

Решение системы уравнений (5) относительно a , b :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n I_{i\Theta} \cdot t_i \cdot \sum_{i=1}^n t_i - \sum_{i=1}^n I_{i\Theta} \cdot t_i^2}{\sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n t_i - n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2}, \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n I_{i\Theta} - n \cdot a}{\sum_{i=1}^n t_i}.$$

Зависимость, полученная по экспериментальным данным, имеет вид $I = 4,617 + 0,0149 \cdot t$ ($a = 4,671$; $b = 0,0149$).

На рисунке 4 изображен график полученной статической характеристики преобразователя и график полученных экспериментальных точек.

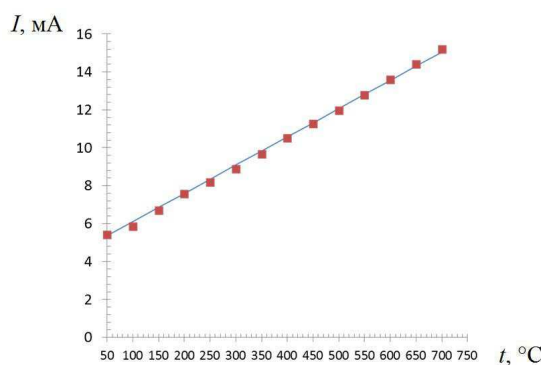


Рис. 4. График статической характеристики преобразователя и экспериментальных точек

Из представленного графика видно, что полученная зависимость близка к экспериментальным данным. Можно заключить, что статическая характеристика преобразователя ТПУ 0304/М1-Н является линейной.

Список литературы:

1. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с.
2. Термопреобразователь универсальный ТПУ 0304. Руководство по эксплуатации. – М.: Издательство «Элемер», 2012. – 52 с.

УДК 681.5

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Шашев Д.В., Шидловский С.В., д.т.н.

Томский государственный университет, г. Томск,

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: dshashev@mail.ru

В настоящее время системы машинного (технического) зрения позволяют качественно решать различные задачи по автоматизации технологических процессов в различных областях (энергетика, машиностроение и т. д.).

Рассмотрим алгоритм на основе операций и методов машинного зрения, помогающий реализовать автоматическую сортировку объектов по геометрической форме. В реальной системе автоматического управления конечная цель использования данного алгоритма – распознавание объекта и отправление необходимого сигнала на исполнительный механизм.

Моделирование и проверка работоспособности полученной имитационной модели работы алгоритма осуществляется в среде MathWorks MATLAB R2013a.

На рисунке 1 представлена структурная схема имитационной модели работы алгоритма.

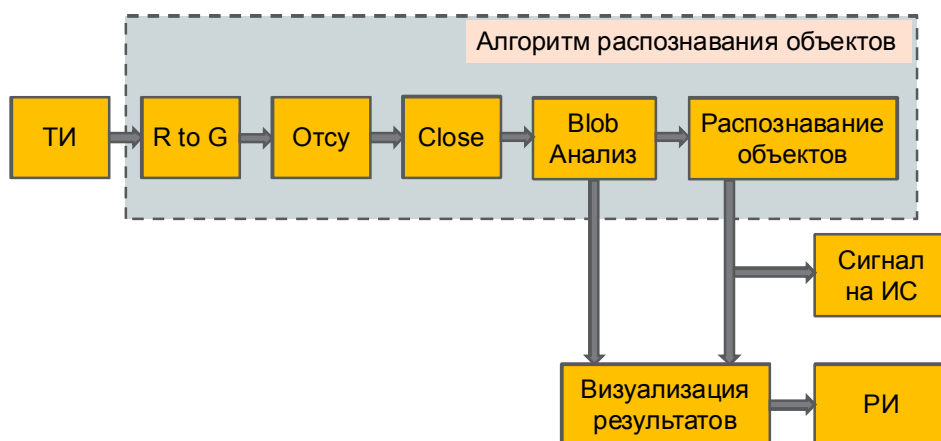


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели

Разберем схему на рисунке 1 по блокам:

I. «*ТИ*» – текущее изображение, в нашем случае мы понимаем изображение, на котором зафиксирован анализируемый объект.

II. «*R to G*» (RGB to Gray) – перевод цветного изображения в полутоновое (оттенки серого). Данное преобразование можно осуществить любым известным способом. В нашем случае используются встроенные возможности MATLAB.

