

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

Декабрь 2022 г.

Пенза

УДК 004
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43
П781

П781 **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**
сборник статей XXII Международной научно-технической
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

Под редакцией *В.И. Горбаченко*, доктора технических наук,
профессора;
В.В. Дрождина, кандидата технических наук,
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный
университет, 2022
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS
IN EDUCATION, MANAGEMENT,
ECONOMICS AND TECHNICS**

December, 2022

Penza

вычисленных строк той же длины в количестве 2^m штук, но допускаются только неотрицательные коэффициенты с единичной суммой.

Библиографический список

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

Дубровина

Татьяна Владимировна

Владимирский государственный
университет,

г. Владимир, Россия

Dubrovina T. V.

Vladimir State University,

Vladimir, Russia

УДК 004

**МЕТОДЫ Понижения ЧИсла Ложных Срабатываний
(ОШИБОК ПЕРВОГО РОДА) В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ОБНАРУЖЕНИЯ МАТОВОГО СТЕКЛА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ЛЕГКИХ**

В.Д. Корепанов, В.П. Кулагин, М.С. Заботнев

**METHODS FOR REDUCING THE NUMBER OF FALSE POSITIVES
(ERRORS OF THE FIRST KIND) IN THE PROBLEM
OF AUTOMATIC DETECTION OF GROUND GLASS IN LUNG
COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES**

V.D. Korepanov, V.P. Kulagin, M.S. Zabolnev

Аннотация. Статья посвящена исследованию методов понижения числа ложных срабатываний в системах автоматического обнаружения слабо формализованных объектов на плоскости (таких, например, как матовое стекло на изображениях КТ легких).

Ключевые слова: компьютерная томография, органы дыхательной системы, легкие, грудная клетка, COVID-19, матовое стекло, разметка изображений, программное обеспечение

Abstract. The article is devoted to the study of methods for reducing the number of false positives in automatic detection systems for poorly formalized objects (such as, for example, ground glass on CT images of the lungs).

Key words: computed tomography, respiratory system, lungs, chest, ground-glass, image labeling, software.

Введение

В настоящее время актуальными являются задачи автоматической разметки медицинских изображений, в частности изображений компьютерной томографии (КТ) легких. Рассматриваются вопросы построения алгоритмов автоматического обнаружения матового стекла (поражений, вызванных заболеванием COVID-19), а также методы понижения числа ложных срабатываний (ошибок первого рода) таких алгоритмов.

Постановка проблемы

На сегодняшний день ведется ряд разработок по автоматическому обнаружению матового стекла на изображениях КТ легких. При этом точность таких разработок часто оценивают, исходя из числа ложных срабатываний (ошибок первого рода) и пропусков цели (ошибок второго рода). При этом, в зависимости от поставленной задачи, оказывается важнее минимизировать ошибки первого, либо второго рода. Данная статья посвящена работе по разработке рекомендательной системы, обнаруживающей типичного (наиболее часто встречающегося) вида матовое стекло в автоматическом режиме, тем самым облегчающей ручную разметку. Очевидно, что в данном случае более важной задачей является скорее минимизация числа ложных срабатываний, чем пропусков цели.

Изображения КТ легких, в силу различных настроек томографов и их типов, имеют различный уровень яркости и контрастности. Поэтому перед началом работы с ними производится предобработка данных, а именно - их нормализация. Под нормализацией понимается приведение каждого изображения к некоторому стандартному виду. Чтобы это сделать, предлагается использовать некоторое эталонное изображение. В качестве эталонного рекомендуется выбрать такое изображение, на котором четко видны все детали легких, причем на нем обязательно присутствует хотя бы одно матовое стекло. Затем производится так называемая эквализация гистограмм входного и эталонного изображений. Гистограммой изображения с уровнем яркости в диапазоне $[0; L]$, где $L \in \mathbb{N}$, называется дискретная функция $h(r_k) = n_k$, где r_k есть k -й уровень яркости, а n_k число пикселей на изображении, имеющих яркость r_k . Эквализация заключается в преобразовании яркости каждого пикселя изображения с уровнем яркости r_k в пиксель с уровнем яркости s_k по следующей формуле[1]:

$$s_k = \frac{L}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, \quad (1)$$

где MN есть общее число пикселей на изображении.

