

УДК 004.932.2+004.932.72'1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕНТГЕНОГРАММ

Д.Е. Лабинская, Т.В. Мартыненко

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра автоматизированных систем управления
E-mail: ksddon@mail.ru, mart@mail8.dgtu.donetsk.ua

Аннотация

Лабинская Д.Е., Мартыненко Т.В. Исследование методов предобработки изображений рентгенограмм. Выполнен анализ методов предобработки изображений. Выбрана их оптимальная последовательность для улучшения качества выделения границ объектов. Произведено сравнение результатов оконтуривания с предобработкой изображений и без нее.

Общая постановка проблемы

Переломы различной степени тяжести были и остаются довольно частым явлением. Нередко, для восстановления перелома необходимо произвести оперативное вмешательство. Каждая операция должна быть всегда заранее спланирована таким образом, чтобы хирургическое лечение перелома было проведено в наименее травматичной манере для пациента.

Несмотря на широкое применение систем компьютерной медицинской диагностики, рентгенография остается основным методом диагностирования поражений костно-суставной системы. Применение методов цифровой обработки изображений позволит повысить качество изображений рентгенограмм, а также автоматизировать поиск основных визуальных характеристик переломов.

Зачастую при переломах наблюдается смещение осколков кости и для лечения предполагается произвести репозицию осколков – сопоставление фрагментов кости после перелома и их прочная фиксация при помощи различных фиксирующих конструкций: стержней, пластин, винтов, спиц и т.д. Для наиболее эффективного сращения осколков необходимо выбрать, с какой стороны крепить фиксаторы, чтобы обеспечить полную иммобилизацию фрагментов кости, а также предотвратить их возможное смещение в дальнейшем. Чтобы выполнить это, важно учитывать направление и силу тяги мышц, которые крепятся к осколкам.

Таким образом, возникает необходимость разработать систему поддержки принятия решений обработки рентгенограмм переломов, которая обеспечит нахождение направления смещения осколков кости при планировании операций. Для реализации этого нужно выполнить следующие этапы:

- выделить контуры объектов;
- определить их количество;
- определить локализацию каждого осколка;
- найти набор мышц, которые крепятся к осколкам;
- определить направление смещения каждого осколка.

Для выделения контуров выбран метод Канни, который дает хорошие результаты при обработке рентгенограмм. Следующий этап – определение количества объектов (осколков кости на изображении). Исходные изображения – оцифрованные рентгенограммы в формате jpeg в градациях серого [0...255] (рис.1). Следует отметить, что они могут иметь различные

средний уровень яркости и степень зашумленности. Поэтому до применения метода Канни необходимо использовать дополнительную предобработку изображений для удаления лишних деталей и помех, которые могут усложнить процесс поиска отдельных объектов на изображении (рис.2).

