

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

На правах рукописи

УДК 004.352.242:336.71

**ПЕТКУН
Антон Викторович**

**ОПТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ
ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ БАНКОВСКИХ КАРТ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра техники и технологии

по специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Рак Алексей Олегович,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Казека Александр Анатольевич

кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник ОАО «Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»

Защита диссертации состоится «27» января 2018 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе уделяется огромное внимание автоматизации каких-либо процессов с помощью программных средств. В производстве, в обучении, а также в обыденной жизни.

Не являются исключением и системы, производящие безналичную оплату в интернете – системы расчётов между финансовыми организациями, бизнес-организациями и интернет-пользователями при покупке-продаже товаров, различных услуг через интернет с использованием платежных карт. Такие системы представляют собой электронные версии традиционных платёжных систем.

Большинство платёжных карт имеет формат, определённый стандартом ISO 7810 – $85,6 \times 53,98$ мм – и использует в качестве носителя данных магнитную полосу. На лицевой стороне карты может быть любое изображение или просто фон. Кроме того, присутствуют номер карты, имя держателя и срок действия карты. На обратной стороне карты находится магнитная полоса, бумажная полоса с подписью владельца, а на некоторых – CVV-код (трёхзначный код проверки подлинности карты).

Эти данные используются при совершении безналичного платежа в интернете. Ввод данных производится, как правило, путем ручного ввода. Этот процесс занимает некоторое время.

Альтернативным вариантом является оптическое считывание (распознавание) данных, нанесенных на платежную карту. В настоящее время существует ряд программных продуктов, предназначенных для распознавания рукописей и текста, однако, большинство из них не адаптированы для считывания данных банковских карт.

Таким образом, работа посвящена исследованиям в области распознавания данных (цифр) с банковских карт, применению существующих методов распознаваний линий на изображениях с целью детектирования границ карты, а также разработке программного приложения (библиотеки). Данная программа могла бы использоваться другими системами, которые лишь делают снимок банковской карты, и используют данное приложение для распознавания данных, нанесенных на платежную карту.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время платежи в интернете совершаются с помощью ручного ввода данных банковской карты. Как правило, для совершения платежа необходим ввод номера карты (16 цифр, разбитых на 4 блока), срок действия карты, фамилию и имя владельца карты, а также CVV-код (трёхзначный код проверки подлинности карты). Такой ввод может занять некоторое время, особенно, если отсутствует привязка данных карты к пользователю.

Данное действие можно автоматизировать с помощью алгоритма оптического считывания (распознавания) данных с кредитной карты.

Под оптическим распознаванием идентификационных данных банковских карт (кредитных карт) понимается некий алгоритм, у которого входными параметрами является фото фронтальной стороны банковской карты, далее алгоритм проводит анализ фотоизображения банковской карты и, как результат, возвращает номер карты и ее срок действия.

Степень разработанности проблемы

На данный момент уже существуют некоторые системы, которые распознают текст, рукописи, символы, к примеру, *ABBYY FineReader*. Данная программа предназначена для распознавания текста, которая переводит изображения документов и любые типы PDF-файлов в электронные редактируемые форматы. Программа определяет и точно восстанавливает логическую структуру документа в его электронной копии. Однако такого рода программные продукты не адаптированы для распознавания данных, нанесенных на банковскую карту.

Существуют также и системы, которые с высокой точностью распознают данные с любых карт, не являются исключением и кредитные карты. Примером является приложение *Smart CardReader*, которое с высокой точностью может распознать данные. Однако представители данного приложения не предоставляют программного интерфейса для разработчиков, также, программа является платной.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка системы оптического распознавания идентификационных данных банковских карт на основе нейронных сетей.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- исследовать и применить существующие методы распознавания линий на изображениях с целью детектирования границ банковских карт;
- разработать модель нейронной сети и произвести подбор ее параметров для распознавания данных, нанесенных на банковскую карту;
- сформировать обучающую выборку для разработанной нейронной сети, разработать способ ее увеличения;
- экспериментально исследовать разработанную модель нейронной сети, сделать заключение о применимости модели.

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты исследований в области искусственных нейронных сетей, которые имеют широкое распростра-

нение: распознавание образов, идентификация личности [2], принятие решений и управление, прогнозирование, и т.д.

