

## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Создание систем с техническим зрением представляет одну из важных практических проблем систем с искусственным интеллектом. Техническое зрение прежде всего означает процесс интерпретации образа или сцены и применение результатов этой интерпретации для совершения каких-либо действий в реальном мире, содержащем этот образ или сцену (например, для манипулирования объектами или навигации мобильного робота) [1].

Роботы, снабженные СТЗ, достаточно широко и успешно применяются во многих отраслях промышленности на таких операциях, как контроль и отбраковка различных изделий по внешнему виду, загрузка технологического оборудования, сортировка и ориентированная укладка в кассеты изделий и заготовок, сборка и комплектация узлов, сварка, окраска, упаковка изделий, монтаж электронных схем и других.

Техническое зрение роботов представляет собой сложную задачу. Например, операция «взятие детали из конвейера» состоит из выделения различных предметов, случайным образом помещенных в конвейер, является простой операцией для человека. Однако на сегодняшний день она решается только при существенных упрощениях общей постановки задачи (заданные условия освещения, форма деталей).

Функциональные задачи СТЗ, характерные для робототехнических приложений, условно разделяют по уровню их относительной сложности. К элементарным задачам относят:

- обнаружение факта наличия объекта;
- измерение геометрических параметров объекта (линейных и угловых размеров, площади и т. п.);
- определение физических характеристик излучения от объекта (интенсивности, спектрального состава и пр.);
- подсчет числа объектов и др.

Более сложный круг задач выполняет, например, СТЗ, которая снабжает систему управления манипуляционного робота информацией, необходимой для захватывания неупорядоченных объектов. В число этих задач входят:

- обзор рабочей сцены (плоской или пространственной) для поиска представляющего интерес объекта – одиночного или одного из нескольких, лежащего изолированно от других или соприкасающегося (перекрывающегося) с ними;
- определение местоположения и ориентации этого объекта;
- его классификация (если имеется несколько различных классов объектов).

При этом объекты могут различаться не только размерами и формой (силуэтом), но и текстурой, цветом и т. п., покоиться или находиться в движении. Этот пример иллюстрирует тот факт, что относительная сложность функциональных задач СТЗ характеризуется целым рядом признаков, среди которых можно выделить следующие:

**Степень изолированности объектов.** По этому признаку задачи СТЗ классифицируются так (в порядке возрастания сложности): задачи с одиночным объектом; задачи с несколькими изолированными (т. е. не соприкасающимися) объектами на фоновом изображении; задачи с соприкасающимися (но не перекрывающимися) изображениями объектов; задачи с перекрытием одних объектов рабочей сцены другими.

**Однородность объектов.** Этот признак характеризует сложность задач классификации, стоящих перед СТЗ. Если все объекты, которые могут быть предъявлены СТЗ, идентичны, эта проблема вообще не возникает. При наличии ряда неодинаковых объектов задача их классификации тем сложнее, чем более «похожи» друг на друга их изображения, т. е. чем больше классифицирующих признаков необходимо для однозначного описания отличий каждого объекта от всех остальных.

**Число элементов изображения.** Чем больше размеры поля зрения и чем выше требуемая разрешающая способность СТЗ, тем сложнее задача, поскольку приходится обрабатывать больше элементов получаемого изображения (пикселей).

**Число градаций яркости.** Задачи, в которых достаточно анализировать силуэтные очертания объектов, т. е. работать с двухградационными (бинарными) изображениями, как правило, решаются проще задач, требующих анализа многоградационных (*подтоновых*) изображений.

Кроме того, на сложность тех или иных задач СТЗ существенное влияние оказывают такие факторы, как качество освещения рабочей сцены, его стабильность, уровень оптических и электрических помех, контрастность объектов относительно фона, отражающие свойства их поверхности, и др. Чем более сложные задачи с учетом всех описанных критериев способна решать СТЗ, тем выше уровень функциональности гибкости «интеллекта» робота может быть обеспечен с ее помощью.