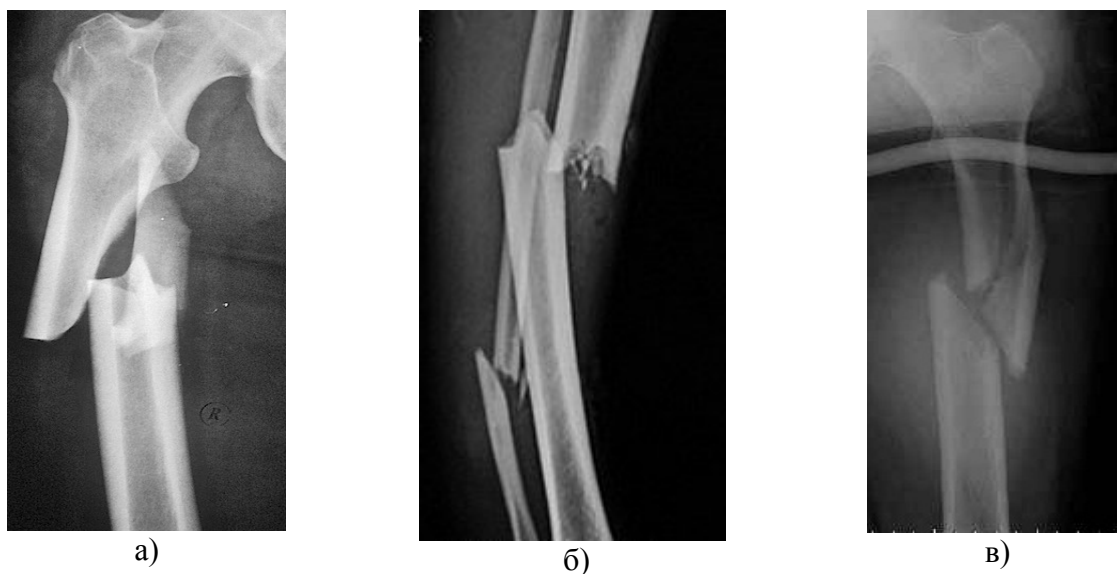


Рисунок 1 – Исходные изображения рентгенограмм переломов нижних конечностей

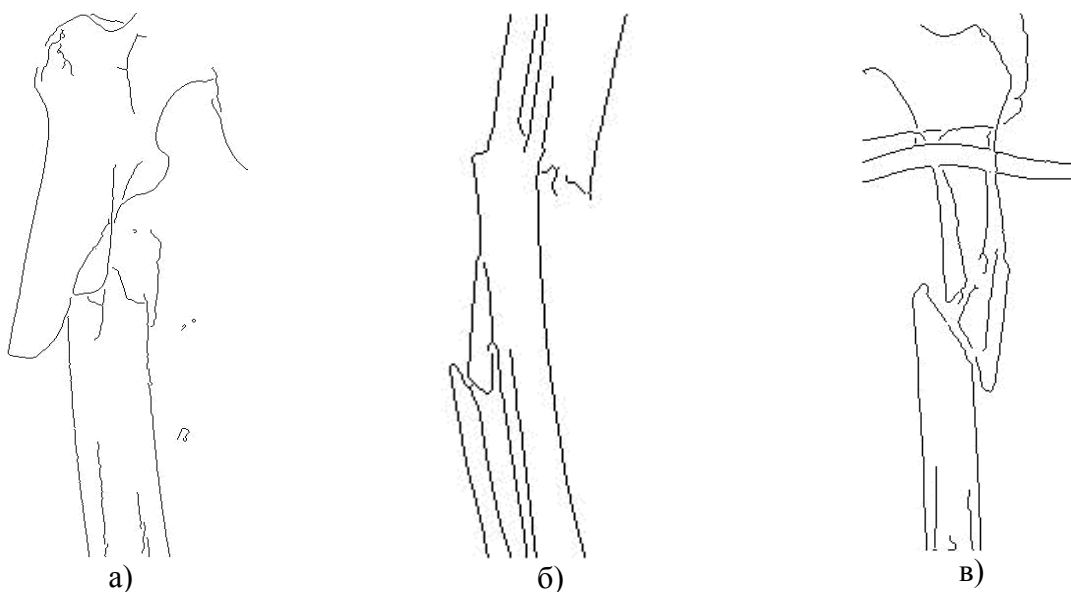


Рисунок 2 – Примеры применения метода Канни к рентгенографическим изображениям

Для решения поставленной задачи предлагается сначала применить алгоритм шумоподавления, а затем контрастирование.

Постановка задачи исследования

Задан набор цифровых полутоновых рентгенографических изображений $A_i, i \in \{1, \dots, N\}$. Для каждого A_i на базе экспертной оценки специалиста-травматолога сформировано бинарное изображение G_i (GT-образ), представляющее собой контуры объектов.

Необходимо определить методы предобработки изображений F , преобразующие исходные изображения A_i в бинарные изображения $O_i = F(A_i)$. При этом, различие между

изображением O_i , сформированными методом F , и G_i , предоставленными экспертом, должно быть минимальным, т.е. необходимо найти:

$$F = \arg \min_F \sum_{i=1}^N \Delta(F(A_i), G_i), \quad (1)$$

$$\Delta(F(A_i), G_i) = \Delta(O_i, G_i), \quad (2)$$

где Δ – мера отличия между двумя изображениями.

Решение задач и результаты исследований

Для решения поставленной задачи предлагается исследовать применение следующей последовательности методов предобработки: алгоритм шумоподавления; контрастирование.

В качестве шумоподавляющего фильтра выберем медианный фильтр, так как при оптимально выбранной апертуре он сохраняет без искажений резкие границы объектов, эффективно подавляя некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали. Это свойство позволяет применять медианную фильтрацию для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения выбросов и импульсных помех [1].

Медианный фильтр представляет собой оконный фильтр, последовательно скользящий по массиву сигнала, и возвращающий на каждом шаге один из элементов, попавших в окно (апертуру) фильтра. Выходной сигнал Y_k скользящего медианного фильтра шириной $2n+1$ для текущего отсчета k формируется из входного временного ряда $\dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots$ в соответствии с формулой:

$$Y_k = \text{med}(x_{k-n}, x_{k-n+1}, \dots, x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+n-1}, x_{k+n}), \quad (3)$$

где $\text{med}(x_1, \dots, x_m, \dots, x_{2n+1}) = x_{n+1}$, x_m – элементы вариационного ряда, т.е. ранжированные в порядке возрастания значений x_m : $x_m = \min(x_1, x_2, \dots, x_{2n+1}) \leq x_{(2)} \leq x_{(3)} \leq \dots \leq x_{2n+1} = \max(x_1, x_2, \dots, x_{2n+1})$.