Произведен анализ существующих методов распознавания линий на изображениях с целью детектирования границ банковских карт.

Для получения результатов исследования применялись модели нейронных сетей с различными параметрами, построение которых осуществлялось в программной среде *IntelliJ IDEA*.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы отечественных и зарубежных авторов, технических нормативно-правовых актов, сведений из ресурсов интернета, а также материалов научных изданий.

Научная новизна диссертационной работы заключается в применении предварительно обученной искусственной нейронной сети – многослойного персептрона для распознавания номера банковской карты.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработанная модель нейронной сети, используемая для распознавания номера платежных карт;

2. Разработанная методика детектирования границ платежной карты на основе существующих методов распознавания линий на изображениях;

3. Экспериментальные закономерности, позволившие наблюдать, каким образом влияет изменение параметров нейронной сети на ее скорость обучения и способность распознавать данные.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложен подход к распознаванию данных, нанесенных на банковскую карту, а также детектированию границ карты. Разработана модель нейронной сети. Экспериментально исследовано влияние изменения параметров нейронной сети на ее работу (обучение, распознавание).

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе рассмотренных методов и инструментов разработан программный продукт для распознавания идентификационных данных банковских карт, который может использоваться как программная библиотека для других систем.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты работы по теме диссертации были представлены на LXI Студенческой международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия» (г. Новосибирск, Российская Федерация, 2018 г.), международной научно-технической конференции «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях» (г. Воронеж, Российская Федерация, 2017 г.), VII международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения».

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в двух опубликованных работах общим объемом 1,5 п.л. (авторский объем 1,5 п.л.).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 101 страница. Работа содержит 1 таблицу, 30 рисунков. Библиографический список включает 50 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** описано текущее состояние проблемы, а также обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** содержится общий обзор существующих приложений, а также приводится краткий сравнительный анализ данных приложений (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ существующих приложений

Название системы	Адаптирована для распознавания банковских карт	Является бесплатной	Платформы
Card.io	Да	Да	Android\iOS
Smart CardReader	Да	Нет	iOS, Android, Windows, Linux
Online OCR	Нет	Да	Все
ABBYY FineReader	Нет	Нет	Windows
OCRFeeder	Нет	Нет	Linux

В контексте распознавания идентификационных данных банковских карт наибольший интерес представляют приложения *Smart CardReader* и *Card.io*, так как остальные приложения в большей степени ориентированы на распознавание именно текста по изображениям документов и не адаптирова-

ны для распознавания данных, нанесенных на банковскую карту.

Smart CardReader имеет очень высокую точность распознавания, проста в использовании и не требует соединения с интернетом. Однако представители данного приложения не предоставляют программного интерфейса для разработчиков, также, программа является платной.

К основным недостаткам *Card.io* можно отнести длительное распознавание номера карты в некоторых случаях (от 15 секунд до 2 мин), а также некорректное распознавания цифр 7 и 8.

В первой главе приводятся постановка задачи и способ ее решения.

Формируется алгоритм разрабатываемой программы:

- преобразование фото в градацию серого;
- детектирование границ банковской карты с целью получения ортогональной проекции;
- нахождение расположения номера карты и срока действия;
- сегментация номера карты и срока действия на пиксельные изображения;
- детектирование информации (цифр) по пиксельным изображениям.

Главная сложность задачи оптического распознавания заключается в том, что, в отличие от обычного текста, эмбоссированные цифры не контрастируют с фоном. Кроме того, на многие карты нанесены рисунки, пересекающие и зашумляющие текст.

Для глаза и мозга человека эти особенности не являются проблемой, но для цифрового оптического распознавания это является серьезной задачей.

Положительные моменты: небольшой диапазон символов – от 0 до 9; на всех картах используется один и тот же шрифт, где все цифры отличаются между собой, т. е. семерка не похожа на единицу и т.д.

Во второй главе описываются основные методы, способы и инструменты, программные библиотеки, которые могут применяться в процессе разработки системы оптического распознавания идентификационных данных платежных карт и исследование проблемы.

