

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

УДК 004.932

Кузнецова Ольга Владимировна

Выделение объектов на цифровых изображениях

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка
информации (по отраслям)»

Научный руководитель Навроцкий Анатолий
Александрович кандидат физико-
математических наук, доцент

Минск 2017

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Современные методы медицинской диагностики и биомедицинских исследований в значительной степени основываются на анализе изображений, получаемых с помощью технических средств (световых и электронных микроскопов, рентгено- и термографических аппаратов, томографов и др.). Вместе с тем, решение диагностических и научных задач при работе с визуальной информацией требует знания специфических методов формирования, регистрации, цифровой обработки и анализа изображений. В особой мере это проявляется при использовании новых типов информационных систем, решающих проблемы извлечения скрытой диагностической информации (компьютерных томографов, лазерных конфокальных микроскопов, ультразвуковых диагностических приборов и др.).

Использование в медицинской диагностике методов распознавания и создание на их основе автоматизированных систем коренным образом изменяет эффективность диагностики с точки зрения широты и глубины охвата медицинских симптомов, ее оперативности, полноты и достоверности.

Одним из наиболее удобных инструментов для решения подобных задач являются искусственные нейронные сети – мощный и одновременно гибкий метод имитации процессов и явлений. Современные искусственные нейронные сети представляют собой программно-аппаратные средства создания специализированных моделей и устройств и позволяют решать широкий круг задач диагностики на основе применения алгоритмов теории распознавания образов. Отличительное свойство нейронных сетей состоит в их способности обучаться на основе экспериментальных данных предметной области.

Применительно к медицинской тематике экспериментальные данные представляются в виде множества исходных признаков или параметров объекта и поставленного на основе них диагноза.

Обучение нейронной сети представляет собой интерактивный процесс, в ходе которого нейронная сеть находит скрытые нелинейные зависимости между исходными параметрами и конечным диагнозом, а также оптимальную комбинацию весовых коэффициентов нейронов, соединяющих соседние слои, при которой погрешность определения класса образа стремится к минимуму.

К достоинствам нейронных сетей следует отнести их относительную простоту, нелинейность, работу с нечеткой информацией, не критичность к исходным данным, способность обучаться на материале конкретных примеров.

В процессе обучения на вход нейронной сети подается последовательность исходных параметров наряду с диагнозами, которые эти параметры характеризуют.

Нейросетевые технологии призваны решать трудноформализуемые задачи, к которым, в частности, сводятся многие проблемы медицины.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена тем, что выделение и распознавание объектов на изображениях – очень важная задача как робототехники и компьютерного зрения, так и прикладных программ.

Практическая **актуальность** диссертационного исследования обусловлена сложностью постановки диагноза «стеноз голосового отдела гортани». При постановке такого диагноза пациенту необходимо провести измерение площади просвета гортани. Для этого решается задача выделения границ объекта на фотоизображении, полученном средствами оптической эндоскопии. Наличие шумов и искажений затрудняет выделение объекта и его границ, поэтому необходимо использование специальных алгоритмов выделения контуров и сегментирования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационного исследования являлось изучение методов выделения объектов на цифровых изображениях. Для достижения данной цели ставятся следующие **задачи**:

- выявить проблемы обработки изображения и выделения объектов на цифровых изображениях;
- провести теоретический обзор методов выделения объектов на цифровых изображениях;
- выполнить проектирование модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека;
- произвести программную реализацию модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.

Научная новизна

Одним из наиболее удобных инструментов для решения подобных задач являются искусственные нейронные сети. Отличительное свойство нейронных сетей состоит в их способности обучаться на основе экспериментальных данных предметной области. Частным вопросом является возможность использования нейронных сетей для выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.

Положения, выносимые на защиту

1. Описание выявленных проблем обработки изображения и выделения объектов на цифровых изображениях.
2. Краткий теоретический обзор методов выделения объектов на цифровых изображениях.
3. Основные этапы проектирование модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.
4. Результаты работы программной реализации модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.

