

Модель (5) является простейшей из класса возможных моделей. Скорее всего, на практике при попытке её использования придётся столкнуться с целым рядом проблем. Реальная потребительская товарная линия будет плохо описываться моделью (5). Действительно, экономическая практика показывает, что она никогда не вписывается в красивые и изящные математические модели, которые ученые в таком изобилии предлагают практикам. Не сомневаясь в том, что и с моделью (5) будет то же самое, можно предложить простой способ решения этой проблемы. Модель легко усложняется, например, можно воспользоваться следующей её модификацией:

$$K = m * (PI - P) + iC. \quad (6)$$

Очевидно, что модификация (6) является не единственно возможной. На практике можно будет использовать модели самой различной сложности, причем как действительная, так и мнимая части данного комплексного числа могут представлять собой сложные функции.

Вид каждого комплексного числа и коэффициенты моделей следует находить с помощью методов регрессионно-корреляционного анализа. После того, как будет построена модель потребительской товарной линии в форме комплексного числа, можно использовать ее в самых разных случаях экономической практики, в том числе и при прогнозировании экономической конъюнктуры.

#### **Список цитированных источников**

1. Научные подходы к оценке масштабов теневой экономики в финансово-кредитной сфере и меры по их снижению. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 272 с.
2. Бухарин, С.Н. Методы и технологии информационных войн / С.Н. Бухарин, В.В. Цыганов. – М.: Академический Проект, 2007. – 384 с.
3. Шимова, О.С. Экономическая эффективность мероприятий по сохранению биологического разнообразия / О.С. Шимова, В.М. Байчоров, О.Н. Лопачук. – М.: Беларуская Навука, 2010. – 124 с.

УДК 004.912

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАССОВЫХ ЧЕКОВ**

*Гладун Д.П.*

*Брестский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Кузьмицкий Н.Н., к. т. н.*

### **Введение**

Одним из наиболее востребованных направлений в области компьютерного зрения является оптическое распознавание образов (от англ. optical character recognition, OCR), цель которого – создание прикладных технологий оцифровки текстовых данных, представленных в виде изображения [1]. Задачи OCR актуальны в различных сферах деятельности: автоматизация систем учета в бизнесе, оцифровке архивных документов, потоковым вводе и др. Сложность их решения связана с разнообразием форм текста: рукописный, машинописный, печатный и др., что, несмотря на значительные достижения, не позволило вплоть до настоящего момента создать исчерпывающие решения в ряде практических

приложений. К таковым можно отнести и рассматриваемое в рамках представленной работы распознавание текстовых данных растровых изображений кассовых чеков.

### Постановка задачи

Целью исследования являлось создание программно-алгоритмической классической технологии оцифровки текстовых данных растровых изображений, которая может использоваться для создания систем планирования и учета финансовых затрат. Для достижения цели требовалось решить следующие задачи: преобработка входного изображения, обнаружение и сегментация текста, распознавание текстовых объектов. Преобработка необходима для повышения точности процедур анализа изображения, задача сегментации заключается в локализации структурных единиц текста (строк, слов и символов), в дальнейшем распознаваемых в ходе классификации. Эффективное решение перечисленных задач позволяет получить оцифрованные текстовые данные на выходе.

### Описание предлагаемых решений

Корректная преобработка изображения является важнейшим фактором успешности анализа в целом. Среди наиболее сложных проблем на данном этапе можно выделить: недостаточная четкость текста, наличие оптических шумов, нарушение горизонтальной ориентации текста, повреждение чека и т. д. В результате детального исследования данных проблем в состав преобработки включены следующие алгоритмы:

- преобразование цветного изображения в полутоновое (0.2126R+0.7152G+0.0722B);
- локальное шумоподавление с помощью сглаживающей гауссовой фильтрации;
- построение контуров на основе оператора Собеля и метода Кэнни;
- локализация прямых линий с использованием преобразования Хафа;
- выравнивание ориентации чека с применением аффинных преобразований;
- адаптивная бинаризация текста для последующего распознавания символов.

Реализация алгоритмов основана на применении известной библиотеки компьютерного зрения OpenCV, при этом экспериментально подобраны оптимальные значения основных параметров соответствующих функций [2]. Пример преобработанного изображения кассового чека приведен на рисунке 1.

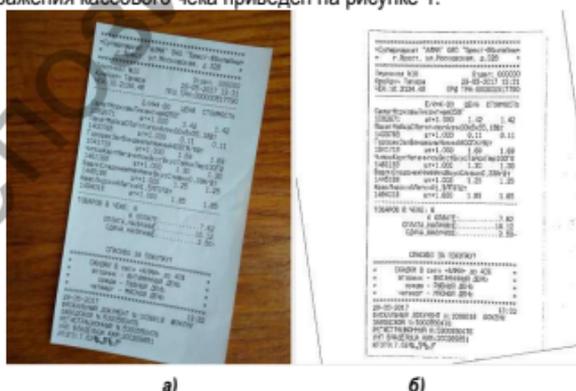


Рисунок 1 — Пример исходного (а) и преобработанного (б) изображения кассового чека

Для реализации этапов сегментации и распознавания текста применена OCR-система Tesseract, являющаяся развивающейся системой с открытым исходным кодом [3]. Функции классификатора символов в Tesseract основаны на реализации нейронной сети архитектуры LSTM (от англ. long short-term memory), превосходящей как альтернативные, так и классические алгоритмы распознавания символов во многих практических задачах. Tesseract содержит тренировочные файлы (для более 100 поддерживаемых языков), на основе которых можно дообучать классификатор примерам специфичных входных данных. Такое дообучение была выполнено с использованием изображений кассовых чеков и утилиты SupnyPage, в которой имеется реализация метода обучения с учителем. Для этого на вход программы подается исходное изображение и распознается. В местах возникновения ошибок пользователь самостоятельно указывает корректный для данного случая символ.