Для детектирования границ банковской карты используется оператор Собеля с производными яркости, которые соответствуют вертикальным и горизонтальным границам банковской карты. Тем самым мы выделяем в соответствующих областях только горизонтальные или вертикальные границы. Помимо оператора Собеля, используется алгоритм преобразования Хафа для обнаружения прямых и кривых линий на полутоновых или цветных изображениях. После получения координат линий границ карты, представляется возможным найти их точки пересечения, по которым можно построить ортогональную проекцию карты. Программные реализации данных методов представлены в библиотеке *Java OpenCV*.

Для оптического распознавания идентификационных данных банковской карты применяется искусственная нейронная сеть [1, 4].

Производится выбор языка программирования, на котором разработано программное приложение.

Основные требования к языку программирования:

- обеспечить кроссплатформенность приложения, возможность использования его на большинстве популярных платформ;
- возможность использования библиотек для работы с графикой;
- кроссплатформенность.

Хорошим вариантом с учетом этих требований является объектно-ориентированный язык программирования *Java*.

В третьей главе поэтапно описывается разработка системы оптического распознавания идентификационных данных банковских карт, также описывается разработка модуля определения границ банковской карты. На рисунке 1 представлено оригинальное изображение, а на рисунке 2 нижняя и верхняя границы карты после применения метода Хафа и оператора Собеля.



Рисунок 1 – Исходное изображение банковской карты

Исходя из найденных границ, построены уравнения их линий. Рассчитываются точки пересечения этих линий для получения ортогональной проекции банковской карты, которая представлена на рисунке 3 с целью последующей сегментации цифр номера карты на равные по размеру пиксельные изображения.

Далее рассматривается применение искусственной нейронной сети для распознавания предварительно сегментированных изображений цифр номера банковской карты [2].

Входными данными нейронной сети является вектор с размером $20 \times 30 = 600$ пикселей.

Фотоизображения цифр преобразуется в градацию серого цвета, исходя из того, что каждый цветной пиксель может принимать значение в диапазоне

от 0 до 16 777 216, что значительно усложняет распознавание цифр по пиксельным изображениям.



Рисунок 2 – Нижняя и верхняя границы карты после применения метода Хафа



Рисунок 3 – Ортогональная проекция банковской карты

Для фотоизображения в градации серого каждый пиксель представляется числом от 0 до 255 (1 байт), 0 соответствует черному цвету, а 255 – белому цвету. Таким образом, на вход нейронной сети мы будем подавать вектор, состоящий из 600 чисел, значение которых может принимать число от 0 до 255.

Количество выходов нейронной сети равно 10 (0 – 9). Значения на выходах имеет вероятностный характер, и варьируются от 0 до 1, показывая насколько тот или иной выход соответствует входному вектору значений.

Производится обучение разработанной нейронной сети. Цель обучения состоит в достижении баланса между способностью сети давать верный ответ

на входные данные, использовавшиеся в процессе обучения, и способностью выдавать правильные результаты в ответ на входные данные, схожие, но не идентичные тем, что были использованы при обучении. Существует большое количество методов обучения нейронных сетей, которые подробно рассмотрены в [5]. Для нашей задачи используется метод обратного распространения ошибки.

Схема конечной нейронной сети представлена на рисунке 4.

