

Заглавие документа

Овсянников А.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ НА СРЕДСТВАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АНАЛОГОВЫХ ПРИБОРОВ // Тезисы доклада на международной научно-технической конференции “Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов”. БГТУ, Минск январь 2008. С.56-63

Авторы: Овсянников Андрей Витальевич

Тема: Теория автоматического управления, автоматический контроль

Дата публикации: 2008

Издатель: УО Белорусский государственный технологический университет

Аннотация: Разработана методика, алгоритм и программа которая может найти широкое применение для автономного использования на объектах, например, коммунального хозяйства, вредных производствах, удаленных и распределенных систем

УДК 007 : 519.712.2

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ НА СРЕДСТВАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АНАЛОГОВЫХ ПРИБОРОВ

А.В. Овсянников

(Белорусский государственный технологический университет)

В последние десятилетия XX века массовый выпуск стрелочных электроизмерительных приборов достигал значительных объемов. Так, например, на АО “Электроприбор” (г. Чебоксары) - 4-5 миллионов штук в год, на ПО “Электроизмеритель” (г. Витебск) – около 1 миллиона. Причем работа с такими приборами осложняется тем, что большинство массовых стрелочных измерительных приборов не имеют электрического выхода индикации результатов измерений.

Задача поверки, построение САК, САУ, включающих такие приборы требует разработки методов, алгоритмов считывания и обработки изображений показаний стрелки на средствах визуализации. Заметим, обозначенная задача не может быть сведена просто к задаче распознавания (как, например, распознавание номера автомобиля) вследствие континуального характера распознаваемой величины на диапазоне измерения.

Структура системы автоматического контроля и управления САКиУ на основе оценки показаний аналогового стрелочного прибора представлена на рисунке 1.

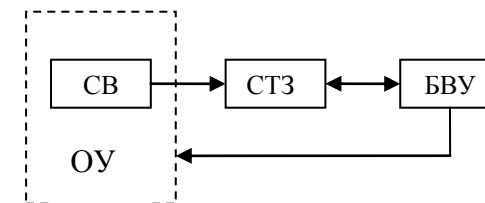


Рисунок 1. Структурная схема САКиУ

На рисунке 1 обозначено ОУ – объект управления, СВ - средство визуализации, СТЗ – система технического зрения, БВУ – блок вычислений и управления.

Общий алгоритм работы САКиУ на базе оптического считывания показаний состоит в следующем.

1. Считывание показаний прибора. БВУ выдает команду СТЗ оптически считать индицирующую часть прибора, получая оцифрованное изображение с показаниями прибора и передать полученное изображение в устройство хранения информации для дальнейшей обработки и распознавания.

2. Алгоритм предварительной обработки изображения. Перед тем как изображение с показанием прибора будет подано для распознавания на БВУ, его необходимо преобразовать к виду, который позволит получить показания прибора с низким уровнем ошибок, упростить процесс распознавания и повысить быстродействие.

2.1. Сегментация изображения. Предназначена для выделения из общего поля считывания СТЗ изображений шкал приборов.

2.2. Контрастирование изображения. Переводит диапазон яркостей входного изображения в максимально допустимый для данной глубины цвета диапазон яркостей.

2.3. Преобразование изображения к черно-белому. Во многих случаях фиксированный порог преобразования, применяемый в СТЗ, не позволяет получать изображения с чётким разделением на фон и объекты. Вследствие этого оптическое считывание необходимо производить в режиме полутонового изображения, а затем использовать алгоритмический метод преобразования.

2.4. Фильтрация изображения. Убирает присутствующий на изображении случайный шум, который появляется из-за нестабильности встроенного аналого-цифрового преобразователя сканера. Фильтрация облегчает последующее определение контуров объектов на изображении, уменьшая количество анализируемых объектов (например, медианная фильтрация, позволяющая отбросить шум и единичные пиксели на изображении).

2.5. Выделение информативной части. Выделяется прямоугольный участок постоянного размера, содержащий шкалу контролируемого прибора и перемещающийся стрелочный указатель. Таким образом, в процессе реализации алгоритма предварительной обработки изображения шкалы прибора получается участок изображения, который несёт в себе информацию, достаточную для того, чтобы с требуемой точностью определить показание прибора.

