

С.С. Садыков, Я.Ю. Кульков
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, д.23
sadykovss@yandex.ru, y_mail@mail.ru

Экспериментальное исследование возможности идентификации отдельных плоских объектов на основе безразмерных признаков выпуклых оболочек их бинарных изображений

В статье приведены результаты экспериментов по распознаванию отдельных тестовых и реальных объектов с использованием безразмерных признаков, вычисляемых по выпуклым оболочкам, построенным по их бинарным изображениям. На основе первичных коэффициентов, полученных по выпуклой оболочке, формируется вектор признаков. Создается набор эталонов для каждой группы изображений тестовых и реальных плоских объектов. С использованием среднеквадратичного отклонения вычисляется степень сходства вектора признаков неизвестного изображения и векторов признаков эталонов. Приведены результаты исследований по идентификации объектов.

Ключевые слова: изображение, распознавание, безразмерный коэффициент, признак, реальный плоский объект, выпуклая форма, выпуклая оболочка.

Введение

Автоматизация технологического процесса, в том числе с помощью роботизированных комплексов, является одним из путей повышения эффективности производства.

В состав подобных комплексов, кроме технологического оборудования, входят системы технического зрения (СТЗ), предназначенные для получения информации об изделиях. При разработке алгоритмов обработки данных для СТЗ, например, сортировка деталей формулируется как задача распознавания образов, регистрируемых аппаратными средствами СТЗ, путем обработки и анализа изображений этих деталей и изделий [1-6].

Целью исследований, изложенных в настоящей статье, является экспериментальное исследование проверка алгоритмов, распознавания отдельных тестовых и реальных плоских объектов (ОТПО и ОРПО) с использованием безразмерных признаков, полученных по выпуклым оболочкам бинарных изображений этих объектов, с помощью алгоритма в [9].

Технология проведения эксперимента.

Распознаванию подлежат детали, которые располагаются на ленте транспортёра и имеют произвольные ориентации. Фон, на котором регистрируются изображения деталей, можно считать равномерным, а условия освещения – безтеневым.

Технология распознавания состоит из двух этапов – обучения и распознавания.

Этап обучения по тестовым объектам включает следующую основную последовательность процедур:

- 1) получение контура бинарного изображения объекта;
- 2) построение выпуклой оболочки этого изображения;
- 3) вычисление безразмерных признаков;
- 4) формирование эталонных векторов признаков объектов.

При анализе изображений реальных объектов к вышеперечисленным процедурам добавляется предварительная обработка, связанная с подавлением помех на полутоновых изображениях, устранение фона и их бинаризация.

Этап распознавания состоит в сравнение вектора признака неизвестного входного объекта с множеством эталонных признаков и установление какому из них наиболее близок входной объект [10].

Формирование изображений для проведения эксперимента.

Экспериментальные исследования предложенного алгоритма проводились на двух типах изображений – бинарных и полутоновых.

Путем поворота каждого из ОТПО и ОРПО вокруг центра тяжести с шагом 1 градус формируется массив повернутых изображений каждого объекта. Всего 3600 изображений для ОТПО и 3600 для ОРПО [10]. Следующий шаг реализует имитацию случайного появления объекта в поле зрения распознающей системы. С помощью генераторов случайных чисел (ГСЧ) с нормальным распределением, из повернутых изображений каждого из ОТПО и ОРПО формируются массивы изображений по 2000 для каждого из них. Получается 20 000 изображений ОТПО и 20 000 ОРПО.

Секция 9. Методы обучения и организация образовательного процесса

Сформированные полутоновые изображения бинаризируются с использованием алгоритма сегментации Отсу.

По бинарным изображениям рассчитывается количество точек в каждом из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО, то есть вычисляется площадь объекта S_0 . Формируются одноточечные контуры бинарных изображений объектов по алгоритму в [7]. В полученных контурах рассчитывается количество точек P_0 , образующих контур каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО и 10 ОТПО. Определяется метрическая длина $L_{\text{конт}}$ контура каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОТПО и 10 ОРПО [7].

Из каждого бинарного изображения строится его выпуклая форма. Выпуклой формой бинарного изображения плоского объекта назовем такую его форму, в которой отсутствуют точки, образующие вогнутые участки [9]. По полученным выпуклым формам рассчитывается количество точек в каждой из 2000 реализации каждого из 10 ОТПО и 10 ОРПО, то есть определяется площадь построенной выпуклой формы $S_{\text{вып}}$. Определяется разность площадей объекта S_0 и выпуклой формы $S_{\text{вып}}$.

Используя алгоритм в [10], выделяются выпуклые оболочки, представляющие собой контур выпуклой формы. По полученному контуру определяется количество точек образующих выпуклую оболочку $P_{\text{вып}}$. Вычисляется метрическая длина выпуклой оболочки $L_{\text{вып}}$. На следующем шаге определяется кривизна в точках выпуклой оболочки каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОТПО и 10 ОРПО.

Для определения значений кривизны в точках одноэлементной дискретной линии необходимо логически установить величину кривизны в каждой точке линии [8].