По формуле (1), для входного изображения, может быть построена таблица, сопоставляющая каждый уровень яркости r_k уровню яркости s_{k0} .

Аналогично, для эталонного изображения каждому уровню яркости r_k может быть сопоставлен уровень яркости s_{k1} . Тогда для входного изображения уровень яркости r_k заменяется тем уровнем яркости s_k , для которого значение выражения $|s_{k0} - s_{k1}|$ минимально. Алгоритм вычисления s_k проиллюстрирован в таблице ниже.

Алгоритм вычисления s_k

r_k	s_{k0}	s_{k1}	s_k
0	s_0^0	s_1^0	$i: \min_{i=0..L} s_0^0 - s_1^i $
1	s_0^1	s_1^1	$i: \min_{i=0..L} s_0^1 - s_1^i $
...
L	s_0^L	s_1^L	$i: \min_{i=0..L} s_0^L - s_1^i $

Также в результате предобработки изображения используются методы локального улучшения, позволяющие сгладить величину разброса значений яркости светлых локальных областей (потенциально эти области могут являться матовым стеклом) и оставить темные области, по возможности, неизменными. Это достигается в результате анализа глобальных (относящихся ко всем пикселям изображения), а также локальных (относящихся к данной окрестности) математического ожидания и дисперсии значений яркости (здесь полагается, что значение яркости каждого пикселя есть величина случайная).

Сначала мы вычисляем глобальное математическое ожидание изображения по формуле ниже

$$M = \sum_{i=0}^L r_i p(r_i), \quad (2)$$

где r_i – уровень яркости с номером i , $p(r_i)$ – оценка вероятности того, что уровень яркости r_i появится на изображении

Аналогично рассчитывается локальное математическое ожидание m , для некоторой области (подмножества изображения) с заданным размером, с центром в точке (x, y) . Пиксель с координатами (x, y) обрабатывается в том случае, если для него выполняется следующее соотношение (данное соотношение позволяет выбрать те пиксели, которые являются достаточно светлыми).

$$m \geq a_0 * M, \quad (3)$$

где a_0 – некоторый коэффициент, $a_0 \in \mathbb{R}, a_0 > 1$.

Коэффициент a_0 определяется эмпирически и зависит от характера изображения, выбранного в качестве эталонного.

Матовое стекло обычно имеет невысокое значение контраста, поэтому мы обрабатываем все пиксели, обладающие данным свойством. Чтобы обнаружить такие пиксели, анализируем дисперсию.

Из основ статистики понятно, что глобальное значение дисперсии может быть вычислено по следующей формуле:

$$D = \sum_0^L (r_i - M)^2 p(r_i). \quad (4)$$

Аналогично рассчитывается локальная дисперсия d для области с центром в точке (x, y) . Пиксель с координатами (x, y) обрабатывается в том случае, если для него выполняется следующее соотношение (данное соотношение позволяет выбрать те пиксели, которые являются частью областей с низким контрастом).

$$d \leq a_1 * D, \quad (5)$$

где a_1 – некоторый коэффициент, $a_1 \in \mathbb{R}, a_1 \in (0, 1)$.

Коэффициент a_1 определяется эмпирически и зависит от характера изображения, выбранного в качестве эталонного.

Последнее условие – нижний уровень контраста для обрабатываемых пикселей. Его необходимо задать, чтобы не обрабатывались области, для которых контраст постоянен или почти постоянен. С этой целью мы можем потребовать выполнения следующего соотношения

$$a_2 D \leq d, \quad (6)$$

где a_2 – некоторый коэффициент, $a_2 \in \mathbb{R}, a_2 \in (0, 1), a_2 < a_1$.

Если пиксель, расположенный в точке (x, y) , удовлетворяет всем вышеперечисленным условиям, то значение его яркости меняется значением локального математического ожидания его области.

Далее, с использованием алгоритма [2] и некоторой модификации алгоритмов [3] находятся контуры легких, внутри которых обнаруживаются матовые стекла. Модификация состоит в анализе локальных математических ожиданий и дисперсий областей, а также в применении медианного фильтра к изображению с целью убрать незначительные мелкие детали (такие, как, например, сосуды), которые матовым стеклом обычно не являются. Данный фильтр заменяет значение пикселя значением медианы яркости всех пикселей данной области. Также данный фильтр применяется при обнаружении контуров легких, когда необходимо «стереть» в том числе и матовое стекло (в данном случае берется больший размер области по сравнению с тем размером, когда необходимо стереть прочие мелкие детали).

