

УДК 004.932.2+004.932.72'1

**Т.В. Мартыненко, Ю.С. Терешкин, Н.К. Андриевская**  
Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: yres22@gmail.com

## **ПРЕДОБРАБОТКА И ОКОНТУРИВАНИЕ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

**Мартыненко Т.В., Терешкин Ю.С., Андриевская Н.К.**  
Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: yres22@gmail.com

### ***Аннотация:***

***Мартыненко Т.В., Терешкин Ю.С., Андриевская Н.К. Предобработка и оконтуривание рентгенографических изображений верхних конечностей. Рассмотрена обработка и классификация рентгеновских изображений по видам переломов. Исследованы такие основные методы оконтуривания объектов изображений как: метод Канни, метод Собеля, бинаризация по порогу яркости с использованием метода четырёхсвязности. На основе анализа полученных результатов выбран метод для улучшения качества рентгенографического изображения и определения границ объектов.***

### **Общая постановка проблемы**

Переломы различного вида и степени тяжести были и остаются частым явлением в жизни человека. Для успешного восстановления перелома необходимо незамедлительное вмешательство врача. Дабы избежать негативных травматических факторов для пациента, при восстановлении поврежденной кости, необходимо повысить точность планирования врачебных действий.

Несмотря на технический прогресс в сфере компьютерной диагностики, рентгенография была и остается основным способом диагностирования опорно-двигательной системы человека. Применение методов компьютерной обработки рентгеновских изображений, позволяет улучшить качество снимков, автоматизировать определение основных характеристик и видов перелома.

В зависимости от формы и направления различают такие виды переломов, рисунок 1.

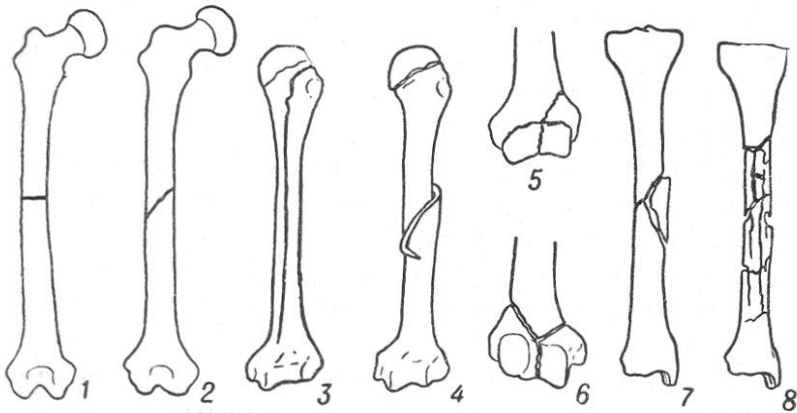


Рисунок -1 Схема переломов трубчатых костей: 1 — поперечный; 2 — косой; 3 — продольный; 4 — винтообразный; 5 — крестообразный; 6 — У-образный; 7 — клиновидный; 8 — оскольчатый.

1. Поперечные. Линия перелома условно перпендикулярна оси трубчатой кости.

2. Продольные. Линия перелома условно параллельна оси трубчатой кости.

3. Косые. Образуются при сгибании трубчатых костей. Линия перелома проходит под острым углом к оси трубчатой кости.

4. Винтообразные. Линия перелома идет по кости спирально .Происходит вращение костных отломков: костные отломки «повёрнуты» относительно своего нормального положения.

5. Оскольчатые. Кость в месте повреждения раздроблена на отдельные отломки.

6. Клиновидные. Одна кость вдавливается в другую, образуя клиновидную деформацию.

7. Вколоченные. Один из отломков внедряется в другой.

8.Отрывные. Возникают при внезапных сильных мышечных сокращениях при этом отрываются костные фрагменты, к



которым крепятся мышцы.

На рисунке 2 изображены примеры рентгенограмм костей человека.

Рисунок -.2 Пример рентгенограммы

Рассмотрев рентгенограмму можно сделать выводы о качестве изображения:

- изображение зашумлено;
- недостаточная контрастность и яркость;
- нечеткость границ объекта.

Таким образом, возникает необходимость спроектировать автоматизированную систему обработки рентгенографических изображений, которая обеспечит улучшение качества изображения и позволит определить вид перелома кости для дальнейших действий врача.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- улучшить качество изображения: контраст, изменение яркости;
- провести бинаризацию изображения;
- выполнить оконтуривание объекта;
- выделить объекты на изображении;
- рассчитать характеристики объектов;
- определить вид перелома кости

При проектировании системы используется набор цифровых полутоновых([0..255]) рентгенографических изображений. Размер изображения находится в пределах от 100x100 до 450x500 px.

Основная задача статьи - определение метода выделения объекта на рентгенографическом изображении и его реализация для дальнейшей задачи определения вида перелома.