После определения кривизны точек, вычисляется количество опорных точек со значениями 135 и сохраняется в параметре $M2$.

Определяется суммарная метрическая длина выпуклых участков в контуре построенной выпуклой формы.

Поскольку линейные участки контура образуются только единичными 4-х или D-связными точками, то следует определять эти длины этих участков отдельно.

Длина линейного участка, состоящего из трех точек, центральная из которых является 4-х связной определяется как $L_{\text{лин}4}=2a$. Длина линейного участка, также состоящего из трех точек, центральная из которых является D-х связной определяется как $L_{\text{лин}D}=2b$.

По полученным первичным параметрам осуществляется расчет векторов безразмерных признаков каждого из 2000 реализаций всех 10 ОТПО и 10 ОРПО по формулам, описанным в [9].

Обучение системы распознаванию

Далее в диалоговом режиме осуществляется выбор эталонов для распознавания каждой из 2000 реализаций каждого из 10 ОТПО. Аналогично осуществляется выбор эталонов для распознавания каждой реализации ОРПО. По гистограммам, полученным на этапе генерации, выбирается вектор признаков самой часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОТПО, при формировании 2000 реализаций. Для данного вектора коэффициентов по методу среднеквадратичного отклонения (1) вычисляется Z_i с каждой из 2000 реализаций.

$$Z_i = \frac{1}{n+1} \sum_{j=1}^n (K_{ej} - K_{lj})^2 \quad (1)$$

где: n – число признаков; l – номер распознаваемого объекта ($l = 1, 2, \dots, 2000$); K_{ej} – значение j -го признака вектора коэффициентов K выбранного эталона; K_{lj} – значение j -го признака вектора коэффициентов K выбранной реализации.

Вычисляются 2000 СКО Z_i . Среди них ищутся Z_{\min}

$$Z_{\min} = \min\{ Z_i \} \quad (2)$$

Найденные значения Z_{\min} указывают номера реализаций среди 2000 изображений, вектора-признаки которых совпадают с вектором-признаком выбранной как эталон реализации. Очевидно, что с одним эталоном распознать все 2000 реализации какого-либо объекта не возможно.

На втором шаге на основе гистограммы, выбирается как эталон вектор-признак следующей часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОТПО, при формировании 2000 реализаций. Вычисляются 2000 СКО Z_i . Среди них ищутся Z_{\min} по формуле (2).

Найденные значения Z_{\min} указывают номера реализаций среди 2000 изображений, вектора-признаки которых совпадают с вектором-признаком выбранной как эталон реализации и т.д. Выбор

Секция 9. Методы обучения и организация образовательного процесса

эталонов для реализаций 1-го ОТПО проводится до тех пор, пока не будут распознаны все 2000 реализации.

Аналогично, выбор эталонов проводится для всех реализаций всех остальных 9 ОТПО.

Экзамен обученной системы распознавания.

Следующим шагом осуществляется экзамен обученной системы на 20 000 реализациях всех 10 ОТПО и всех 20 000 реализаций ОРПО на основе формул (1) и (2).

Экзамен заключается в сравнении векторов признаков всех реализаций всех 10 объектов с выбранными эталонами.

Производится выбор некоторого случайного объекта. Для него выполняются все описанные процедуры получения безразмерных признаков контура. Полученный вектор признаков неизвестного ОТПО сравнивается со всеми эталонными векторами-признаками. Определяется тип ОТПО в соответствии с $\min\{Z_{\min}\}$.

Процедура экзамена повторяется для 2-го неизвестного объекта, и так далее для всех 20000 реализаций всех 10 ОТПО.

Аналогично выполняется процедура проведения экзамена обученной системы на 20000 реализациях всех 10 ОРПО.

На рисунке 1 представлен график изменения вероятности правильного распознавания тестовых объектов в зависимости от количества эталонов.

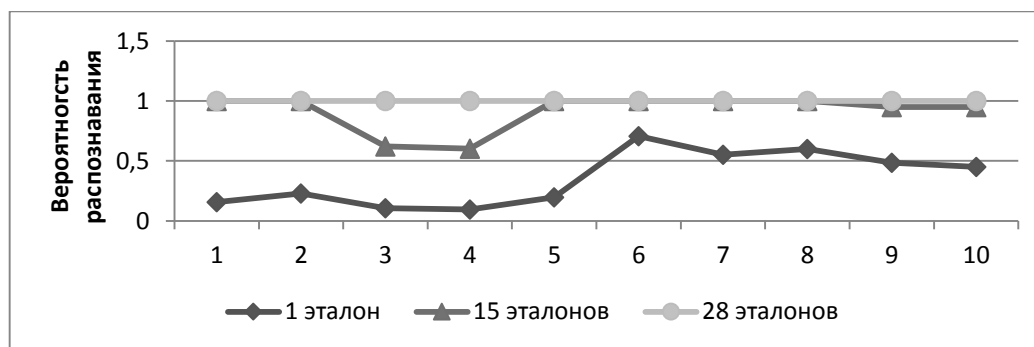


Рис. 1. График изменения вероятности правильного распознавания отдельных тестовых объектов при разном количестве эталонов

На рисунке 2 представлен график изменения вероятности правильного распознавания реальных объектов в зависимости от количества эталонов.