III. «*Отсу*» – метод пороговой бинаризации полутоновых изображений, т.е. преобразование полутонового изображения в черно-белое.

Суть метода заключается в следующем: алгоритм предполагает наличие в изображении двух классов пикселей (фоновые и нефоновые) и ищет оптимальный порог, разделяющий эти два класса. Строится нормализованная гистограмма изображения по значениям:

$$p_i = \frac{n_i}{N},$$

где N – это общее количество пикселей на изображении; n_i – это количество пикселей с уровнями яркости i .

Диапазон яркостей делится на два класса с помощью порогового значения уровня яркости t (t – целое значение от 0 до L , где L – максимальное значение яркости). Каждому классу соответствуют:

$$\omega_0(t) = \sum_{i=1}^t p_i, \omega_1(t) = 1 - \omega_0(t),$$
$$\mu_0(t) = \frac{\left(\sum_{i=1}^t ip_i\right)}{\omega_0(t)}, \mu_1(t) = \frac{\left(\sum_{i=t+1}^L ip_i\right)}{\omega_1(t)},$$
$$\sigma_b^2(t) = \omega_0(t)\omega_1(t)(\mu_0(t) - \mu_1(t))^2,$$

где $\omega_0(t), \omega_1(t)$ – относительные частоты двух классов 0 и 1, разделенных порогом t ; $\mu_0(t), \mu_1(t)$ – средние уровни для каждого из двух классов 0 и 1 изображения, разделенных порогом t ; $\sigma_b^2(t)$ – межклассовая дисперсия.

Алгоритм метода Отсу:

- 1) Вычислить гистограмму и вероятность для каждого уровня интенсивности;
- 2) Вычислить начальные значения $\omega_0(0)$ и $\mu_0(0)$;
- 3) Для каждого значения порога t :
 - обновляем $\omega_0(t), \omega_1(t)$ и $\mu_0(t), \mu_1(t)$;
 - вычисляем $\sigma_b^2(t)$;
- 4) Если $\sigma_b^2(t)$ больше, чем имеющееся, то запоминаем $\sigma_b^2(t)$ и значение порога t ;
- 5) Искомый порог соответствует максимуму $\sigma_b^2(t)$.

IV. «Close» – морфологическая операция «замыкание» в теории обработки изображений.

Операция «замыкание» сглаживает контуры объекта на бинаризованном изображении, в общем случае «заливает» узкие разрывы и длинные углубления малой ширины, а также ликвидирует небольшие отверстия и заполняет промежутки контура.

V. «Blob анализ» – метод анализа бинаризованного изображения в MATLAB.

Каждый объект изображения можно охарактеризовать набором признаков, которые могут служить основой для их анализа и распознавания. Данный метод позволяет вычислить целый ряд таких признаков объектов на бинарном изображении. В данном случае каждый набор пикселей переднего плана (в бинарном изображении значение яркости таких пикселей равно 1), обособленный пикселями фона (значение яр-

кости равно 0), рассматривается как объект или, так называемая, «капля (Blob)».

Данный метод позволяет определить коэффициент заполнения объекта, который используется для распознавания объекта по его геометрической форме. Коэффициент заполнения равен отношению площади объекта к площади ограничивающего прямоугольника и представляется числом в диапазоне от 0 до 1.

VI. «Распознавание объектов».

Для проверки работоспособности модели, представленной на рисунке 1, в качестве распознаваемых объектов были выбраны куб, пирамида и шар.

Если объекты на бинарном изображении выделены идеально, т. е. они имеют идеальную форму, то коэффициент заполнения для геометрических фигур равен:

- круг – 0,7854;
- квадрат – 1;
- треугольник – 0,5.