Для реализации перечисленных выше принципов создан программно-аппаратный комплекс, включающий промышленный робот РМ-01 (в составе манипулятора Рима-360 и системы управления «Сфера-36»), персональный компьютер и систему технического зрения. На рисунке 1 представлена структурная схема разработанного робототехнического комплекса (подсистемы: ПД – приема данных, ФД – формирования данных, ОД – обработки данных).

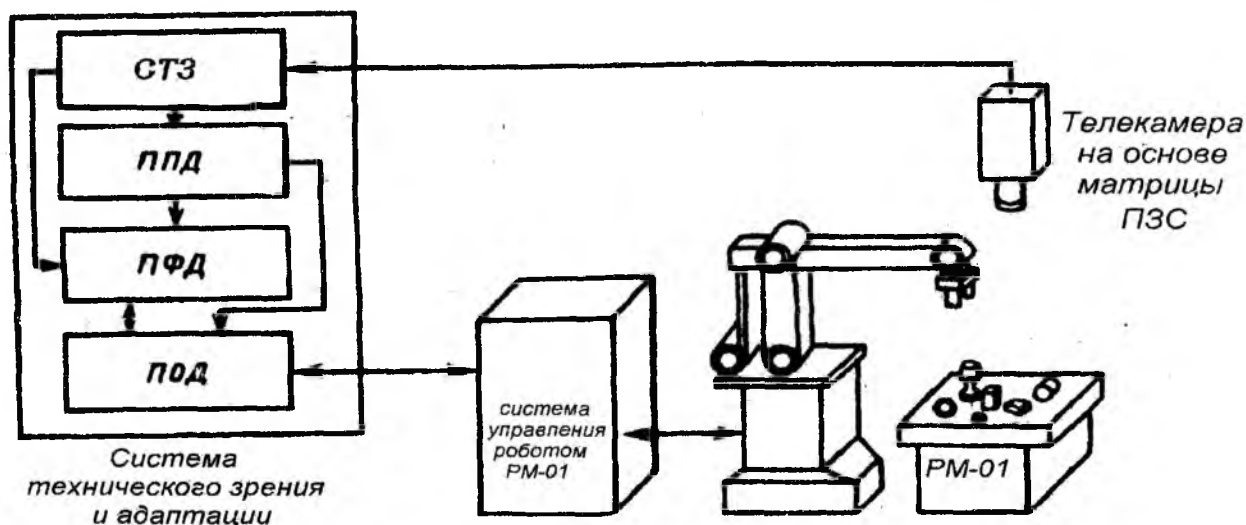


Рис. 1

В данном комплексе промышленный робот является исполнительным устройством, управление которым производится от персональной ЭВМ. При этом обучение робота (наряду со стандартными для РМ-01 методами) может осуществляться при помощи специальной программы, моделирующей кинематику перемещений его отдельных элементов. Каждому элементарному перемещению сочленения робота соответствует определенный управляющий сигнал, поэтому любая технологическая программа робота может быть представлена последовательностью сформированных персональной ЭВМ управляющих сигнальных посылок. Сами посылки формируются программно и с последовательного порта ПЭВМ передаются в систему управления «Сфера-36». При этом компьютером осуществляется выбор и оптимизация последовательностей исполнения траекторий движения отдельных сочленений манипулятора робота в предметном пространстве.

Система технического зрения на основе ПЗС-камеры в составе разрабатываемого робототехнического комплекса способна выполнять основные перечисленные ранее функции. При этом возникает ряд проблем, связанных с интеграцией СТЗ с технологическим оборудованием, в том числе промышленным роботом и вычислительной техникой.

Формирование сигналов СТЗ в проектируемом комплексе происходит следующим образом. Отраженный от объекта предметной области оптический сигнал регистрируется телевизионной камерой на основе фоточувствительного ПЗС-датчика типа К1200ЦМ2 форматом 512×576 элементов разложения. Синхронная работа системы технического зрения (СТЗ) обеспечивается сигналами, формируемыми ПЗС-датчиком. К таким сигналам относятся: кадровый гасящий импульс (КГИ), гасящий сигнал приемника (ГСП), сигнал синхронизации работы выходного регистра ПЗС-датчика ("F<sub>синхр.</sub>").