Таким образом, медианная фильтрация осуществляет замену значений отсчетов в центре апертуры медианным значением исходных отсчетов внутри апертуры фильтра. Для фильтрации использовалась апертура 3×3 , поскольку апертуры большей размерности делают контур менее четким и являются довольно ресурсоемкими.

Далее, полученное в результате фильтрации рентгенографическое изображение, подвергается обработке методами контрастирования. Для начала с помощью нелинейного контрастирования (гамма-коррекция) необходимо увеличить яркость изображения [2].

$$g_i = c(f_i + f_0)^{\gamma}, \quad (4)$$

где g_i – новое значение яркости, f_i – текущее значение, c, f_0, γ – неотрицательные числа.

Коэффициент контрастирования предлагается выбирать таким образом, чтобы среднее значение яркости изображения увеличилось не менее, чем в 1,5 раза. Далее необходимо выполнить линейную растяжку гистограммы или линейное контрастирование, где каждое новое значение яркости рассчитывается по формуле:

$$g_i = a + b f_i, \quad (5)$$

где g_i – новое значение яркости, f_i – текущее значение, a и b – некоторые коэффициенты. При этом среднее значение яркости изображения снизится, но оно должно остаться выше, чем в исходном изображении. Полученные после обработки значения средних яркостей изображений представлены в табл.1. Примеры гистограмм яркостей для изображения рис.1 а) после указанных преобразований представлены на рис. 3.

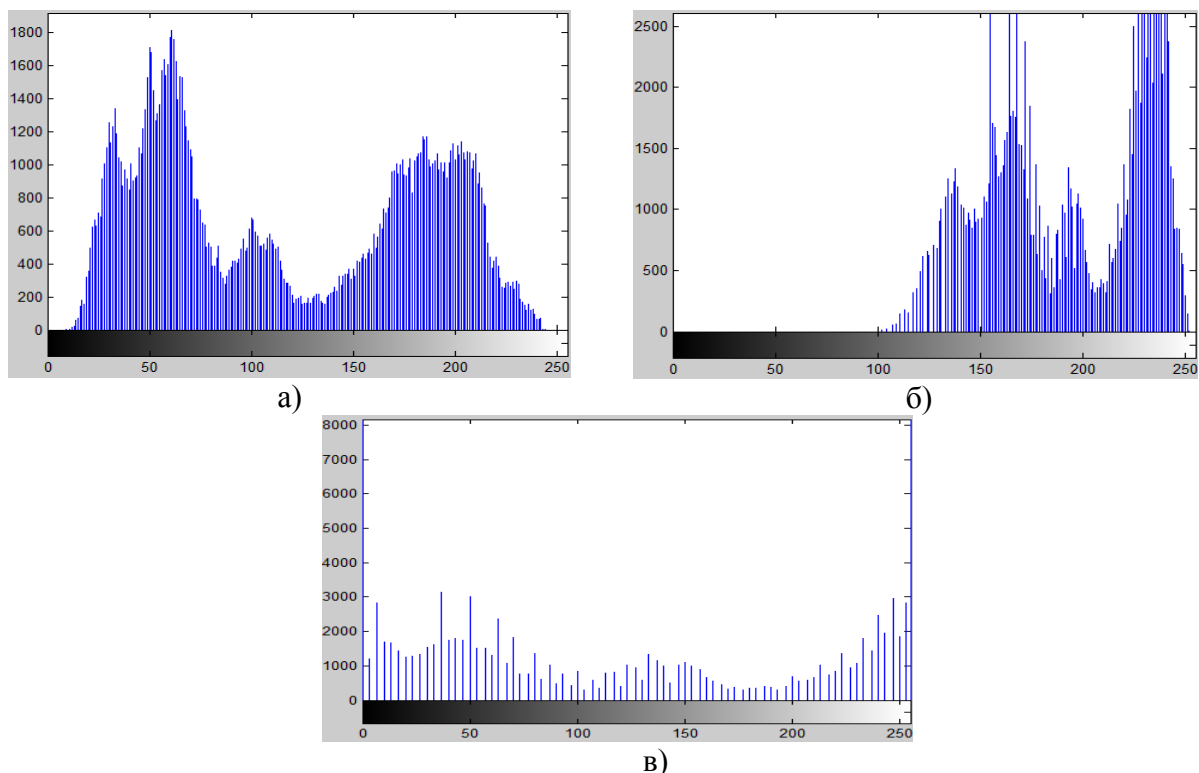


Рисунок 3 – Гистограммы яркостей: а) исходного изображения, б) после гамма-коррекции, в) после линейного контрастирования.