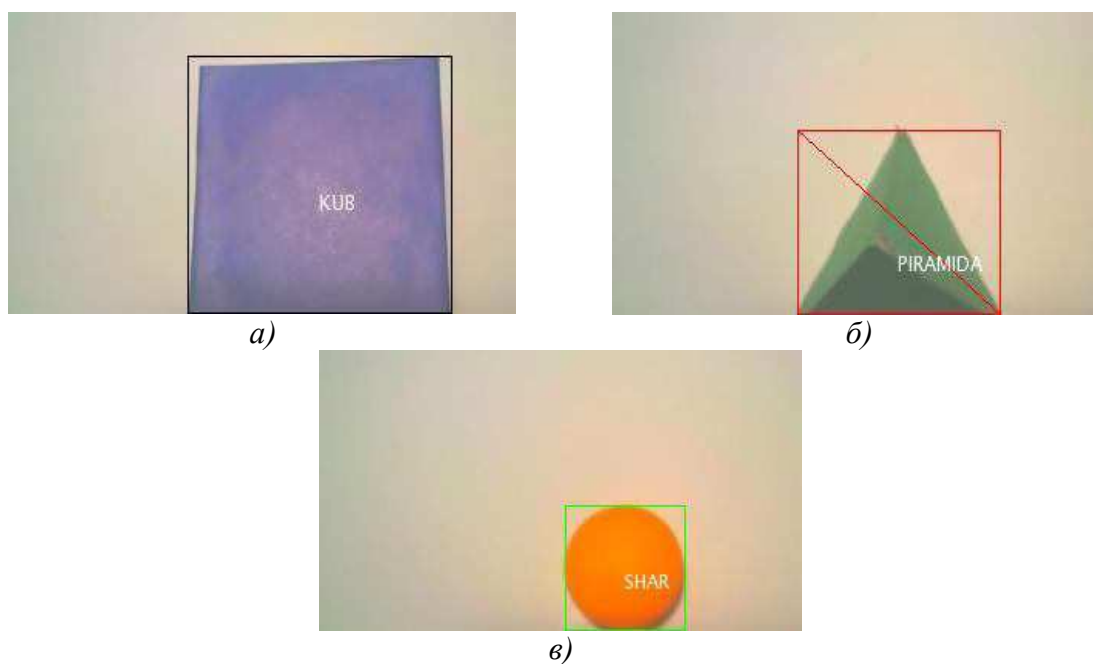


Рис. 2. Результат распознавания объектов:

а) Объект – «квадрат»; б) Объект – «треугольник»; в) Объект – «круг»

Если форма объекта искажена, то значения коэффициента заполнения могут отличаться от приведенных выше значений. Поэтому этот коэффициент может вычисляться с некоторой погрешностью. Слишком большое значение погрешности может привести к неправильному распознаванию объектов, поэтому устанавливаемое значение погрешности – не более 10 %.

VII. «Сигнал на ИС» – в зависимости от того, какой объект был распознан, в реальной системе посылается необходимый сигнал на исполнительную систему.

VIII. «Визуализация результатов и РИ».

Для того чтобы проверить работоспособность алгоритма, используются встроенные средства MATLAB для визуализации результатов и получения результирующего изображения (РИ).

В ходе проверки работоспособности алгоритма, были получены следующие результирующие изображения (см. рис. 2).

Таким образом, используя операции и методы технического зрения, могут качественно распознаваться и в дальнейшем подвергаться автоматической сортировке объекты по геометрической форме.

Список литературы:

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB: пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – Москва: Техносфера, 2006. – 616 с.
3. Computer Vision System Toolbox. Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/computer-vision>.

УДК 621.317.799

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА МАЗУТА

Щеголихин Д.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: Sl_rison@mail.ru

Средства измерения и представления информации разделяют на измерительные преобразователи (ИП) – средства измерения, предназначенные для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

По расположению в измерительной цепи различают первичные и промежуточные измерительные преобразователи.

Первичный измерительный преобразователь (датчик) – измерительный преобразователь, на который непосредственно действует измеряемая величина, преобразует контролируемую величину в удобный для использования сигнал [1].

В настоящее время различные датчики (см. табл. 1) широко используются при построении систем автоматизированного управления.