### **Предобработка рентгенографического изображения**

До того как построить контур изображения, рентгенографическое изображение подвергается действиям по улучшению: балансируется яркость и контрастность, применяется фильтр уменьшающий шумы на изображении.

Яркость точки находится по формуле, коэффициенты которой определяются свойствами человеческого зрения:

$$Y = 0.3 * R + 0.59 * G + 0.11 * B$$

Изменение контрастности определяется по формуле:

$$\text{NewY} := K * (\text{OldY} - \text{AveY}) + \text{AveY}$$

NewY – новое значение одного из каналов, K – коэффициент контрастности (K=(0..1) – снижение, K<1 – повышение контрастности), OldY – текущее значение того же канала, AveY – среднее значение того же канала по изображению.

### **Определение контуров объекта на рентгенограмме**

Некоторые задачи обработки и анализа изображений предусматривают выделение контура бинарного изображения для его дальнейшего использования в задачах распознавания и классификации. Для выделения контура изображения будут рассматриваться несколько способов: бинаризация по порогу яркости с использованием четырехсвязности, метод Канни, метод Собеля.

1) Выделение контура изображения с помощью пороговой бинаризации с применением метода четырёхсвязности.

Используем предложенный признак связности для вышеуказанной задачи [1, 2]. Пусть входное изображение представлено матрицей  $B^0(M,N)$ , элементы  $b^0(m,n)$  которой принимают значения нуля (фон) или единицы (изображения).

1. Представим элементы бинарного изображения  $B^0(M,N)$  значениями собственных связностей с соседними элементами, то есть вместо единичного элемента изображения записывается значения его связности. Будем называть такую модель изображения  $Z(M,N)$  связностным изображением:

$$z(m, n) = \begin{cases} \delta^k(m, n), & \text{если } b^0(m, n) = 1 \\ 0 & \text{если } b^0(m, n) = 0 \end{cases}$$

2. Определяется стартовая точка на связностном изображении. Это может быть любая точка принадлежащая контуру. Она используется как первая ненулевая точка при последовательном просмотре изображения. Ей присваивается метка контура. То есть: если  $z(m,n) \neq 0$ , то  $z(m,n)$  – стартовая и соответственно формируется матрица контурного изображения  $B^1(M,N)$ :  $b^1(m,n)=1$ .

3. Анализируются значения точек, которые граничат со стартовой. Среди них выбирается соседняя минимальная по значению ненулевая точка.

$$z_{min} = \min\{z(m-1, n), z(m+1, n), z(m-1, n-1), z(m, n+1), z(m+1, n-1), z(m-1, n+1), z(m, n-1), z(m+1, n+1)\}$$

Ей также присваивается метка контура и осуществляется переход.

## 2) Метод Канни

Метод Канни является одним из лучших методов выделения контуров [3, 4]. Особенностью этого метода является использование морфологических операций. Алгоритм этого метода включает в себя следующие действия над изображением, из которого выделяются контуры:

- Сглаживание изображения посредством фильтрации, с использованием импульсной функции, описываемой гауссовым законом

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

где  $\sigma$  — параметр, определяющий степень сглаживающего действия импульсной функции на присутствующий в изображении шум. Чем больше  $\sigma$ , тем сильнее сглаживание.

- Нахождение градиента изменения яркости в изображении путем вычисления квадратного корня из суммы квадратов производных яркости изображения

$L_c(x, y)$  по координатам  $x$  и  $y$ .

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2},$$

где  $G_x = \frac{\partial L_c(x, y)}{\partial x}$ ,  $G_y = \frac{\partial L_c(x, y)}{\partial y}$ .

### 3) Метод Собеля

Оператор Собеля основан на свёртке изображения небольшими сепарабельными целочисленными фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях, поэтому его относительно легко вычислять. С другой стороны, используемая им аппроксимация градиента достаточно грубая, особенно это сказывается на высокочастотных колебаниях изображения [5, 6].

Оператор вычисляет градиент яркости изображения в каждой точке. Так находится направление наибольшего увеличения яркости и величина её изменения в этом направлении. Результат показывает, насколько «резко» или «плавно» меняется яркость изображения в каждой точке, а значит, вероятность нахождения точки на грани, а также ориентацию границы. На практике, вычисление величины изменения яркости (вероятности принадлежности к грани) надежнее и проще в интерпретации, чем расчёт направления.

Оператор использует ядра  $3 \times 3$ , с которыми сворачивают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали. Пусть  $A$  исходное изображение, а  $G_x$  и  $G_y$  — два изображения, где каждая точка содержит приближенные производные по  $x$  и по  $y$ . Они вычисляются следующим образом:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A \text{ and } G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A$$

где  $*$  обозначает двумерную операцию свертки.