Временные диаграммы сигналов приведены на рис. 2.

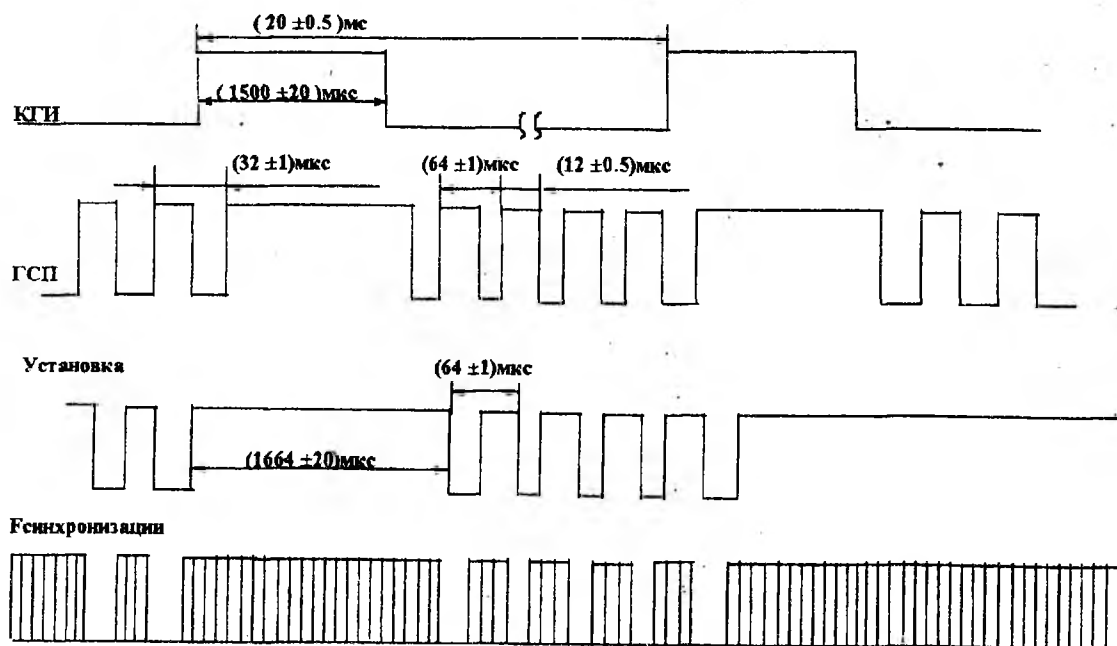


Рис.2

Полный телевизионный сигнал “Видеосигнал-1” с датчика поступает в блок предварительной обработки изображения (БПОИ), где производится замес яркостных меток. Полный телевизионный сигнал с замешанными метками выводится на разъем БПОИ, для подключения стандартного видеоконтрольного устройства (ВКУ). Сигнал изображения “Видеосигнал 2” размахом не менее 0,3В поступает с датчика в БПОИ. БПОИ производит аналого-цифровое преобразование амплитуды видеосигнала “Видеосигнал-2” в моменты совпадения текущих координат (номера строки и номера элемента) с установленными кодами (X) и (Y), определяющими местоположения выбранного контролируемого элемента разложения в сформированном датчиком изображении. Компьютер подключается к БПОИ через два устройства параллельного обмена. Связь с компьютером осуществляется с помощью шин “Вход X1...X10”, “Вход Y1...Y10”, “Разряд Q1...Q6” и сигналов “Требование А”, “Ввод данных”.

По шинам “Вход X1...X10” и “Вход Y1...Y10” компьютер устанавливает координаты контролируемой точки. На шине “Разряд Q1...Q6” присутствует шестиразрядный двоичный код яркости (амплитуды видеосигнала), соответствующий элементу разложения, установленному координатами (X) и (Y). На шине “Разряд Q1...Q6” устанавливается код (Q) после каждого совпадения текущих координат с установленными кодами (X) и (Y). При этом каждый вновь установившийся код (Q) относится к предыдущему моменту совпадения кодов.

