

# СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА COMPUTER VISION SYSTEM CONTROLLING THE MOBILE ROBOT MOVEMENT

*Б.Б. Михайлов*  
(НУЦ «Робототехника» МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
e-mail: [robotozentr@yandex.ru](mailto:robotozentr@yandex.ru))

В последнее время ситуация в наукоемких отраслях народного хозяйства существенно улучшилась, в том числе и в робототехнике. Снова продолжились работы по созданию промышленных роботов и мобильных робототехнических систем. К сожалению, уровень систем управления этими роботами в большинстве своем, остался на прежнем уровне. Основной элемент системы управления – это человек-оператор с пультом. Отсюда вытекают все преимущества и недостатки таких систем. По видимому такая ситуация связана с отсутствием средств, которые могли бы существенно облегчить работу оператору, а в некоторых случаях и совсем заменить его.

В своем докладе я остановлюсь на системах технического зрения, с помощью которых собирается и анализируется до 90% необходимой для управления информации. Конкретно я расскажу о работах, выполняемых в Центре «Робототехника» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В качестве примера рассмотрим простую задачу - движение мобильного робота из одной точки в другую в недетерминированной (частично или полностью) среде. Иными словами роботу необходимо добраться из точки старта до точки финиша при условии, что ситуация в рабочем пространстве, которое необходимо преодолеть, известна не полностью и, более того, может меняться в процессе движения. Например, это мобильный транспортный робот для обслуживания станков в промышленном цехе. Причем в цехе могут двигаться другие роботы, ходить рабочие и т.д. Другой пример – доставка лекарств в больничную палату. Здесь столы, шкафы, кровати стоят неподвижно, но в коридоре может появиться врач, а больному захочется посидеть за столом.

Для того, чтобы робот мог работать автономно в таких условиях необходимо решить три основных задачи.

1. Проложить маршрут (траекторию) движения робота.
2. Распознать и определить параметры препятствий, которые появляются перед роботом во время движения.
3. Определить текущие координаты мобильного робота в рабочем пространстве.

В докладе приведено краткое описание трех систем технического зрения для решения этих задач.

Телевизионная система для прокладки маршрута. В этой системе зрения используются стационарные телекамеры, которые контролируют рабочее пространство. На основании поступающей видеоинформации составляется план сцены и выделяются свободные участки, которые можно использовать для движения робота. Далее оператор программно или с помощью «мышки» указывает начальную (стартовую) и конечную (финишную) точки маршрута и система находит траекторию, соединяющую эти точки, если решение существует. Причем из всех возможных вариантов система автоматически выбирает наиболее короткий маршрут движения.

Система работает со множеством различных объектов, расположенных на сложной подстилающей поверхности. Причем объекты, в общем случае, могут иметь произвольную форму и любое сочетание цветов. Выделение объектов в таких условиях является достаточно сложной задачей. Для ее решения был использован ряд фильтров различной размерности.

Прокладка траектории выполняется на основе процедуры Дейкстры. Для этого на изображении сцены накладывается матрица точек. Из матрицы исключаются точки, которые расположены на изображениях объектов. Остальные точки соединяются прямыми линиями и строится ломаная линия, соединяющая точки старта и финиша по кратчайшему пути, если

это возможно. Из последовательности точек, принадлежащих этой линии, составляется таблица. Далее, поскольку каждая точка имеет свои координаты, формируется маршрут движения робота от точки к точке.

Телевизионная система объемного зрения. В телевизионной системе объемного зрения используется метод структурной подсветки. Идея метода заключается в следующем. Объект подсвечивается структурированным светом и спроецированная структура регистрируется телекамерой. Искажения структуры однозначно определяют форму объекта. Генератор опорной подсветки работает синхронно с телекамерой. В общем случае в системе можно использовать 2 телекамеры – одну для измерения объемного (3D) изображения, а другую – для передачи плоской картинки (2D) оператору.

Для вычисления координат точки объекта применяется триангуляционный метод, в котором используются две геометрические модели: проекционного устройства и приемной телекамеры. Первая модель связывает элемент подсветки с его положением в системе координат объекта; вторая модель содержит соотношения, связывающие точку объекта и ее изображения в системе координат телекамеры.

Телевизионная система для навигации мобильного робота. В этой системе зрения определение координат мобильного робота в рабочем пространстве осуществляется относительно нескольких реперных точек, координаты которых известны или могут быть измерены до начала движения робота. Минимальное количество реперов, необходимых для определения координат – три. Зная координаты реперов и значения углов между направлениями на реперы можно рассчитать координаты самого робота. Это осуществляется путем решения типичной геодезической задачи – задачи трех линейных засечек.

Для поиска реперных точек на изображении рабочей сцене используется математический аппарат автокорреляционных функций, что позволяет существенно увеличить скорость работы системы за счет исключения этапов описания и распознавания реперов. Изображения реперов запоминаются в точке старта мобильного робота и заносятся в память как эталонные. Далее, в процессе движения выполняется поэлементное сравнение текущего изображения рабочего пространства с каждым эталонным изображением и вычисляются автокорреляционные функции. Для каждой функции находят координаты глобального максимума, которые совпадают с координатами репера.

Как видно из вышеизложенного, все поставленные задачи могут быть решены с помощью рассмотренных систем технического зрения, что обеспечивает возможность управления мобильным роботом в частично детерминированной среде без участия человека-оператора. В результате работа оператора сводится к постановке задачи и контролю за ходом ее выполнения, то есть к управлению в супервизорном режиме. Это облегчает и существенно упрощает процесс управления робота, а также снижает требования к квалификации самого оператора.