Личный вклад магистранта

Разработан метод для выделения объектов на фотоизображениях гортани человека, полученных методом оптической эндоскопии.

Разработан программный модуль выделения объектов на фотоизображениях гортани человека, в котором реализован указанный выше метод.

Опубликование результатов диссертации

Основные результаты работы в виде доклада были опубликованы на 53-ей научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Структура и объем диссертации

Общий объем магистерской ситуации составляет 77 страниц, включая 20 иллюстраций, библиографический список из 51 наименования, одно приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *введении* обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулирована цель работы, описана практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения.

В *первой главе* было приведено обоснование выбора нейронных сетей для решения поставленной задачи выделения объектов на цифровом изображении, приведены основные положения теории нейронных сетей, рассмотрены основные топологии НС, приведено обоснование выбора топологии и модели НС для дальнейшего проектирования и реализации, определены проблемы выделения объектов на изображения, выявлена специфика обработки медицинских изображений, детально описаны признаки объектов, вычисляемые на цифровых изображениях, проведен теоретический обзор методов выделения объектов по признакам на цифровых изображениях.

При создании современных информационных систем все активнее осуществляется их интеллектуализация, которая заключается в реализации огромных возможностей разумного поведения живых организмов и человеческого мышления с помощью различных медицинских технологий.

Одним из важнейших подходов к интеллектуализации информационных систем является автоматизация процесса распознавания образов.

Теория распознавания образов – это раздел кибернетики, развивающий теоретические основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций и т.п. объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Искусственная нейронная сеть, используемая для распознавания образов, является математической моделью параллельных вычислений, включающей в себя взаимодействующие между собой простые процессорные элементы.

На практике, для того, чтобы применение нейронной сети было оправдано, необходимо, чтобы задача обладала следующими признаками:

- отсутствует алгоритм или не известны принципы решения задач, но накоплено достаточное число примеров;
- проблема характеризуется большими объемами входной информации; данные неполны или избыточны, зашумлены, частично противоречивы.

Каждая система распознавания приспособлена для распознавания только данного вида объектов или явлений (так, система, предназначенная для диагностики заболеваний, не может диагностировать отказы аппаратуры, а система, предназначенная для чтения букв русского алфавита, не может читать китайские иероглифы или ноты).

Однако использование нейронных сетей для задач медицинской диагностики связано также с рядом серьезных трудностей. К ним следует отнести необходимость относительно большого объема выборки для настройки сети, ориентированность математического аппарата на количественные переменные.

Идеальный метод диагностики должен иметь стопроцентные чувствительность и специфичность:

- во-первых, не пропускать ни одного действительно больного человека;

- во-вторых, не преписывать диагноз здоровым людям.

Чтобы предотвратить пропуск случая заболевания, можно обеспечить стопроцентную чувствительность метода. Но в таком случае для системы это оборачивается, как правило, низкой специфичностью метода - у многих людей система будет диагностировать заболевание, которым на самом деле пациент не страдает.

Нейросети представляют собой совокупность искусственных нейронов, определенным образом соединенных между собой и с внешней средой с помощью связей, определяемых весовыми коэффициентами. Множество параллельно работающих процессоров обеспечивают высокое быстродействие НС.

В целом вид выполняемого сетью преобразования обусловлен не только характеристиками составляющих ее нейронов, но и особенностями архитектуры сети, а именно топологией межнейронных связей, способами обучения этой сети, наличием или отсутствием конкуренции между нейронами, направлением и способом управления и синхронизации, способом передачи информации между нейронами.

Нейронным сетям на этапе обучения необходим «учитель», который заранее выполняет классификацию образов, входящих в обучающую выборку и организует ее ввод в компьютер. В качестве входных данных для программы будет выступать цифровое изображение. Так как форма искомой области заранее не известна, то обучение нейронной сети должно производиться «без учителя».

