

УДК 004.031

Системы автоматического управления с элементами технического зрения

Е.А. Герасимова

Студент, кафедра «Системы автоматического управления»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Научный руководитель: Н.М. Задорожная, к.т.н., доцент кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана

evgeniyagerasimova@yandex.ru

Проблема создания мобильных робототехнических комплексов, обладающих возможностью самостоятельного передвижения и выполнения поставленной задачи, является актуальной. Важную роль при этом имеет проблема создания интеллектуальной системы управления, позволяющей роботу автономно выполнять поставленную задачу при минимальном участии человека.

Сложный процесс управления в сочетании с характером выполняемых работ требующих повышенного внимания и осторожности, приводит к быстрой утомляемости оператора и, как следствие, увеличению вероятности ошибочных действий. Кроме того, человек не всегда может правильно оценить обстановку по данным телеметрии и осуществить адекватное управление. Указанных недостатков можно избежать, если управление со стороны человека-оператора будет проводиться не на уровне движений, а на уровне постановки цели. В этом случае робот должен самостоятельно или при минимальном участии человека выполнять поставленные задачи, что остро востребовано в тех случаях, когда участие человека в процессе управления мобильным роботом затруднительно или невозможно, например, при работе в опасных условиях.

Среди систем очувствления промышленных роботов наибольшей информативной емкостью обладают системы технического зрения, сообщающие его управляющему

устройству по некоторым оценкам от 80 до 90% всей необходимой для успешного функционирования информации о свойствах объекта манипулирования и параметрах внешней среды [4].

Промышленный робот (ПР) – автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Более краткое определение ПР - перепрограммируемый автоматический манипулятор промышленного применения [1].

Промышленные роботы предназначены для замены человека при выполнении основных и вспомогательных технологических операций в процессе промышленного производства. При этом решается важная социальная задача - освобождения человека от работ, связанных с опасностями для здоровья или с тяжелым физическим трудом, и от простых монотонных операций, не требующих высокой квалификации. Гибкие автоматизированные производства, создаваемые на базе промышленных роботов, позволяют решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции при мелкосерийном и единичном производстве. Копирующие манипуляторы, управляемые человеком-оператором, необходимы при выполнении различных работ с радиоактивными материалами. Кроме того, эти устройства незаменимы при выполнении работ в космосе, под водой, в химически активных средах. Таким образом, промышленные роботы и копирующие манипуляторы являются важными составными частями современного промышленного производства.

Системами технического зрения называют такие сенсорные устройства, которые обеспечивают получение изображения рабочей сцены, его преобразование, анализ, обработку с помощью микро-ЭВМ или микропроцессора и передачу результатов измерений управляющему устройству робота или ЭВМ вышестоящего уровня управления.

Сравнивая функции систем технического зрения с основными функциями человеческого глаза, можно проследить явную аналогию, которая в определенной мере отражается в последовательности переработки информации в обоих из них (рис.1).

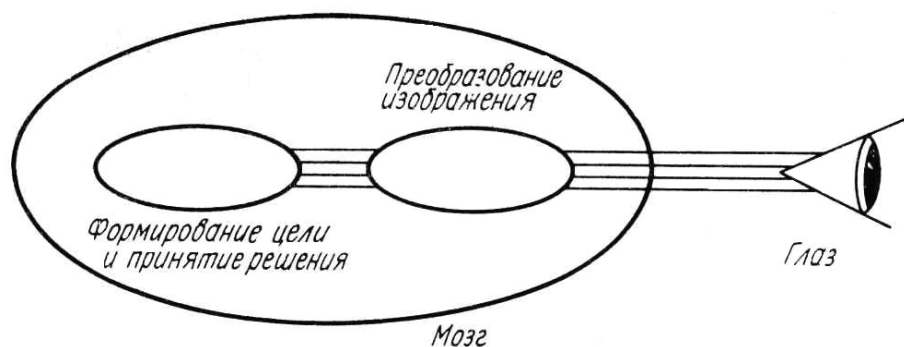


Рис. 1. Схема обработки визуальной информации глазом человека

Таким образом, под системой технического зрения (СТЗ) робота понимается перепрограммируемый, обучаемый автомат для преобразования, описания и анализа изображения рабочей сцены, решающий в темпе протекания технологического процесса упрощенные задачи распознавания деталей и определения их координат.

Системы технического зрения (СТЗ) предназначены для выполнения визуального (зрительного) анализа и обработки двумерных изображений трехмерных сцен. Указанная область информационной техники в настоящее время очень быстро развивается, и соответствующие системы находят широкое применение в различных областях науки и техники [2].

Основной целью СТЗ является получение информации о контролируемой сцене, причем, СТЗ должна обрабатывать изображение со скоростью, обеспечивающей эффективную связь с системой управления. Типичная конфигурация СТЗ включает в себя управляющий компьютер, видеодатчик для считывания изображений, интерфейс ввода-вывода видеоданных для дискретизации и представления изображений, арифметический процессор для высокоскоростных вычислений, математическое обеспечение для обработки изображений.