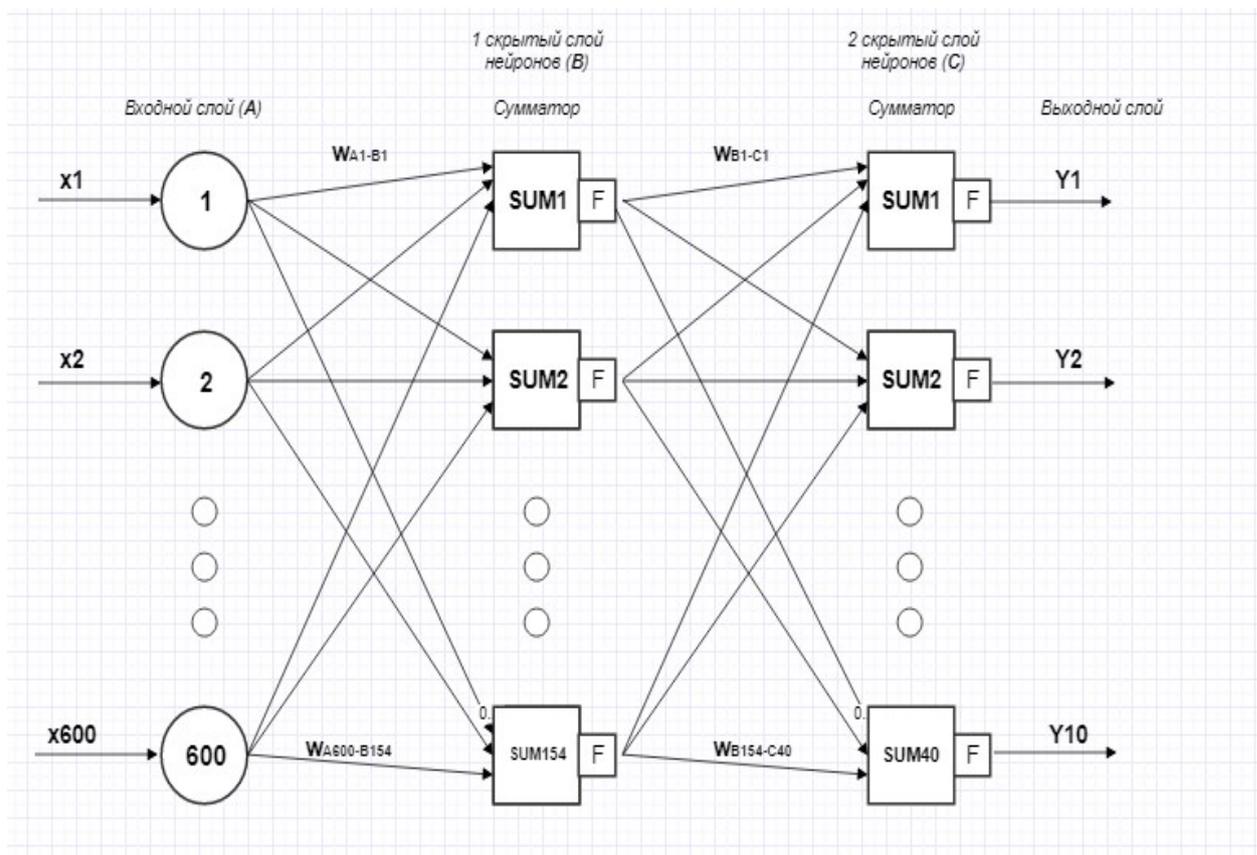


Рисунок 4 – Модель нейронной сети для распознавания номера банковской карты

Формируется обучающая выборка для нейронной сети. Производится увеличение обучающей выборки с целью уменьшения влияния фона изображения цифры и освещения, а также для увеличения вероятности распознавания цифр по пиксельным изображениям. Производится обучение и тестирование разработанной нейронной сети.

Первые 72 элемента обучающей выборки представлены на рисунке 5.

Приводятся экспериментальные закономерности, позволившие наблюдать, каким образом влияет изменение параметров нейронной сети на ее скорость обучения и способность распознавать данные.



Рисунок 5 – Первые 72 элементов обучающей выборки

В приложениях приведен программный код с комментариями по каждому разработанному модулю, представлен акт внедрения в учебный процесс, справки, подтверждающие принятые к опубликованию работы, а также представлена презентация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы проведены исследования в области распознавания данных банковских карт по фотографии. Разработано программное приложение, которое на вход принимает фотографию банковской карты, и, как результат, возвращает номер карты в цифровом виде. Программа является кроссплатформенной.

Произведен обзор и анализ существующих решений в области распознавания данных по фотографии. Большинство существующих приложений ориентированы на распознавание текста с фотографий каких-либо документов, кроме того, некоторые из них представлены только на какой-то конкретной платформе (к примеру, только *Linux*) или требуют подключения к интернету.