Координата  $x$  здесь возрастает «направо», а  $y$  — «вниз». В каждой точке изображения приближенное значение величины градиента можно вычислить, используя полученные приближенные значения производных:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Используя эту информацию, мы также можем вычислить направление градиента:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

где, к примеру, угол  $\theta$  равен нулю для вертикальной границы, у которой тёмная сторона слева.

### Результаты исследования способов оконтуривания

В результате исследования была разработана программа в программной среде Visual Studio 2010 на языке C#. Данная программа загружает выбранное изображение в пустую форму и при выборе одного из многих режимов выполняет определенную обработку над изображением. После выполненного действия изображение размещается в форму рядом с исходным. Экранная форма программы изображена на рисунке 3.



Рисунок -3.3 Экранная форма программы

На рисунке 4 показаны результаты получения контура объекта при применении пороговой бинаризации и метода четырёхсвязности



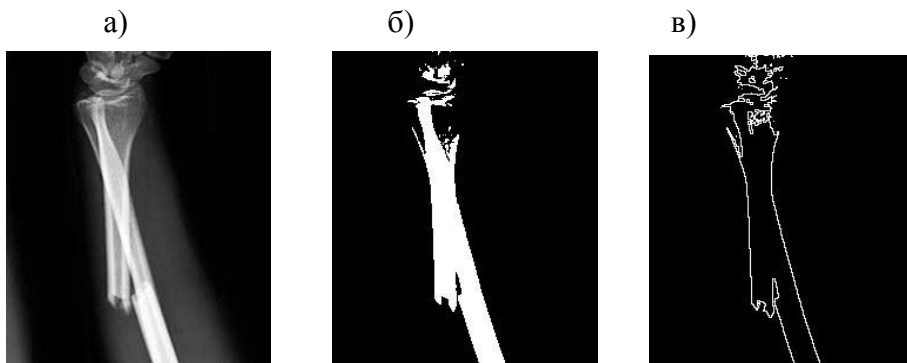


Рисунок -4 Результаты получения контура объекта на рентгенографическом изображении  
а) исходное изображение,  
б) бинаризованное изображение,  
в) оконтуренное изображение.

Для исследования метода Канни и метода Собеля был использован программный пакет MATLAB. Результаты оконтуривания этих методов показаны на рисунке 5.

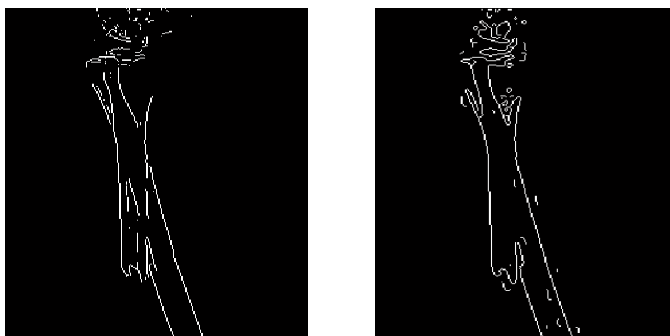


Рисунок -5 Оконтуренные изображения методом Канни и методом Собеля

Проведен анализ методов контурной сегментации для изображений рентгенограмм. На основе полученных результатов оконтуривания изображения можно сделать вывод, что среди исследуемых методов наиболее лучший – бинаризация по порогу

яркости с использованием четырёхсвязности, потому что этот метод, по сравнению с остальными, наиболее четко определяет контуры объекта.

### **Выводы**

В статье исследованы методы обработки рентгеновских изображений. Были исследованы такие основные методы оконтуривания объекта как: метод Канни, метод Собеля, бинаризация по порогу яркости с использованием четырёхсвязности. Из выше перечисленных методов наиболее хорошо себя показал метод с использованием четырёхсвязности.

### **Литература**

1. Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники / Кожемяко В. П., Тимченко Л. И., Лысенко Г. Л., Кутаев Ю. Ф. – К.: УМК ВО, 1990. – 251 с.

2. Кормановський С. І. Підхід до визначення центру зв'язності зображення / Кормановський С. І., Швейкі Нафез, Тимченко Л. І. – Вісник ВПШ. – 2001. – № 4. – С. 71 – 73.

3. Canny J.E. A computational approach to edge detection //IEEE Trans Pattern Anal-ysis and Machine Intelligence. — 1986. — № 8. — P. 679—698.

4. Крылов В. Н., Полякова М. Морфологический метод контурной сегментации изображений на основе репагулярного вейвлет-преобразования: Труды Одесского политехнического университета, г. Одесса, 2006. — С. 98—103.

5. Sobel I., Feldman G. «A 3x3 Isotropic Gradient Operator for Image Processing», 1968 (неопубл.).

6. Duda R., Hart P. Pattern Classification and Scene Analysis. — John Wiley and Sons, 1973. — P. 271—272.