

## МОДЕЛИ СЛИЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ И СЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАСПОЗНАВАНИИ АРТЕФАКТОВ

Хлесткин А.Ю., Старожилова О.В.

В статье предлагается модель слияния рентгеновских и скintiграфических изображений для распознавания артефактов, на основе проективных преобразований, полиномиальной интерполяции и Фурье-фильтрации. Приводятся примеры сплавов изображений разработанной модели.

**Ключевые слова:** слияние рентгенографических и скintiграфических изображений, распознавание артефактов, полосовая Фурье-фильтрация, проективные преобразования скintiграмм, полиномиальной интерполяции скintiграмм.

Задачи идентификации часто сводятся к взаимному сопоставлению между собой изображений, сформированных с помощью датчиков различных физических полей. Изображения, полученные разными способами, несут в себе различную информацию об объекте исследования. Например, рентгенография проецирует поглощающую органами часть рентгеновского излучения на изображение. Вместе с тем скintiграфический метод отображает полые части внутреннего органа, заполненные жидкостью и испускаемым излучением изотопов, которые фиксируются датчиками излучения и, в конечном счете, достаточно четко визуализируются.

Представляет интерес получение изображений путем их слияния в целях повышения распознаваемости артефактов, выявления неоднородности в результирующих изображениях. В данной статье предлагается модель получения изображения сплава с повышенной распознаваемостью, с применением компьютерной обработки и процедуры слияния (сплава).



Рис. 1. Снимки позвоночного ствола: а) рентгенограмма; б) скintiграмма

Так рентгеновские и скintiграфические изображения позвоночника, представленные на рис. 1, значительно различаются. Рентгенограмма (см. рис. 1а) обладает высоким пространственным и контрастным разрешением, что позволяет четко различать костную ткань. Скintiграфическое изображение (см. рис. 1б) имеет меньшую разре-

шающую способность и контрастное разрешение, однако на ней хорошо виден очаг поражения.

При слиянии рентгенограммы и скintiграммы возникают проблемы привязки снимков друг относительно друга и их взаимной геометрической коррекции. Иначе говоря, требуется установление соответствия между элементами исходных изображений с выделением реперных точек, по которым осуществляется координатная привязка снимков с геометрическими преобразованиями. Процедура слияния заключается в следующем.

Геометрию соответствующих изменений моделируем проективными преобразованиями. Поскольку формирование изображений сопровождается различного рода нелинейными искажениями [1], то в моделировании слияния будем использовать полиномиальную аппроксимирующую функцию преобразования:

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + \dots + a_p y^m, \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + \dots + b_p y^m,\end{aligned}$$

где  $(y, x)$  – координаты точек первого изображения,  $(y', x')$  – соответствующие им координаты второго изображения.

Так как скintiграмма имеет меньшее пространственное разрешение, чем рентгенограмма, необходимо увеличить разрешение. Эту проблему решаем методом полиномиальной интерполяции. Запишем полином степени  $P$  в виде

$$g_r(\tilde{x}) = \sum_{p=0}^P a_p \tilde{x}^p. \text{ Полином степени } P \text{ должен}$$

проходить через  $P + 1$  точек с неизвестными коэффициентами  $a_p$  [2]. В случае четного числа узлов сетки и из-за симметрии устанавливаем, что

$$\tilde{x}_p = \frac{2p - P}{2}. \text{ После интерполяции при нечетном } P \text{ получаем уравнения}$$

$$\begin{bmatrix} g_0 \\ \vdots \\ g_{(P-1)/2} \\ g_{(P+1)/2} \\ \vdots \\ g_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -P/2 & P^2/4 & -P^3/8 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & -1/2 & 1/4 & -1/8 & \dots \\ 1 & 1/2 & 1/4 & 1/8 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & P/2 & P^2/4 & P^3/8 & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ a_p \end{bmatrix},$$

откуда определяем коэффициенты полинома.