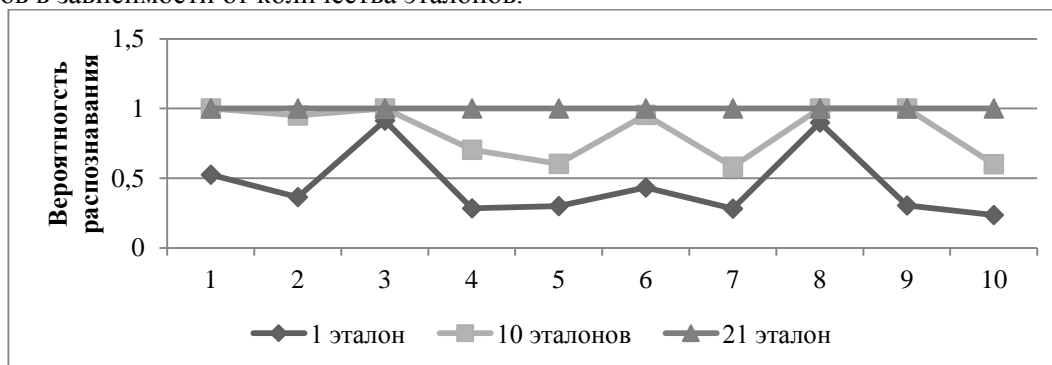


Рис. 2. График изменения вероятности правильного распознавания отдельных реальных объектов при разном количестве эталонов

Заключение

Экспериментальные исследования подтвердили возможность распознавания как тестовых так и реальных отдельных плоских объектов с использованием безразмерных признаков, полученных на основе их контуров и, в основном, выпуклых оболочек.

Наибольшее количество эталонов понадобилось для распознавания всех реализаций тестового объекта под номером 4 и реального объекта под номером 5. Это обусловлено тем, что при генерации повернутых экземпляров образуются изображения, имеющие несимметричную форму. Поэтому

Секция 9. Методы обучения и организация образовательного процесса

формируемые выпуклые оболочки сильно отличаются между собой. Это можно заметить на рисунках 8 и 9.

Тестовый объект под номером 6, также как и реальный объект с номером 3 имеют достаточно сложный контур. Но в следствии симметричности изображения, выпуклые оболочки различных повернутых реализаций практически не отличаются между собой. Также стабильным остаются первичные коэффициенты, получаемые по контуру исходного изображения до заполнения вогнутых участков. Поэтому для распознавания всех 2000 реализаций тестового объекта достаточно двух эталонов, а для распознавания всех реализаций реального объекта 3 эталонов.

При обучении системы для распознавания реального объекта под номером 8 получено 4 эталона. При всей сложности изображения исходного объекта его выпуклые оболочки также остаются одинаковыми.

Литература

1. Садыков, С.С. Технология выделения области кисты на маммограмме/С.С. Садыков, Е.А. Захарова, Ю.А. Буланова//Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 1 (43). С. 7-12.

2. Исследование маркерного водораздела для выделения области рака молочной железы/С.С. Садыков, Ю.А. Буланова, Е.А. Захарова, В.С. Яшков//Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 1 (23). С. 56-64.

3. Андрианов Д.Е. Разработка муниципальных геоинформационных систем/Д. Е. Андрианов, С. С. Садыков, Р. А. Симаков.- М.: Мир, 2006, 109 с.

4. Жизняков, А. Л. Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений: монография / А. Л. Жизняков, С. С. Садыков. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2008, 121 с.

5. Критерии выделения групп риска из лиц трудоспособного возраста при медицинских исследованиях на системе АСПО/О.И. Евстигнеева, С.С. Садыков, Е.Е. Сулова, А.С. Белякова//Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 19. С. 33-39.

6. Садыков, С.С. Диалоговая система анализа маммографических снимков/С.С. Садыков, Ю.А. Буланова, Е.А. Захарова//Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 19. С. 155-167.

7. Садыков, С.С. Формирование безразмерных коэффициентов формы замкнутого дискретного контура/ С. С. Садыков//Алгоритмы, методы и системы обработки данных.2014.№4(29).С.91-98.

8. Садыков, С.С. Алгоритм логического определения кривизны точек дискретной линии/С. С. Садыков//Алгоритмы, методы и системы обработки данных.2015.№1(30).С.52-59.

9. Садыков, С.С. Алгоритм построения выпуклой оболочки бинарного изображения и формирование его безразмерных признаков/С.С. Садыков//Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2015. № 2 (31). С.77-85.

10. Садыков, С.С. Экспериментальное исследование алгоритма распознавания отдельных тестовых плоских объектов на основе их безразмерных контурных признаков /С.С. Садыков, Я.Ю. Кульков //Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2015. № 3 (32). С.76-90.