«Обучение без учителя» реализуется в конкурентных сетях. То есть в обучающей выборке для образов неизвестны правильные (желаемые) выходные реакции. Одним из типов сетей, рассчитанных на самообучение являются самоорганизующиеся карты Кохонена.

Сеть Кохонена обучается методом последовательных приближений. Начинается обучение со случайным образом выбранного выходного расположения центра искомой области.

В процессе обучения сети на вход подаются данные, но сеть при этом подстраивается не под эталонное значение выхода, а под закономерности во входных данных. Т.о. обучение сети Кохонена заключается не в минимизации ошибки выхода, как если бы имелся шаблон объекта, который требуется распознать, а в подстройке весов (внутренних параметров нейронной сети) для наибольшего совпадения с входными данными, что требуется в данной задаче.

Одной из актуальных задач в области распознавания образов является задача вычисления признаков объектов по их изображениям. Признаки объекта это его качественные и количественные характеристики. Исследуемый объект описывается на языке выбранных признаков на основе априорных данных. Отбор признаков тесно связан с решаемой задачей. Например, изображение одного и того же объекта может породить разные множества признаков, а одни и те же признаки могут описывать объекты разных классов.

В разных задачах один и тот же объект может описываться разными наборами признаков. При этом для уменьшения избыточности информации желательно минимизировать число признаков без существенного увеличения вероятности ошибки распознавания, исключить признаки, зависящие от других, обеспечить возможность использования относительно простых алгоритмов распознавания. Сама задача отбора признаков в общем виде не может быть формализована.

В некоторых случаях допускается некоторая избыточность признаков. Исходное множество признаков набирается эмпирическим путем, затем оно по возможности уменьшается посредством их анализа. Снижение размерности признакового пространства можно выполнить различными способами. При этом желательно отобрать такие признаки, которые наиболее инвариантны к изменениям визуального представления объекта и оптимальным образом описывают исследуемые объекты. Под инвариантностью понимается независимость от условий получения изображений и изменений исследуемых объектов, представленных на изображениях.

Изображение содержит объекты, характеризующиеся свойственными только им признаками. Необходимо вычислить признаки этих объектов. Набор признаков используется для описания модели объекта и его распознавания. Например, для распознавания геометрических фигур используются их формы. При распознавании лица человека используются наиболее подходящие признаки, т. е. такие, которые наилучшим, минимальным и неизбыточным способом определяют и характеризуют данный объект. Классификация признаков разных типов приведена на рисунке 1.1. Для многих прикладных систем распознавания важна скорость вычисления признаков.

