

Беляев С.Ю.

*Научный руководитель – ст. преподаватель Кульков Я.Ю.  
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

### **Разработка архитектуры системы распознавания изображений на основе их выпуклых оболочек**

Автоматизация технологического процесса, в том числе с помощью роботизированных комплексов, является одним из путей повышения эффективности производства. Стремительное развитие наукоемких технологий, дало толчок к широкому использованию сложной вычислительной техники на производстве.

В состав подобных комплексов, кроме технологического оборудования, входят системы технического зрения (СТЗ), предназначенные для получения информации об изделиях. Например, при выполнении технологических операций на конвейерах, СТЗ позволяет осуществлять операции сортировки деталей, определять их положение и ориентацию. При разработке алгоритмов обработки данных для СТЗ, сортировка деталей формулируется как задача распознавания образов, регистрируемых аппаратными средствами СТЗ, путем обработки и анализа изображений этих деталей и изделий [1-6]. Различают комплексы автоматической сортировки и контроля качества плоских и трехмерных деталей и изделий [3,4].

Технология проведения эксперимента.

Распознаванию подлежат детали, которые располагаются на ленте транспортёра и имеют произвольные ориентации. Фон, на котором регистрируются изображения деталей, можно считать равномерным. Также можно считать условия освещения такими, что у рассматриваемых плоских объектов тени отсутствуют.

Так как распознавание объектов предполагается на основе параметров, формируемого по контуру бинарного изображения, то это позволяет исключить из анализа внутренние точки изображения и тем самым значительно сократить объем обрабатываемой информации.

Технология проведения экспериментов расчета безразмерных признаков по выпуклым оболочкам бинарных изображений отдельных реальных плоских объектов и их распознавания включают следующую последовательность процедур:

- 1) предварительная обработка изображения;
- 2) получение контура бинарного изображения объекта;
- 3) построение его выпуклой оболочки;
- 4) формирование базы данных признаков;
- 5) обучение системы распознаванию;
- 6) распознавание.

Эксперимент проводится на презентабельной выборке изображений каждого из 10 ОРПО. Для этого проводится генерация множества повернутых изображений.

Сформированные полутоновые изображения бинаризируются с использованием алгоритма сегментации Отсу. По полученным бинарным изображениям рассчитывается количество точек в каждом из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО, то есть вычисляется площадь объекта  $S_0$ .

Вычисление параметров по контурам бинарных изображений.

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.

Определяется метрическая длина  $L_{\text{конт}}$  контура каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО[7].

Для каждого изображения строится выпуклая форма алгоритмом QuickHull. Выпуклой формой бинарного изображения плоского объекта назовем такую его форму, в которой отсутствуют точки, образующие вогнутые участки.

По полученным выпуклым формам рассчитывается количество точек в каждой из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО, то есть определяется площадь построенной выпуклой формы  $S_{\text{вып}}$ .

По полученным контурам определяется количество точек образующих выпуклую оболочку  $P_{\text{вып}}$ . Определяется метрическая длина выпуклой оболочки  $L_{\text{вып}}$ .

На следующем шаге определяется кривизна в точках выпуклой оболочки каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО.

На выпуклой оболочке отсутствуют вогнутые участки. Она формируются из точек, имеющих значения 1 и 135, из которых образуются линейные и выпуклые участки оболочки.

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

После определения кривизны точек, определяется по количеству опорных точек со значениями 135.

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

По полученным первичным параметрам осуществляется расчет векторов безразмерных признаков каждого из 2000 реализаций всех 10 ОРПО по формулам.

Далее осуществляется выбор эталонов для распознавания каждой из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО. По гистограмме, полученной на этапе генерации выбирается вектор признаков самой часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОРПО, при формировании 2000 реализаций. Для данного вектора коэффициентов по методу среднеквадратичного отклонения (27) вычисляется  $Z_i$  с каждой из 2000 реализаций.

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

где

$n$  – число признаков;

$l$  – номер распознаваемого объекта ( $l = 1, 2, \dots, 2000$ );

$K_{ej}$  – значение  $j$ -го признака вектора коэффициентов  $K$  выбранного эталона;

$K_{ij}$  – 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 1-го ОРПО не возможно.

На втором шаге на основе гистограммы, выбирается как эталон вектор-признак следующей часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОРПО, при формировании 2000 реализаций. Вычисляются 2000 СКО  $Z_i$ . Среди них ищутся  $Z_{\min}$  по формуле (28).

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

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

На этом обучение системы распознавания завершается.

Экзамен обученной системы распознавания.

Следующим шагом осуществляется экзамен обученной системы на 20000 реализациях всех 10 ОРПО на основе формул (1) и (2).

Экзамен заключается в сравнении векторов признаков всех 20000 реализаций всех 10 ОРПО с выбранными эталонами.

Производится выбор некоторого случайного объекта. Для него выполняются все описанные процедуры получения безразмерных признаков контура. Полученный вектор

признаков неизвестного ОРПО сравнивается со всеми эталонными векторами-признаками в табл. 2. Определяется тип ОРПО в соответствии с  $\min\{Z_{\min}\}$ .

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

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

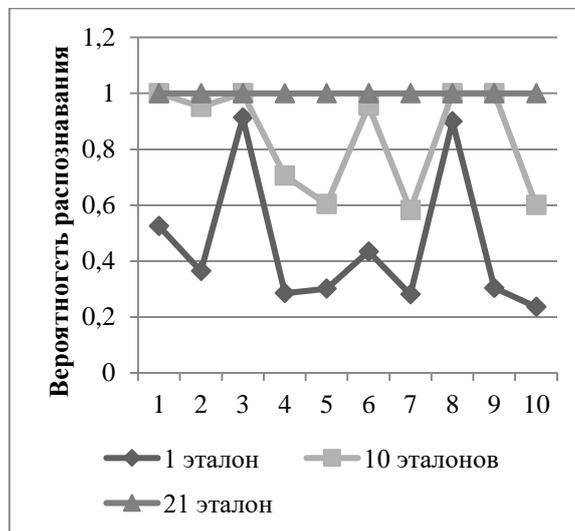


Рис. 1. График изменения вероятности правильного распознавания отдельных реальных объектов при разном количестве эталонов

#### Заключение

Наибольшее количество эталонов понадобилось для распознавания всех реализаций объекта под номером 5. Данный объект имеет вытянутую форму, поэтому при генерации повернутых экземпляров образуются изображения, имеющие несимметричную форму. Формируемые выпуклые оболочки сильно отличаются между собой. Это можно заметить на рисунке 6.

Объект под номером 3 имеет 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 данного объекта достаточно двух эталонов.

При обучении системы для распознавания объекта под номером 8 получено 4 эталона. При всей сложности изображения исходного объекта его выпуклые оболочки также остаются одинаковыми, как и у объекта под номером 3.

В ходе проведения экспериментов получено время, требуемое для распознавания поступающего на вход тестовой системы изображения реального объекта. Используемая для проведения экспериментов не подвергалась оптимизации. При вычислении коэффициентов дважды выделяется контур, сначала по исходному изображению, потом по выпуклой форме. Используемый алгоритм направленного перебора требует программной оптимизации.

Наибольшее время затрачивается на итерационный алгоритм формирования выпуклой формы. Сканирование масками можно оптимизировать, проходя только по контуру. Таким образом можно существенно уменьшить время работы всего алгоритма формирования безразмерных признаков по выпуклой оболочке изображения.

#### 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.