На рис. 2 приведен результат использования кубического полинома с решением:

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{48} \begin{bmatrix} -3 & 27 & 27 & -3 \\ 2 & -54 & 54 & -2 \\ 12 & -12 & -12 & 12 \\ -8 & 24 & -24 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_0 \\ g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{bmatrix},$$

из которого видно, что интерполяция кубическим полиномом повышает разрешение скитнографического снимка.

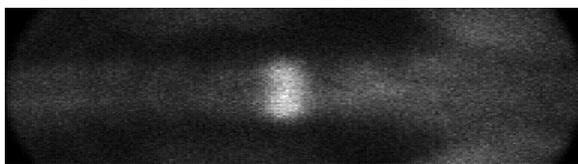


Рис. 2. Результат увеличения изображения полиномиальной интерполяцией

Поскольку при сплаве черно-белых снимков затруднительно находить различия, то для решения применяем метод преобразования яркости в цвет. Таким образом, дальнейшее повышение распознаваемости состоит в представлении скитнографического изображения в псевдоцвете.

На рис. 3 представлен пример цветового преобразования скитнографического изображения. Нетрудно заметить, область очага заболевания четко отличается, а контур выделяется в оттенках красного. Выбор цветовой гаммы, приведенной в примере, как показала практика, является оптимальным.

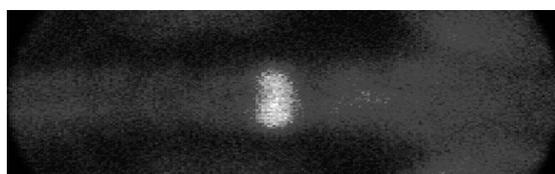


Рис. 3. Результат преобразования яркости в цвет скитнографического изображения

Таким образом, из приведенных выше геометрических преобразований и масштабирования получаем количественные и качественные результаты.

Слияние (сплав) изображений проводится с использованием полупрозрачной маски и совмещением изображений по реперным точкам (см. рис. 4).

Дальнейшее повышение разрешения и увеличение информативности выявления артефактов

состоит в использовании преобразования Фурье в полосе ограниченных частот, то есть применим полосовую фильтрацию.

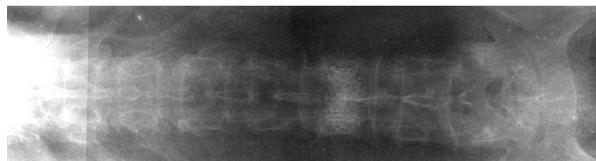


Рис. 4. Изображение сплава рентгенограммы и скитнограммы

Полосовые фильтры, основанные на преобразованиях Фурье, просты в программных реализациях, но вместе с тем удаляют или ослабляют частоты вне кольцевой области вокруг начала координат преобразования Фурье [3]. Передаточная функция полосового гауссова фильтра задается выражением

$$H(u, v) = e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{D^2(u, v) - D_0^2}{D(u, v)W} \right]},$$

где  $D(u, v)$  – расстояние, измеряемое от центра частотного прямоугольника,  $W$  – ширина кольца,  $D_0$  – радиус окружности, проходящей через его середину.

Результатом такой фильтрации является рис. 5. Улучшения изображения и выделения контуров вполне очевидны. Используемый метод фильтрации позволил эффективно восстановить контуры мелких деталей и текстуры на рентгенографическом снимке.

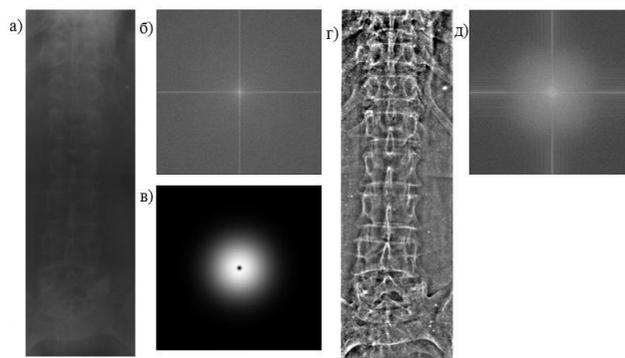


Рис. 5. Результат фильтрации: а, б) исходное рентгеновское изображение и его Фурье-спектр; в) образ Фурье-фильтра; г, д) результат фильтрации изображения и его Фурье-спектр

Приведенное Фурье-преобразование хорошо подчеркивает костную ткань, что позволяет улучшить визуальное восприятие изображения сплава (см. рис. 6).