Один из вариантов реализации описанного выше алгоритма предложен в <http://labview.ilc.edu.ru/>.

Необходимое программно-аппаратное обеспечение: система технического зрения на базе аналоговой камеры и платы National Instruments PCI-1405 или цифровой камеры с интерфейсом Firewire (IEEE-1394) или USB, аналоговый стрелочный вольтметр, программ-

ный комплекс на базе LabVIEW или Matlab, дополнительные модули IMAQ, Vision Assistant (рисунок 2).

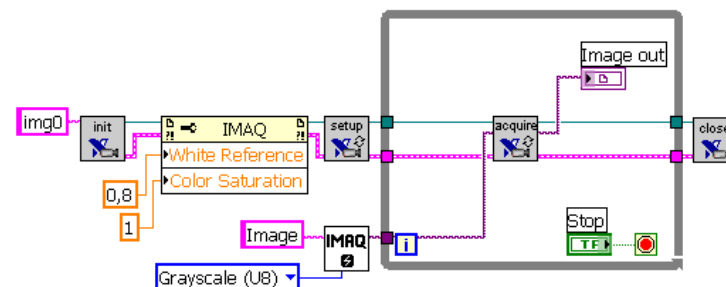


Рисунок 2

Задача состоит из нескольких пунктов:

- Получение изображения, захваченного видеокамерой.
- Устранение параллакса изображения.
- Проведение бинаризации изображения.
- Считывание показаний стрелочного прибора.

Ввод изображения в компьютер производится с помощью стандартных средств NI Vision. Для лучшего распознавания показаний стрелочного прибора бывает полезно подрегулировать настройки камеры, такие как яркость, контраст, уровень усиления и другие.

Из-за короткого фокусного расстояния камеры изображение, получаемое с нее, имеет ярко выраженные геометрические искажения (эффект «рыбий глаз»). Для увеличения точности распознавания необходимо устранить параллакс. Для этого снимается тестовое изображение, состоящее из точек, расположенных в вершинах прямоугольной сетки. Затем находится преобразование, переводящее искаженное изображение в правильное.

Метод распознавания основан на сравнении 3-х кадров: с текущим, минимальным и максимальным показаниями стрелочного прибора. Если добиться полной неподвижности всей экспериментальной установки, то эти кадры должны отличаться лишь положением стрелки. Вычтем попиксельно из кадра с минимальным значением кадр с текущим, а также из кадра с текущим кадр с максимальным и сложим все это также попиксельно. Результатом будет изображение 3-х стрелок, стоящих в крайних и текущем положениях. На получившемся кадре кроме необходимых 3-х стрелок присутствуют шумы, обусловленные собственными шумами матрицы камеры и появившиеся в результате дрожания установки или изменения освещения. Убрать эти

дефекты можно с помощью бинаризации изображения. В итоге, программно измерив углы между стрелками, получаем необходимое показание стрелочного прибора.

Для работы алгоритма требуется указать на изображении координаты трех точек – основания стрелки и ее концов в крайних положениях.

Можно предложить метод определения показаний прибора по отклонению стрелки свободный от недостатков рассмотренного выше метода. Метод основан на выделении линий на изображении по алгоритму Хафа.

Рассмотрим рисунок 3. Сектор (OA – OB) S представляет собой диапазон D шкалы прибора.

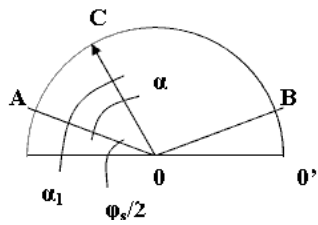


Рисунок 3

Ось OA соответствует началу диапазона измерений, ось OB – концу диапазона измерений. Цена деления шкалы соответствует классу точности прибора.

Ось OA отклонена от горизонтальной оси OO' на угол $\phi_s/2$.

При показаниях прибора, которым соответствует положение стрелки OC, угол отклонения от

горизонтальной оси равен α_1 .

Реальные показания прибора будут соответствовать углу

$$\alpha = \alpha_1 - \phi_s / 2. \quad (1)$$

Угол, соответствующий сектору S равен $180 - \phi_s$.

Таким образом, реальные показания прибора (точка C) определяются формулой

$$C = \frac{\alpha D}{180 - \phi_s} = (\alpha_1 - \phi_s / 2) \frac{D}{180 - \phi_s}. \quad (2)$$

Рассмотрим алгоритм выделения изображения стрелки прибора из изображения показаний стрелочного прибора.