### Экспериментальная работа

На языке программирования C# с использованием технологий NET Framework создан модуль, реализующий описанные выше решения задач обработки. Для тестирования собрана выборка из пятидесяти изображений кассовых чеков, разделенная на три группы по уровню сложности: отсканированные чеки без дефектов, сфотографированные чеки с наклоном и сфотографированные чеки с дефектами (со сгибами, местами разрыва и т. п.). Для получения сравнительной оценки модуля выбраны следующие OCR системы: ABBYY FineReader 15, Free Online OCR, FinPix. Проведенный анализ показал, что созданный модуль в целом успешно справляется с решением рассматриваемых задач (сравнение результатов отражено в таблице 1). Такие результаты достигнуты не только благодаря системе Tesseract, но и грамотно составленному алгоритму предобработки, который, в случае увеличения набора выполняемых алгоритмов, сможет улучшить качество распознавания. Также возможно повышение качества распознавания, например, путем реализации классификатора в виде нейросети сверточной архитектуры, устойчивой к аффинным преобразованиям (повороту, сдвигу и др.) и удобной для распараллеливания расчетов.

Таблица 1 — Результаты тестирования созданного модуля распознавания и аналогов

| Средство оцифровки  | Среднее количество ошибок распознавания на изображении, % |                              |                               | Время работы |
|---------------------|---|------------------------------|-------------------------------|--------------|
|                     | Чеки без дефектов (сканы)                                 | Чеки с наклоном (фотографии) | Чеки с дефектами (фотографии) |              |
| Созданный модуль    | 0,67 %  | 1 %                          | 1,67 %                        | 3,74 с       |
| ABBYY FineReader 15 | 0,33 %  | 0,33 %                       | 0,67 %                        | 11,21 с      |
| Free Online OCR     | 1,67 %  | 2 %                          | 3 %                           | 5,5 с        |
| FinPix              | 0,83 %  | 1,67 %                       | 2,67 %                        | 16,05 с      |

### Заключение

В исследовании рассмотрены задачи распознавания растровых изображений кассовых чеков. Описана авторская реализация оцифровки их текстовых данных. Проведенная экспериментальная работа показала работоспособность реализации, при этом выявлен ряд проблем, которые являются предметом дальнейших исследований.

В частности, представляет интерес применение нейросетевых технологий для решения всех этапов обработки и повышение производительности реализации на базе распараллеливания.

#### Список цитированных источников

1. Херн, Д. Компьютерная графика и стандарт OpenGL [текст] / Д. Херн, М.П. Бейкер. – 3-е издание.: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. — 1168 с.
2. Bradski, G. Learning OpenCV [текст] / G. Bradski, A. Kaehler, 1-st edition.: O'Reilly Media, 2008. — 557 p.
3. An Overview of the Tesseract OCR Engine [Электронный ресурс]. GitHub [сайт]. Режим доступа: <https://github.com/tesseract-ocr/docs/blob/master/tesseractidcar2007.pdf>. — Дата доступа: 10.10.2017.

УДК 330.42

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ С УЧЕТОМ ПРОЦЕССОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ ПРОДУКЦИИ

*Дворниченко А.В., Лебедь С.Ф.*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Достижение необходимого уровня запасов в постоянно изменяющихся условиях внешней и внутренней среды является одной из важнейших задач управления предприятиями различных размеров и форм собственности. Недостаточное количество запасов может привести к сбою работы предприятия, простоям, потерям прибыли, потере клиентов и т. д. С другой стороны, избыток запасов ведет к денежным потерям в связи с порчей и повреждением запасов, их моральным устареванием, высокими издержек, связанных с хранением избытка запасов.

Таким образом, установление необходимого количества запасов повышает эффективность работы предприятия, а уточнение и корректировка количества запасов способствует готовности предприятия сохранять устойчивость при изменении факторов среды.

В настоящее время в экономической науке разработан ряд моделей, на основании которых происходит управление запасами.

При оптимизации управления запасами одним из наиболее простых и наглядных инструментов является формула Харриса – Уилсона. Ее называют формулой экономического размера заказа (EconomicOrderQuantity — EOQ)[1]. Предполагается, что известны параметры модели, а спрос считается постоянным. С моделью указанного типа соотносят следующие параметры:  $D$  – годовое потребление продукции;  $C_h$  – затраты на хранение единицы продукции за год;  $C_0$  – накладные расходы на каждую поставку;  $q$  – размер заказа;  $C_{II}$  – себестоимость единицы продукции;  $C_S$  – цена реализации единицы продукции;  $C_T$  – общие годовые затраты;  $P_T$  – общая годовая прибыль (до уплаты налогов).

В традиционной EOQ – модели управления запасами определение экономического размера заказа основано на минимизации общих годовых затрат [2]. Указанные затраты