В настоящее время большое распространение получили специализированные СТЗ, разрабатываемые для решения конкретных задач.

Необходимость работать в реальном масштабе времени, то есть обрабатывать и анализировать получаемые изображения быстро, не вызывая задержки в действиях робота или другого технологического оборудования, - важное требование налагающее существенные ограничения на выбор технических решений при создании СТЗ.

Типичная СТЗ, как правило, включает следующие элементы: оптический блок, оптоэлектронный преобразователь, устройство сопряжения с микро-ЭВМ, микро-ЭВМ (рис.2).

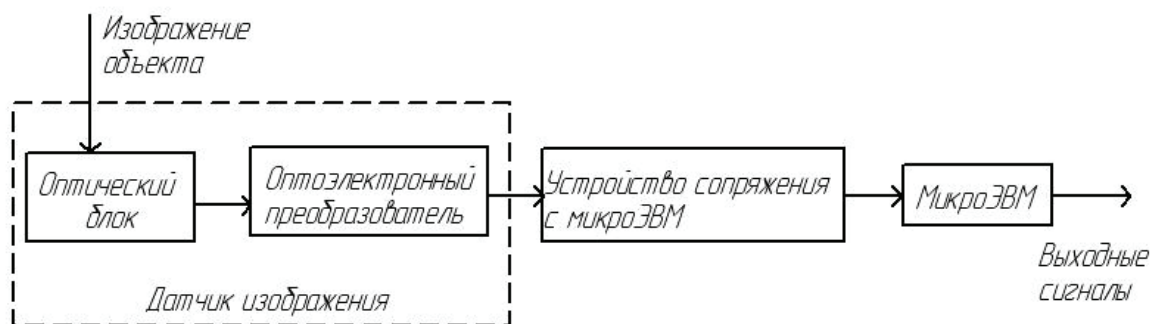


Рис. 2. Структурная схема системы технического зрения

Главная задача технического зрения (собственно «глаза» робота) состоит в том, чтобы преобразовать изображения объектов окружающей среды в электрический сигнал, понятный для ЭВМ. Общий принцип систем технического зрения состоит в том, что с помощью телевизионной камеры в ЭВМ передается информация о рабочем пространстве. ЭВМ сравнивает ее с имеющимися в памяти «моделями» и выбирает соответствующую обстоятельствам программу. На этом пути одна из центральных проблем при создании адаптивных роботов заключалась в том, чтобы научить машину распознавать образы. Из многих объектов робот должен выделить те, которые ему необходимы для выполнения каких-то действий. То есть он должен уметь различать признаки объектов и классифицировать объекты по этим признакам. Это происходит благодаря тому, что робот имеет в памяти прототипы образов необходимых объектов и сравнивает с ними те, которые попадают в поле его зрения.

Задача «узнавания» требуемого объекта распадается на несколько более простых задач: робот ищет в окружающей среде соответствующий предмет путем изменения ориентации своего взгляда, измеряет дальность до объектов наблюдения, автоматически подстраивает чувствительный видеодатчик в соответствии с освещенностью предмета, сравнивает каждый предмет с «моделью», которая хранится в его памяти, по нескольким признакам, то есть выделяет контуры, текстуру, цвет и другие признаки. В результате всего этого происходит «узнавание» объекта [5].

Описание изображения заключается в представлении его в форме, позволяющей распознать детали, определить их положение и ориентацию, а также осуществить визуальную инспекцию изделия. Анализируемое изображение в силу целого ряда причин (характера освещения, оптических свойств поверхности деталей) не является однородным и состоит из областей (компонент), различающихся по какому либо признаку. Основным таким признаком в черно-белых СТЗ является яркость изображения, т.е. $g(i, j)$.

Существуют следующие методы описания и интерпретации изображения.

1. Метод эталонов.

Простейшей формой представления изображения является сама функция яркости $g(i, j)$. Эта форма используется для распознавания и инспекции изделий при неизменном положении объектов в поле зрения СТЗ или небольшом числе их устойчивых положений. Данное условие позволяет не учитывать в «явном» виде компонентный состав изображения и свести распознавание и инспекцию либо к подсчету взаимной корреляции анализируемого изображения с каждым из заранее сформированных эталонов, либо к вычислению автокорреляционной функции изображения.

Достоинством этого метода описания является его независимость от степени сложности изображения, недостатком – отсутствие инвариантности к сдвигу и повороту изображения [3]. Попытка устранить недостаток приводит или к необходимости выполнения взаимных поворотов изображения и эталона с последующим определением нормированных и центрированных значений корреляционного функционала или к необходимости хранения значительного числа эталонов, соответствующих каждому устойчивому положению объектов.