Перед началом измерений необходимо проделать следующие действия:

1. С помощью системы технического зрения получить изображение начала диапазона измерений рисунок 4 (B1);



Рисунок 4

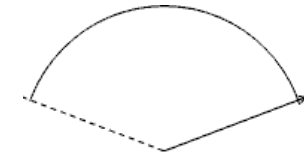


Рисунок 5

2. С помощью системы технического зрения получить изображение конца диапазона измерений рисунок 5 (B2);

3. Из двух изображений B1 и B2 получить разностное изображение (на изображении отсутствует шкала рисунок 6) $B3=B1-B2$;

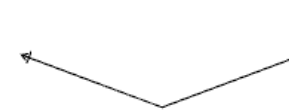


Рисунок 6

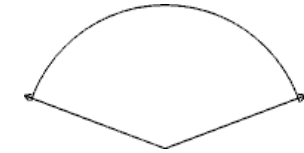


Рисунок 7

4. Из двух изображений B1 и B2 получить суммарное изображение (на изображении кроме стрелок находящихся в начале и конце диапазона измерения присутствует шкала рисунок 7) $B4=B1+B2$;

5. Изображение шкалы прибора определяется разностью $B5=B4-B3$.

При измерениях осуществляются действия:

1. С помощью системы технического зрения получаем изображение текущего измерения B6 рисунок 8

2. Вычисляем изображение стрелки $B7=B6-B5$ рисунок 9

Таким образом, получено изображение, содержащее только стрелку, без шкалы. Теперь используя программные средства можно определить отклонение стрелки и по этому отклонению вычислить с помощью формулы (2) измеряемую величину.

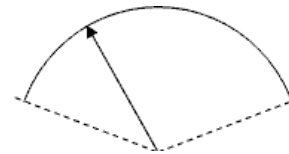


Рисунок 8

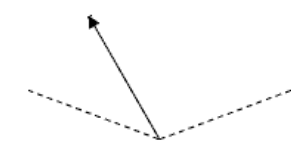


Рисунок 9

Для реализации рассмотренного алгоритма использовалась система MATLAB Version 7.2 (R2006a) и Image Processing Toolbox Version 5.2. Идея преобразования Хафа состоит в выявлении кривых заданных определёнными параметрами

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n, x, y) = 0 \quad (3)$$

При детектировании на изображении линий используется параметрическое представление линии

$$R = x \cos(\psi) + y \sin(\psi), \quad (4)$$

где R - переменная является расстоянием от начала координат до линии вдоль вектора, перпендикулярного к ней, ψ - представляет собой угол между осью x и этим вектором. В этом случае формула (2) в соответствии с рисунком 10 преобразуется в следующую:

$$C = (90 - \psi - \varphi_s / 2) \frac{D}{180 - \varphi_s} \quad (5)$$

или с учетом рисунка 11 окончательно приобретает вид

$$C = (\varphi_{s1} / 2 - \psi) \frac{D}{2(\varphi_{s1} / 2)}. \quad (6)$$

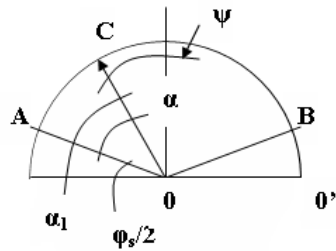


Рисунок 10

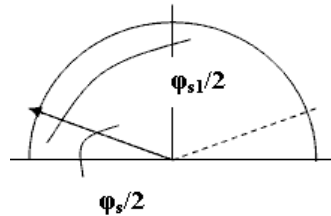


Рисунок 11

Таким образом, окончательно можно сформулировать алгоритм. Первый шаг – получение изображения начала диапазона измерения. Второй шаг – получение изображения конца диапазона измерения.

Третий, четвертый и пятый шаги служат для выделения из изображения шкалы. Арифметические операции осуществляются над бинарными изображениями, представленными соответствующими матрицами попиксельно.

Шестой шаг – определение с помощью изображений B1, B5 и преобразования Хафа угла $\varphi_{s1}/2$.

Седьмой шаг – получение изображения измерения B6.