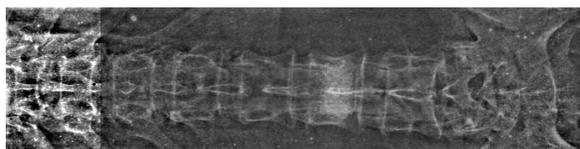


Рис. 6. Изображение сплава позвоночного ствола с выявлением очага поражения (артефакта)

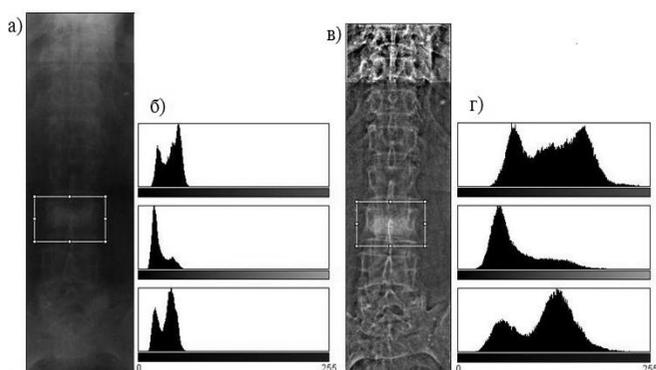


Рис. 7. Гистограммный анализ: а, б) изображение сплава без фильтрации и его гистограмма; в, г) изображение сплава с фильтрации и его гистограмма

Гистограммный анализ результирующих изображений сплава (см. рис. 7) показал, что полосовая Фурье – фильтрация расширяет динамический диапазон, тем самым улучшая визуальное распознавание артефактов.

В заключение отметим, предложенная процедура и модель продемонстрировала свою действенность в распознавании артефактов в области позвоночного ствола. Вместе с тем, применение рассмотренной модели к исследованию поверхности сердечно-сосудистой системы, как показала практика, эффективна.

### Литература

1. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Новосибирск: Изд. НГТУ, 2002. – 352 с.
2. Яне Б. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.

## THE MODELS OF THE FUSION OF X-RAY AND SCINTIGRAPHY IMAGES FOR THE DETECTION OF THE ARTIFACTS

Khlestkin A.Yu., Starogilova O.V.

The article proposes a model of the fusion scintigraphy and X-ray images to detect artifacts. This model bases on projective change, polynomial interpolation and Fourier filtering. There are examples of alloys images of the developed model.

**Keywords:** fusion scintigraphy and X-ray images, detect artifacts, Fourier filtering X-ray images, projective change scintigraphy images, polynomial interpolation scintigraphy images.

Хлесткин Андрей Юрьевич, аспирант Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. 8-903-309-30-53. E-mail andreyx1@mail.ru

Старожилова Ольга Владимировна, к.т.н, доцент Кафедры «Высшая математика» ПГУТИ. Тел. (8-846) 228-00-23.

## НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 658.512.22

### ОБРАБОТКА И ХРАНЕНИЕ КЛАССА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Похилько А.Ф.

В статье рассматриваются возможности выделения из проектной деятельности структур проектных решений, построения моделей классов объектов проектирования, а также хранения, отображения и дальнейшего использования информации в кон-

тексте интегрированной инструментальной среды (ИИС).

**Ключевые слова:** интегрированная инструментальная среда, проектная деятельность, модель, класс, объект проектирования, хранение, модификация.