2. Эвристический метод.

В основе данного метода описания лежит представление компонент изображения в виде множества признаков, характеризующих геометрические, функциональные или некоторые другие их свойства. Одни из признаков компонент определяют их положение и ориентацию, другие признаки, инвариантные к сдвигу и повороту изображения, служат для распознавания компонент. В качестве последних часто используют такие параметры, как площадь компоненты (число элементов изображения, образующих компоненту), периметр компоненты, число и площадь отверстий (вложенных компонент), длины максимального, минимального и среднего радиус-векторов компоненты (радиальные расстояния от центра тяжести компоненты до ее внешней границы), главные моменты инерции компоненты и коэффициент формы, равный отношению квадрата периметра компоненты к ее площади.

Положение компоненты определяется положением ее центра площади, а ориентация – на прямых, например, осей главных моментов инерции, прямых радиус-векторов, диагоналей минимального описанного прямоугольника. Значения признаков компонент, соответствующих одним и тем же объектам, в силу целого ряда причин неодинаковы. Поэтому объекты представляют множеством точек многомерного признакового пространства, а их распознавание осуществляется с помощью детерминированного или вероятностного решающего правила. Последнее позволяет

отнести значения признаков анализируемого объекта к той или иной зоне признакового пространства, каждая из которых соответствует определенному классу объектов.

Выбор признаков и синтез решающего правила осуществляется при обучении СТЗ. Эвристический способ описания нашел широкое применение в робототехнических СТЗ, предназначенных для идентификации и определения положения одиночных деталей. Однако отсутствие учета взаимного положения компонент делает невозможным использование этого способа в тех случаях, когда структура изображения играет существенную роль при идентификации деталей и инспекции изделий. Подобная ситуация имеет место при анализе изображений в процессе сборки.

3. Структурно-лингвистический метод.

В основе метода лежит представление сложных объектов в виде иерархической структуры более простых частей (фрагментов). Данный способ позволяет учитывать структуру изображения. В зависимости от того, как описываются фрагменты, различают лингвистический и структурный подходы.

Лингвистический подход состоит в представлении фрагментов и объектов в виде структуры языкового типа, то есть множества неприводимых элементов и определенных операций отношения между ними. При этом существует аналогия между построением объектов из подобразов, в том числе и неприводимых элементов, и построения фраз языка с помощью слов. Положение и ориентация объектов определяются по положению и ориентации их неприводимых элементов.

Лингвистический подход может быть с успехом применен при условии, когда подобразы распознаются легче, чем объекты, а неприводимые элементы, иногда называемые атомарными, не содержат существенной структурной информации. Однако часто эти требования не выполняются. В таких случаях используют структурный подход

При структурном подходе каждая компонента изображения представляется в виде некоторого множества признаков также, как и в случае эвристического описания. Между самими компонентами задаются отношения, определяющие иерархическую структуру изображения. Распознавание и инспекция осуществляется с применением методов, используемых при лингвистическом и эвристическом способах описания.

Существенным преимуществом структурного подхода является возможность в рамках единого алгоритмического обеспечения решить три основные задачи визуального контроля в СТЗ, а именно: идентифицировать, определить положение и ориентацию деталей, а также осуществить инспекцию.

В работе исследуется алгоритм на основе структурно-лингвистического метода описания объектов и рассматривается его дальнейшее применение в робототехнических комплексах с элементами технического зрения.

В современной робототехнике достигнуты значительные успехи в области конструирования и промышленного производства роботов, имеющих улучшенные статические и динамические характеристики. Существенные результаты получены также в области совершенствования устройств управления роботом. В частности, появились промышленные образцы многопроцессорных устройств управления с развитым программным обеспечением, организованным в форме системы программирования, предоставляющей человеку-оператору широкие возможности по управлению роботом, его обучению в различной форме, по редактированию и отладке программы движения, тестированию каналов связи, работе с внешними накопителями информации и другими устройствами.

В то же время наиболее полному раскрытию возможностей промышленных роботов способствует применение их в сочетании с сенсорными системами, обеспечивающими сбор и обработку информации об окружающей робота производственной среде и ее изменениях.

Список литературы

1. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой. — М.: Мир, 1985. С. 285.
2. Письменный Г.В. Системы технического зрения в робототехнике. — М.: Машиностроение, 1991. С. 225.
3. Попов Е.П. Основы робототехники. Введение в специальность. — М.: Высшая школа, 1990, С. 223.
4. Садыхов Р.Х., Дудкин А.А. Обработка изображений и идентификация объектов в системах технического зрения // Искусственный интеллект. — 2008. — №3. С. 694-703.
5. Девятериков Е.А., Михайлов Б.Б. Система технического зрения для измерения пути мобильного робота // Техническое зрение в системах управления 2011. — 2012. — С. 219-223.