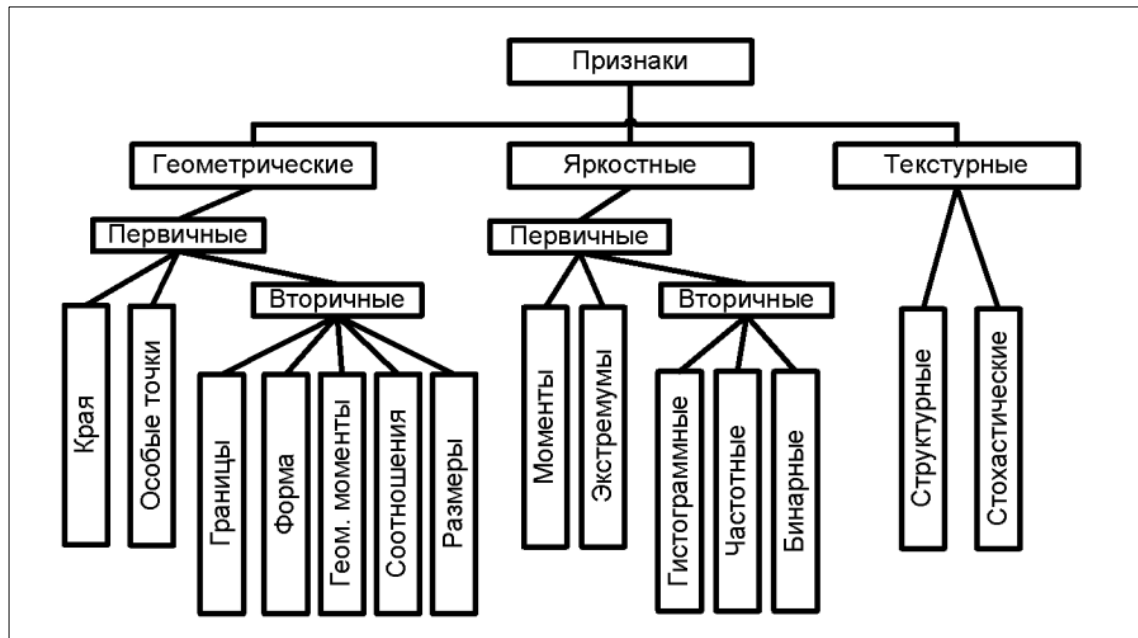


Рисунок 1.1 – Классификация признаков разных типов

Во *второй главе* были приведены этапы проектирования нейросетевой системы, основные этапы были рассмотрены подробно, была рассмотрена архитектура нейронной сети: ее топология и модель; приведены правила обучения и определения нейронов-победителей в сети, описано информационное обеспечение системы: входные и выходные данные; определена структура модуля выделения объекта на изображении и функциональное назначение каждого из выделенных подмодулей.

При разработке нейросетевой системы можно выделить следующие этапы.

- 1 Постановка задачи (выполняется также как и для традиционных экспертных систем).
- 2 Сбор данных из доступных источников.
- 3 Предварительная обработка данных, включающая фильтрацию, нормирование, масштабирование и т.п.
- 4 Отбор наиболее существенных переменных.
- 5 Разбиение данных на обучающую и тестовую выборки. Производится сбор набора примеров для обучения сети, каждый из которых представляет массив входных данных с соответствующими ему заранее известными ответами.

6 Разработка архитектуры нейронной сети. Данный этап не требует проведения статистических вычислений в том случае, если задача укладывается в стандартную схему (в большинстве случаев). Если задача нестандартная,

требуется адаптация структуры нейросети и методов вычисления функции ошибки при обучении.

7 Обучение нейросети. Создание интерфейса. Выполняется также как и для классических экспертных систем с учетом инструментальных программных средств для работы с нейронными сетями.

8 Оценка нейросети, отладка и тестирование. На данном этапе выполняется, в основном, отладка работы программы, т.к. тестирование чаще производится в процессе обучения сетей.

9 Доучивание. Этап, характерный только для обучающихся систем. При создании нейросетевых систем довольно редко возможно сразу собрать достаточное количество данных для хорошего обучения сети. Поэтому, создавая нейросистему, разработчик определяет наилучшие параметры сети и проводит начальное обучение. В последующей эксплуатации пользователь должен иметь возможность доучивать систему в условиях реальной работы и реальных данных, передавая ей (появляющийся новый) опыт.

Нейросети представляют собой совокупность искусственных нейронов, определенным образом соединенных между собой и с внешней средой с помощью связей, определяемых весовыми коэффициентами. Множество параллельно работающих процессоров обеспечивают высокое быстродействие НС.

В целом вид выполняемого сетью преобразования обусловлен не только характеристиками составляющих ее нейронов, но и особенностями архитектуры сети, а именно топологией межнейронных связей, способами обучения этой сети, наличием или отсутствием конкуренции между нейронами, направлением и способом управления и синхронизации, способом передачи информации между нейронами.

Для построения нейронной сети была выбрана топология – конкурентные сети.