На рисунке ниже показан пример эталонного, входного и нормированного изображений компьютерной томографии легких.

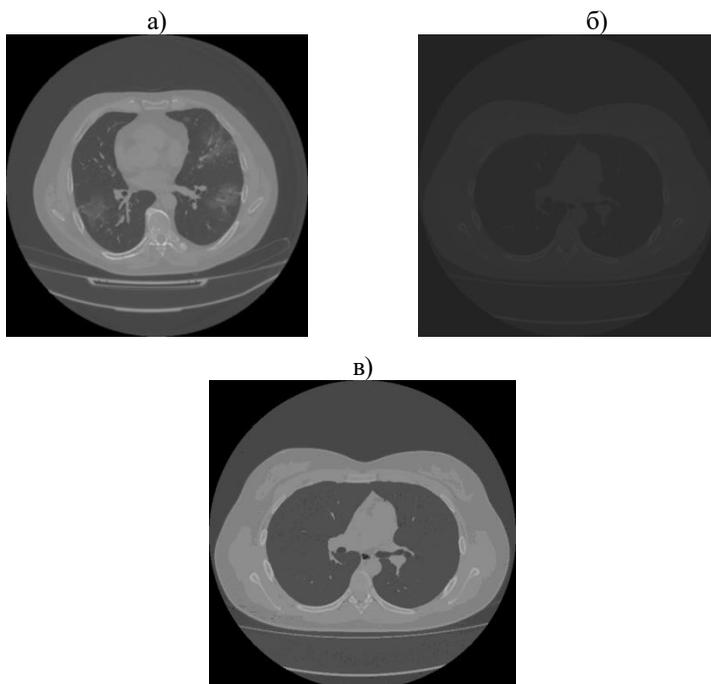


Рис. 1. Пример а) эталонного б) входного и в) нормированного изображений КТ легких

С использованием вышеуказанных методов процент числа ложных срабатываний на тестовой выборке составил 22%.

Заключение

В заключение следует отметить, что рассмотренные методы эффективны в минимизации числа ошибок первого рода. Была проведена оценка числа таких ошибок. Данные методы могут быть с успехом использованы для тех систем, где важнее число ложных срабатываний, чем число пропусков цели. Такими системами могут быть, например, рекомендательные системы, обнаруживающие матовое стекло на изображениях КТ легких человека.

Библиографический список

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ.; под ред. П.А. Чочиа. - М.: Техносфера, 2012. - 1104 с.
2. SatoshiSuzukiandothers. Topological structural analysis of digitized binary images by border following. ComputerVision, Graphics, andImageProcessing, 30(1):32–46, 1985.
3. Корепанов В.Д. Кулагин В.П. Автоматизация процесса анализа изображений компьютерной томографии // Информатизация образования и науки. - 2022. - № 2(54). - С. 142-153.

Корепанов В.Д.
Кулагин В.П.
Заботнев М.С.
МИРЭА – Российский
технологический университет,
г. Москва, Россия

Korepanov V.D.
Kulagin V.P.
Zabotnev M.S.
MIREA – Russian Technological
University,
Moscow, Russia

УДК 004.021

МЕТОД СИНТЕЗА СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР, ОСНОВАННЫЙ НА СВОЙСТВАХ ОГРАНИЧЕННО РАСТУЩЕЙ СТРОКИ

В. П. Кулагин, Н. Д. Муравьев

A METHOD FOR SYNTHESIZING NET MODELS OF COMPUTATIONAL STRUCTURES BASED ON THE PROPERTIES OF A RESTRICTED GROWTH STRING

V. P. Kulagin, N. D. Muraviev

Аннотация. В работе рассмотрены методы сокращения вычислительной сложности алгоритма синтеза вычислительных структур, выраженных сетями Петри. В основу метода синтеза положен тензорный анализ. Уменьшение сложности алгоритма основано на использовании свойств ограниченно растущей строки, которые положены в основу построения экспертных систем, ограничивающих число рассматриваемых вариантов программ синтеза. Это позволяет до начала процесса синтеза отсеять неудовлетворяющие наперед заданным требованиям программы, что может существенно сократить число рассматриваемых вариантов.