Сформированы задачи и цели, которые необходимо достичь в ходе данной работы. Описаны основные методы, способы реализации. В качестве детектирования границ карты был выбран оператор Собеля с последующим применением метода Хафа. Для распознавания самих цифр номера банковской карты разработана нейронная сеть прямого распространения с двумя скрытыми слоями. Произведен подбор параметров нейронной сети, а также

описано влияние изменения параметров сети на распознавание данных и скорость обучения. Сформирована обучающая выборка для нейронной сети. Реализована возможность «дообучения» разработанной нейронной сети в процессе работы приложения.

Произведен выбор инструментов, с помощью которых производилась реализация приложения: язык программирования Java, программные библиотеки *Java OpenCV*, *Java Encog* и *Spring Framework*.

В последней главе представлены основные выводы и результаты работы, а также проблемы, которые возникли при тестировании распознавания данных.

Последующее развитие работы – это дополнение выборки, которая использовалась при обучении нейронной сети. Также, формирование способов уменьшения влияния фона изображений цифр номера карты на распознавание цифр.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Петкун, А.В. Применение искусственных нейронных сетей при оптическом распознавании идентификационных данных банковских карт / А.В. Петкун, Е.В. Романов // Международная конференция «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях» (Воронеж, Россия) ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», Воронеж. 2017. – С. 17 – 23.

2. Романов, Е.В. Идентификация личности с использованием признаков Хаара для распознавания лиц методом Виолы-Джонса / Е.В. Романов, А.В. Петкун // Международная конференция «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях» (Воронеж, Россия) ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», Воронеж. 2017. – С. 12 – 17.

3. Петкун, А.В. Нейронная сеть как средство для распознавания пиксельных изображений цифр банковских карт / А.В. Петкун, Е.В. Романов, А.В. Фисунов, А.О. Рак // LXI международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки». Сборник статей №1 (Новосибирск, Россия, 15 января 2018 г.), Изд. «СибАК» – 2018. – принято к опубликованию в печать.

4. Романов, Е.В. Использование сверточных нейронных сетей для обработки изображений / Е.В. Романов, А.В. Петкун, А.В. Фисунов // LXI международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки». Сборник статей №1 (Новосибирск, Россия, 15 января 2018 г.), Изд. «СибАК» – 2018. – принято к опубликованию в печать.

5. Петкун, А.В. Методы обучения искусственных нейронных сетей / А.В. Петкун, Е.В. Романов, А.В. Фисунов // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по материалам VII Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения». – № 1(6). – М.,

Изд. «Интернаука», 2018. – принято к опубликованию в печать.

6. Фисунов, А.В. Алгоритм поиска простых чисел решето Эратосфена / А.В. Фисунов, А.В. Петкун, Е.В. Романов // Международный электронный научный журнал Общества Науки и Творчества «Научное знание современности» (ISSN 2541-7827). – принято к опубликованию в печать.

РЭЗІЮМЭ

Петкун Антон Віктаравіч

Ключавыя словы: нейроная сетка, банкаўская картка, аптычнае распазнаванне.

Мэта работы: распрацоўка сістэмы аптычнага распазнавання ідэнтыфікацыйных дадзеных банкаўскіх карт.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана сістэма аптычнага распазнавання межаў і нумара банкаўскай карткі па фатаграфіі. Для знаходжання межаў банкаўскай карты выкарыстоўваецца аператар Собеля па восі X ў вобласці гарызантальных межаў і па восі Y ў вобласці вертыкальных межаў з ужываннем фільтра.

Пасля знаходжання артаганальнай праекцыі банкаўскай карткі праведзена сегментацыя нумара карты на піксельныя малюнкі памерам 20x30 пікселей. Прыменена штучная нейроная сетка прамога распаўсюджвання з настаўнікамі. Для нейронавай сеткі сфарміравана навучальная выбарка з колькасцю элементаў ~ 714. Зроблена павелічэнне навучальнай выбаркі з мэтай памяншэння ўплыву фону малюнка лічбы і асвятлення, а таксама для павелічэння верагоднасці распазнавання лічбаў па піксельных малюнках. Выніковая навучальная выбарка складае ~ 10 000.