Нейронным сетям на этапе обучения необходим «учитель», который заранее выполняет классификацию образов, входящих в обучающую выборку и организует ее ввод в компьютер. Но в естественной биологической системе трудно себе представить наличие учителя и сам процесс обучения. Тем не менее, человек (и не только) способен выполнять классификацию без учителя, что дает основания думать, что объективно существуют алгоритмы обучения без учителя. В конкурентных сетях реализуется «обучение без учителя». То есть в обучающей выборке для образов неизвестны правильные (желаемые) выходные реакции. Для реализации этого подхода необходимо решить две основные проблемы:

– разработать методы разбиения образов на классы без учителя – этап обучения;

– выработать правила отнесения текущего входного образа к некоторому классу – этап распознавания.

Моделью нейронной сети была выбрана самоорганизующаяся карта Кохонена.

Сети этого типа рассчитаны на самообучение. В процессе обучения на вход сети подаются различные образы обучающего множества. Сеть улавливает особенности их структуры и разделяет образы на кластеры. Уже обученная сеть относит каждый вновь поступивший входной образ к одному из кластеров, руководствуясь некоторым критерием близости.

Сеть и карта Кохонена имеют следующие недостатки:

– метод обучения по сути является эвристическим, поскольку формально не обосновано (не сведено к задаче оптимизации);

– конечные весовые вектора нейронов зависят от последовательности обработки входных образов;

– при различных начальных условиях могут получиться различные результаты;

– некоторые параметры алгоритма обучения, такие как скорость обучения, размер окрестности и вид функции коррекции весов необходимо изменять в процессе обучения и даже менять обучающие выборки. Поэтому часто применяют комбинированные сети, где пытаются объединить лучшие черты различных архитектур и методов обучения.

Входными данными является фотоизображение гортани человека, полученное средствами оптической эндоскопии.

Модуль выделения объектов на фотоизображениях гортани человека должен провести анализ биомедицинского изображения. Под «анализом биомедицинского изображения» понимаются процессы получения, обработки изображений и извлечения признаков из изображений, вплоть до распознавания отдельных объектов. Процесс автоматизированного анализа фотоизображения гортани человека включает следующие этапы:

– получение фотоизображения гортани человека с помощью средств оптической эндоскопии;

– предварительная обработка полученного изображения с целью коррекции неравномерности освещения, уменьшения шума, повышения контраста;

– сегментация (выделение) отдельных областей;

– количественное описание выделенных объектов.

В *третьей главе* была описана реализация программного модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека, приведено обоснование выбора средств реализации, приведены и описаны контрольные программные примеры обработки изображения, приведены результаты работы

программного продукта, проанализованы возможности дальнейшей разработки и улучшения его работы.

Для выделения объектов на фотоизображениях гортани человека необходимо разработать программу по выделению некоторой произвольной формы области на контрастном цифровом изображении и вычислении ее геометрических параметров.

Необходимо было провести проектирование искусственной нейронной сети для выделения объектов, программную реализацию и тестирование реализованного модуля.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач:

- изучение основных вопросов теории нейронных сетей;
- изучение имеющихся программных решений по вопросам исследования;
- разработка алгоритма программы, использующей нейронную сеть;
- анализ и выбор для разработки подходящей среды программирования;
- разработка программ в выбранной среде;
- тестирование разработанного программного продукта.

Программные системы (называемые нейроэмуляторами или нейроимитаторами) получили большее распространение. Нейроимитатор должен позволять управлять следующими основными этапами при реализации нейросетевого решения задачи:

- выбор архитектуры и топологии сети;
- ввод и формирование обучающей выборки;
- реализация необходимого алгоритма обучения НС;
- сохранение обученной НС в необходимом формате;
- формирование тестовых входных воздействий;
- удобный контроль функционирования сети.

Оценка нейропакетов производится по следующим показателям, которые отражают возможности использования различных архитектур и топологий нейронных сетей, критерии оптимизации и алгоритмов обучения, удобство эксплуатации и наглядность представления данных:

- простота проектирования и обучения НС;
- интуитивно понятный и наглядный интерфейс;
- наглядность и полнота представления информации в при проектировании, обучении и эксплуатации;
- количество реализуемых типовых архитектур НС, критериев и алгоритмов обучения;
- возможность проектирования собственных нейронных структур;
- возможность ввода собственных критериев оптимизации;

- возможность использования собственных алгоритмов обучения;
- открытость архитектуры – способность пакета к расширению путем включения собственных программных модулей;
- возможности интеграции пакета с другими приложениями операционной системы;
- возможность генерации исходного кода;
- наличие макроязыка для ускорения работы с пакетом.