Временные диаграммы, поясняющие формирование кода (Q) и работу БПОИ с компьютером, приведены на рис. 3. Время задержки установления кода (Q) относительно момента совпадения текущих координат с заданными кодами (X) и (Y) не более 600нс. Каждая установка кода (Q) на шине “Разряд Q1...Q6” сопровождается формированием высокого уровня сигнала “Требование А”, информирующего компьютер о разрешении установления новых координат (X) и (Y). Каждая установка кодов координат, производимая по инициативе компьютера, сопровождается сигналом “Ввод данных”, устанавливающим сигнал “Требование А” в низкий уровень до появления нового кода (Q). Таким образом, с помощью СТЗ производится ввод информации об объекте в память компьютера.

Для выполнения своего функционального назначения СТЗ робота в общем случае должна обеспечивать:

- восприятие оптического сигнала и формирование изображения;
- предварительную обработку изображения в целях ослабления влияния шумов, улучшения контрастности, коррекции искажений, сжатия информации и т. д.;
- описание изображений: расчет их геометрических и иных характеристик, вычисление классифицирующих признаков, определение местоположения и ориентации;

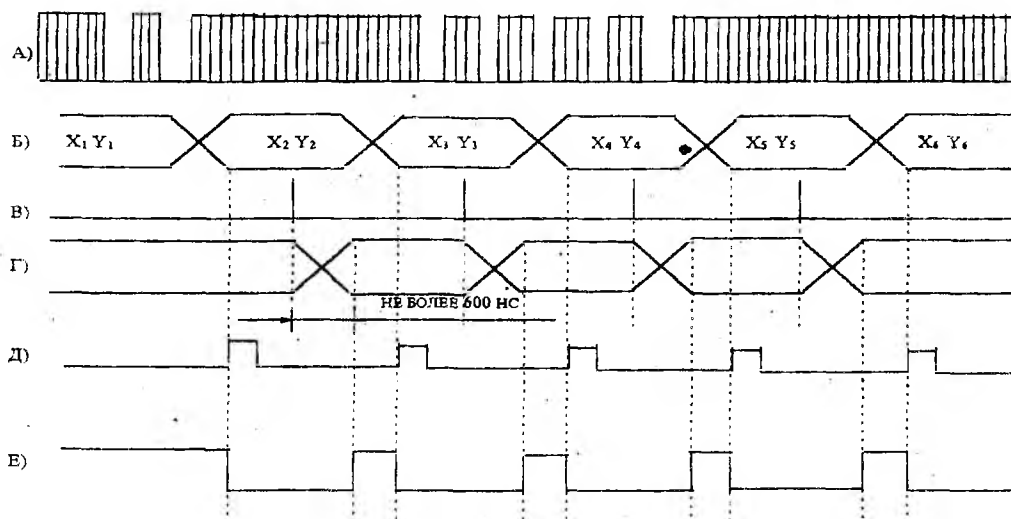


Рис. 3

- анализ изображения с распознаванием образов или классификацией объектов;
- передачу полученных результатов в систему управления робота.

Применение СТЗ в составе разработанного робототехнического комплекса позволяет поставить ряд новых задач:

- 1) Анализ конфигурации и формы объектов в рабочем пространстве робота, включая:
  - исследование методов дискретизации изображений и методов фильтрации шумов, разработка алгоритмов обработки дискретных изображений;
  - исследование методов анализа статических и динамических производственных ситуаций;
  - исследование методов выделения признаков изображений;
  - исследование и разработка методов идентификации и классификации изображений, в том числе на основе методов нейронных сетей;
  - исследование и разработка алгоритмов анализа производственных ситуаций при статическом и динамическом расположении камеры (нескольких камер) СТЗ.
- 2) Создание систем поддержки и принятия решений для роботизированных комплексов, в том числе:
  - исследование методов представления технологических знаний и разработка экспертных систем на основе анализа производственных ситуаций;
  - разработка систем автоматической генерации производственных планов в статических и динамических рабочих пространствах.

**Список литературы:** 1. Якушев, ов Ю.Г. Техническое зрение роботов. М: Машиностроение, 1990. 265 с.

Харьковский государственный технический университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 12.06.01