Пабудавана нейроная сетка з двума схаванымі пластамі, а таксама палічана для гэтай нейронай сеткі колькасць вузлоў у схаваных пластах. Пры даданні дадатковага схаванага пласта хуткасць навучання ўзрастае ў 3 разы. Аднак дадатковы пласт адмоўна ўплывае на распазнаванні дадзеных. Верагоднасць распазнавання на 0,03% горш пры выкарыстанні выбарцы, якая выкарыстоўванні навучальнай выбарцы, і на 2-3% пры выкарыстоўванні тэставай выбарцы.

Сярэдняя верагоднасць распазнавання залежыць ад кожнага элемента, а канкрэтна, ад фону малюнка, асвятлення, пры якім было зроблена фота банкаўскай карты, а таксама ад таго, наколькі скажонная сама лічба на малюнку. На нескажонных і незашумленых малюнках лічб верагоднасць складае каля 85-90 %. Праграма распазнае нумар банкаўскай карты менш за 4 секунды.

Ступень выкарыстання: вынікі выкарыстаны на кафедры ПКС ў навучальны працэс.

Вобласць ужывання: інфармацыйныя тэхналогіі

РЕЗЮМЕ

Петкун Антон Викторович

Ключевые слова: нейронная сеть, банковская карта, оптическое распознавание.

Цель работы: разработка системы оптического распознавания идентификационных данных банковских карт.

Полученные результаты и их новизна: разработана система оптического распознавания границ и номера банковской карты по фотографии. Для нахождения границ банковской карты применялся оператор Собеля по оси X в области горизонтальных границ и по оси Y в области вертикальных границ с применением фильтра.

После нахождения ортогональной проекции банковской карты проведена сегментация номера карты на пиксельные изображения размером 20x30 пикселей. Применена искусственная нейронная сеть прямого распространения с учителем. Для нейронной сети сформирована обучающая выборка с количеством элементов ~714. Произведено увеличение обучающей выборки с целью уменьшения влияния фона изображения цифры и освещения, а также для увеличения вероятности распознавания цифр по пиксельным изображениям. Итоговая обучающая выборка составляет ~ 10 000.

Построена нейронная сеть с двумя скрытыми слоями, а также рассчитано для этой нейронной сети количество узлов в скрытых слоях. При добавлении дополнительного скрытого слоя скорость обучения возрастает в 3 раза. Однако дополнительный скрытый слой отрицательно сказывается на распознавании данных. Вероятность распознавания на 0,03 % хуже при использовании обучающей выборки, и на 2-3 % хуже при использовании тестирующей выборки.

Средняя вероятность распознавания зависит от каждого элемента, а конкретно, от фона изображения, освещения, при котором было сделано фото банковской карты, а также от того, насколько искажена сама цифра на изображении. На неискаженных и незашумленных изображениях цифр вероятность распознавания составляет около 85-90 %. Время выполнения программы при распознавании номера платежной карты меньше 4 секунд.

Степень использования: результаты внедрены на кафедре ПИКС в учебный процесс.

Область применения: информационные технологии

SUMMARY

Petkun Anton Viktorovich

Key words: neural network, credit card, optical recognizing.

The object of study: development of the system of optical recognition of identification data of bank cards.

The results and novelty: the system for border recognizing and band card numbers from the photo was developed. Sobel's operator was applied to detect the borders of the bank card along the X axis in the horizontal borders and along the Y axis in the vertical borders area with the use of a filter.

The card number to pixel images of 20x30 size was segmented after getting orthogonal projection of a bank card.

An artificial neural network of direct propagation with the teacher was applied. A learning sample with a number of elements of ~ 714 was formed for the neural network.

For each element of the training sample was applied filter to increase the training sample, to reduce the effect of the background image and the effect of lighting. The final training sample is $\sim 10,000$.

A neural network with two layers of layers was developed, and the number of nodes in the hidden layers was calculated for this neural network. Adding an additional hidden layer has positively affected the learning speed of the network, and negatively on the recognition of data. At 0,03% worse when using the sample that was used in training, and 2-3% worse on the test sample.

The average probability of recognition depends on each element, specifically, on the background of the image, the lighting at which the bank card photo was taken and distortion of a picture of a digit. The probability of recognition is nearly 85-90% with using undistorted and noiseless images. The execution time of the program is less than 4 seconds.

Degree of use: the results were used at the Department of PICS in the education process.

Sphere of application: information technology.