Таблица 1. Значения средних яркостей изображений

Параметр \ Рисунок	Значение средней яркости до преобразований	Значение средней яркости после гамма-коррекции	Значение средней яркости после линейного контрастирования
Рисунок 1	117	194	137
Рисунок 2	54	129	77
Рисунок 3	65	135	76

После выполненных операций снова применяем метод Канни (рис. 4).

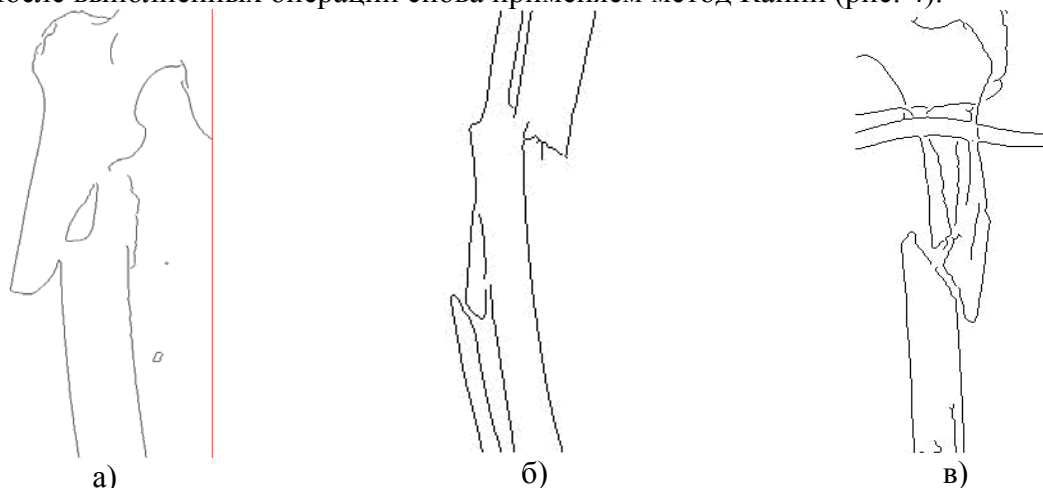


Рисунок 4 – Применение метода Канни к рентгенографическим изображениям после предобработки.

Для оценки качества выделения границ будем использовать следующие меры [3]:

1. Специфичность – отношение выделенных не граничных пикселей к общему числу не граничных пикселей GT-образа:

$$SP(O, G) = \frac{\#(\overline{G} \cap \overline{O})}{\#\overline{G}} \quad (6)$$

2. Чувствительность – отношение правильно выделенных граничных пикселей к общему числу граничных пикселей GT-образа:

$$SV(O, G) = \frac{\#(G \cap O)}{\#G} \quad (7)$$

Поскольку SP и SV являются количественными характеристиками правильности построения контура, то их значения должны стремиться к максимуму.

Таблица 2. Анализ качества выделения контуров объектов на изображениях рентгенограмм

Мера Рисунок	SP до предобработки	SV до предобработки	SP после предобработки	SV после предобработки
Рисунок1	0,9913	0,2158	0,9877	0,2649
Рисунок2	0,9880	0,4602	0,9867	0,5517
Рисунок3	0,9743	0,1301	0,9762	0,1477

Для улучшения оценки качества контура, предлагается использовать среднее арифметическое значений SV и SP :

$$\gamma(O, G) = \text{avg}(SP(O, G), SV(O, G)) \quad (8)$$

Это обусловлено тем, что при максимальных значениях данных мер, теоретически результат обработки должен быть наилучшим.

Таблица 3. Средние значения величин SV и SP

Мера Рисунок	$\gamma(O, G)$ до предобработки	$\gamma(O, G)$ после предобработки
Рисунок1	0,7241	0,7692
Рисунок2	0,6036	0,6263
Рисунок3	0,5522	0,5620

Анализ полученных результатов, показывает увеличение значений SV и SP после предобработки, что свидетельствует об улучшении качества контура.

Выводы

Проведен анализ методов предобработки изображений. Выбраны методы шумоподавления и контрастирования. Произведена оценка качества выделенных контуров с применением выбранных алгоритмов предобработки и без них. Результаты показали, что качество контуров улучшилось как визуально, так и аналитически.

Список литературы

1. Цифровая обработка изображений/ Интернет-ресурс. - Режим доступа : www/ URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-87395.html> - Загл. с экрана.
2. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB.– М.: Техносфера, 2006. – 616с.
3. Грибков И.В., Захаров А.В., Кольцов П.П. и др. Некоторые вопросы количественной оценки производительности детекторов границ // «Программные продукты и системы» №4, 2011.