В случае реализованного программного модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека дополнительными возможностями могут быть:

- реализация интуитивно понятного и наглядного интерфейса для конечного пользователя;
- реализация возможности подстройки нейронной сети;
- реализация алгоритма выделения и постановки диагноза без участия медицинского персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Целью диссертационного исследования являлось изучение методов выделения объектов на цифровых изображениях. Частным вопросом являлась возможность использования нейронных сетей для выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.

Стояли задачи выявить проблемы обработки изображения и выделения объектов на цифровых изображениях и провести теоретический обзор методов выделения объектов на цифровых изображениях, произвести проектирование и программную реализацию модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека. Основопологающей базой для решения данной задачи было построение искусственной нейронной сети.

2. Отличие методологии проектирования нейросетевых систем от традиционных состоит именно в том, что система никогда не создается сразу готовой, и никогда не является полностью законченной, продолжая накапливать опыт в процессе эксплуатации.

3. Была создана нейронная сеть, позволяющая определить границы гортани на эндоскопических снимках, имеющих шумы и искажения. Настроенная и обученная нейросеть может быть использована на реальных входных данных, предлагая пользователю правильное решение.

Реализованное приложение не является инструментом для конечного пользователя. В первую очередь оно создано для визуализации работы нейронной сети и её исследования, а также исследования методов распознавания и выделения объектов на изображениях.

В случае реализованного программного модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека дополнительными возможностями могут быть:

- реализация интуитивно понятного и наглядного интерфейса для конечного пользователя;
- реализация возможности подстройки нейронной сети;
- реализация алгоритма выделения и постановки диагноза без участия медицинского персонала.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Кузнецова, О.В. Выделение объектов на цифровых изображениях / О.В. Кузнецова, А.А. Навроцкий // 53-ья научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» – Минск, 2017 – С.76 – 76.

РЕЗЮМЕ

Кузнецова Ольга Владимировна

Методы выделения объектов на цифровых изображениях

Ключевые слова: обработка изображений, нейронная сеть, выделение объектов, границы объекта.

Объект исследования: методы выделения объектов на цифровых изображениях.

Цель работы: разработка метода выделения области гортани человека на фотоизображениях, полученных методом оптической эндоскопии.

Полученные результаты и их новизна:

- было приведено обоснование выбора нейронных сетей для решения поставленной задачи выделения объектов на цифровом изображении, приведены основные положения теории нейронных сетей, рассмотрены основные топологии НС, приведено обоснование выбора топологии и модели НС для дальнейшего проектирования и реализации, определены проблемы выделения объектов на изображениях, выявлена специфика обработки медицинских изображений, детально описаны признаки объектов, вычисляемые на цифровых изображениях, проведен теоретический обзор методов выделения объектов по признакам на цифровых изображениях;
- приведены этапы проектирования нейросетевой системы, основные этапы были рассмотрены подробно, была рассмотрена архитектура нейронной сети: ее топология и модель; приведены правила обучения и определения нейронов-победителей в сети, описано информационное обеспечение системы: входные и выходные данные; определена структура модуля выделения объекта на изображении и функциональное назначение каждого из выделенных подмодулей;
- была описана реализация программного модуля выделения объектов на фотоизображениях гортани человека, приведено обоснование выбора средств реализации, приведены и описаны контрольные программные примеры обработки изображения, приведены результаты работы программного продукта, проанализированы возможности дальнейшей разработки и улучшения его работы.

Область применения: полученные результаты могут быть использованы в медицинской диагностике.