Восьмой шаг - определение с помощью изображений B6, B5 и преобразования Хафа угла ψ .

Девятый шаг – вычисление по формуле (6)

Десятый шаг – вычисление погрешностей с учетом класса точности измерительного прибора и вывод окончательного результата.

Одиннадцатый шаг – загрузка нового изображения измерения, переход к шагу 7.

Можно заметить, что шаги 1-5 представляют подготовительный этап до начала непосредственно измерений.

На рисунке 12 приведен пример определения показаний стрелочного электроизмерительного прибора M906, класса точности 1,5 и диапазоном измерения 5В.

Для получения изображений использовалась WEB-камера Genius VideoCAM Express, с характеристиками: 352x288 – более 100 000 точек.

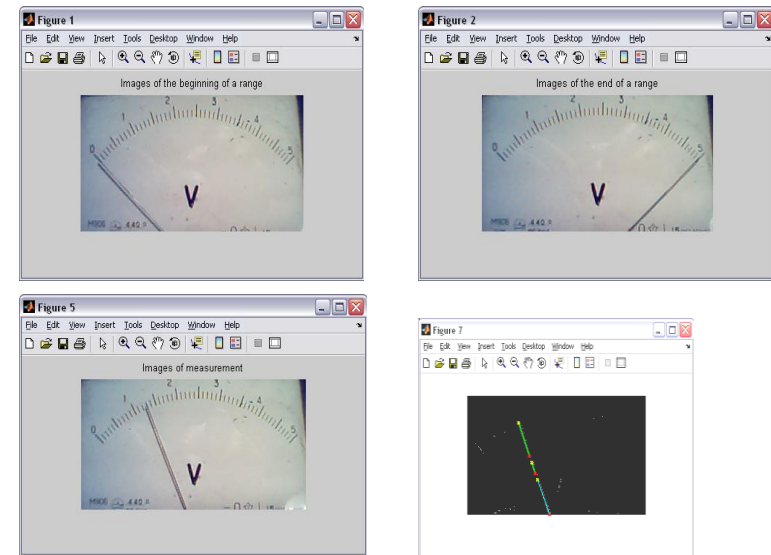


Рисунок 12

1. Методика, алгоритм и программа остаются работоспособными при использовании различных видов шума накладываемых на исходные изображения. Методика, алгоритм и программа применима к любому стрелочному измерительному прибору.

2. Методика, алгоритм и программа не требуют знания координат начала и конца стрелки. Для определения измеряемого значения необходимо определять только угол наклона стрелки, причем методика, алгоритм инвариантны к положению стрелки на изображении – важен только ее наклон. Поэтому, можно фотографировать не всю шкалу, а только участок содержащий стрелку.

3. Достоинство методики состоит также и в том, что не требуется определять (идентифицировать, распознавать) саму шкалу.

4. Программа дополнена существенным элементом – записи результата измерения с учетом класса точности стрелочного прибора. Так программно определяется абсолютная и относительная погрешность измерения и с учетом правил округления производится окончательная запись измеренной величины.

5. Алгоритм и программа являются открытыми и их можно модифицировать. В частности, ввести распознавание класса точности стрелочного прибора по изображению. Кроме того, используя средство Matlab GUIDE в качестве оболочки можно работать не непосредственно с программой, а с интерфейсом GUIDE.

6. Система Matlab, при использовании Matlab Compiler позволяет конвертировать программу в коды Си и использовать ее без применения самой системы Matlab. Это позволит значительно снизить требования к программно-аппаратной составляющей разрабатываемой САКиУ.

7. Для автоматической работы системы можно также воспользоваться еще одним приложением Matlab - Image Acquisition Toolbox – получение изображений. Это приложение позволяет непосредственно подключать, настраивать и управлять средствами формирования изображений и потокового видео. Приложение Image Acquisition Toolbox работает со следующим аппаратным обеспечением - платы Matrox, платы Data Translation, платы видеозахвата в форматах WDM (Windows Driver Model) и VFW (Video for Windows), web-камеры, видеокамеры с интерфейсами USB и FireWire (IEEE-1394), цифровые (DV) видеокамеры.

8. Разработанная методика, алгоритм и программа может найти широкое применение для автономного использования на объектах, например, коммунального хозяйства, вредных производствах, удаленных и распределенных систем.