокамеры закреплены жестко, то, исходя из известного расстояния между ними, можно совмещать изображения воедино. Но если на пути одной из них будет одно препятствие, а вторая одновременно будет регистрировать другое препятствие, то возникает проблема совмещения опорных точек. В этом случае найти соответствие — задача чрезвычайно сложная. Для ее решения роботу понадобится найти не только соответствие опорных точек изображения, но и прямых линий или фигур. Существенным недостатком такого подхода является высокая стоимость технических средств.

Существует алгоритм определения расстояния до препятствия с помощью одной видеокамеры на ровной поверхности, позволяющий оценить расстояние до препятствий и направление на них по единственному не цветному кадру, основанный на следующих допущениях [3]:

- проведена предварительная калибровка камеры,
- камера неподвижно закреплена,
- робот движется по плоской горизонтальной поверхности,
- в окружающей среде нет нависающих объектов.

Однако эти допущения не соответствуют условиям задачи обеспечения автономного движения мобильного робота в частично или полностью недетерминированной среде, для решения которой необходимо:

- распознать и определить параметры препятствий, которые встречаются роботу на пути его движения;
- проложить маршрут (траекторию) движения робота.

В первую очередь необходимо решить задачу распознавания, т.к. от ее решения зависит эффективность прокладки маршрута.

Предлагается для распознавания и определения параметров препятствий использовать одну видеокамеру и алгоритм распознавания препятствий, который входит в состав системы управления мобильного робота и осуществляет контроль рабочего пространства перед роботом в направлении его движения.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

- получение описания изображения среды от видеокамеры,
- обработка изображения,
- распознавание препятствия,
- определение параметров и ориентации препятствия,
- формирование данных для системы управления.

Способ определения параметров и ориентации препятствия заключается в следующем.

Видеокамера имеет два известных параметра: ширину кадра L в пикселях, px , и угол обзора камеры Ω , град. При появлении препятствия робот определяет ширину препятствия l в px . Угловой размер препятствия γ , град. (рис. 1), определяется из соотношений

$$\frac{\Omega}{L} = \frac{\gamma}{l}, \quad \gamma = \frac{\Omega l}{L}.$$

Выполнив это вычисление, робот продвигается на определенное расстояние и повторяет вычисления.

Сравнив полученные данные, можно определить реальное расстояние до препятствия (рис. 2) из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{y+a}; \\ \operatorname{tg}\beta = \frac{x}{y}, \end{cases}$$

где x — половина ширины препятствия;

y — расстояние до препятствия;

α — половина углового размера препятствия при первом измерении;

β — половина углового размера препятствия при втором измерении;

a — расстояние, пройденное роботом между вычислениями.

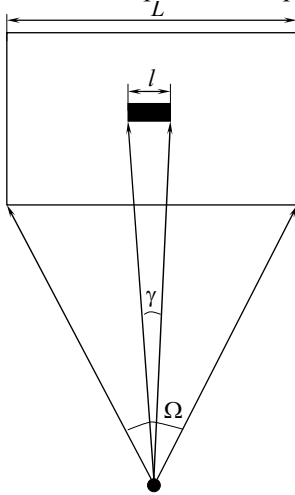


Рис. 1. Вычисление углового размера объекта

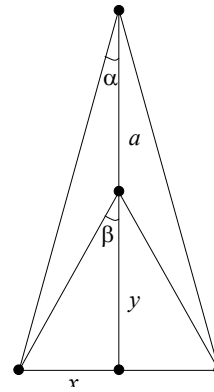


Рис. 2. Графическое отображение системы уравнений

Решение системы уравнений:

$$x = \frac{y \operatorname{tg}\beta}{y+a}, \quad \operatorname{tg}\alpha(y+a) = y \operatorname{tg}\beta,$$

$$y \operatorname{tg}\alpha + a \operatorname{tg}\alpha = y \operatorname{tg}\beta, \quad a \operatorname{tg}\alpha = y \operatorname{tg}\beta - y \operatorname{tg}\alpha,$$

$$a \operatorname{tg}\alpha = y(\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\alpha), \quad y = \frac{a \operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\alpha}.$$

Предложенный метод определения расстояния до препятствия при движении мобильного робота в отличие от большинства существующих не привязан жестко к конкретным условиям движения и повышает гибкость и автономность системы управления в целом.

Разработанный алгоритм не требует существенных вычислительных мощностей и экономически более выгоден. Он также обладает пониженным энергопотреблением, что является не менее важной характеристикой для системы навигации мобильного робота.

Литература

1. Корендясев, А.И. Теоретические основы робототехники / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес.; отв. ред. С.М. Калупов; Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. — М.: Наука, 2006. — 376 с.
2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. — Пер. с англ. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.
3. Техническое зрение роботов / Под ред. А. Пью. — Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1987. — 320 с.

References

1. Korendyasev, A.I. Teoreticheskie osnovy robototekhniki [Theoretical foundations of robotics] / A.I. Korendyasev, B.L. Salamander, L.I. Tyves.; edited by S.M. Kalupov; Institute of Engineering of A.A. Blagonravov RAN. — Moscow, 2006. — 376 p.
2. Shapiro, L. Komp'yuternoe zrenie [Computer vision] / L. Shapiro, Dzh. Stokman; transl. from English. — Moscow, 2006. — 752 p.
3. Tekhnicheskoye zrenie robotov [Technical robot vision] / edited by A. P'yu; transl. from English. — Moscow, 1987. — 320 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Ситников В.С.

Поступила в редакцию 24 декабря 2012 г.