

УДК 616.12

А.В. Борисов, канд. техн. наук, В.А. Молюков, В.В. Романов, Е.В. Хитрик

Автоматическое построение и коррекция многорастрового рентгенографического изображения

Рассмотрена многорастровая рентгеновская система и метод автоматического построения и коррекции многорастрового рентгенографического изображения. Анализируются аппаратные и программные факторы, влияющие на качество рентгеновского снимка в целом; предлагаются меры по устранению ошибок соединения раstra. Разработана программа в среде Matlab, позволяющая проводить стыковку растров без потери ценной информации.

The multiraster X-ray image system and method of automatic construction and correction of multibitmapped X-ray image is considered. The hardware and software factors influencing the quality of radiograph in whole are analyzed; error elimination measures are offered. The program is developed in the environment of Matlab, allowing to conduct docking of rasters without the loss of valuable information.

Введение

Сейчас в медицине часто используют рентгенографические изображения больших размеров. При этом приемник состоит из сцинтилляционного экрана, который преобразует рентгеновские лучи в излучение видимого диапазона и устройства, которое считывает это излучение. Таким устройством обычно является телевизионная камера [1], но для этого необходимо использовать длиннофокусную оптику и это в свою очередь увеличивает размеры приемника до 60-100 см, а общие размеры установки до 1,5-2 м. можно также использовать ПЗС матрицу такого же размера, как и экран [2]. В таком случае толщина приемника уменьшается до 3-8 см, так как

ПЗС матрица вплотную прилегает к сцинтилляционному экрану. Стоимость таких матриц очень велика. Их нужно хранить в специальных сейфах, что уже не удобно. При выходе из строя нескольких пикселей необходимо будет менять всю матрицу.

Альтернативой обоим этим вариантам является использование нескольких короткофокусных фотокамер на ПЗС матрицах для считывания оптического изображения с поверхности сцинтилляционного экрана [3]. При этом камеры располагаются близко к экрану (общая толщина приемника составляет 10-14 см) и их соединяют в один функциональный блок (рис.1). Существенной проблемой в таком случае является объединение всех растров в общее изображение с минимальными потерями в местах стыковки отдельных растров. кроме этого, трудоемкой является механическая установка камер, требующая зачастую специального оборудования и условий. При транспортировке или длительной эксплуатации могут происходить механические смещения отдельных камер, что приводит к появлению горизонтальных и вертикальных полос на изображении и необходимости повторных и многократных настроек установки камер. Такая настройка требует специальной квалификации оператора, разборки и сборки блока камер и даже поддержания температурного режима эксплуатации установки.

В связи с этим ставится задача автоматизации настройки многокамерной рентгенографической системы, периодической проверки качества соединения локальных изображений и дополнительной обработки общего изображения. При этом может осуществляться пространственная и частотная фильтрация, выделение границ объектов, контрастирование, сглаживание и др.

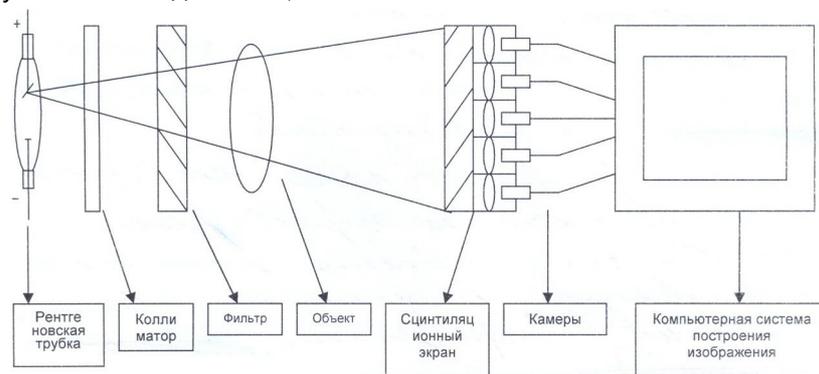


Рис. 1 Общая структура рентгенографической системы с построением многорастрового изображения

Объединение отдельных растров в единое изображение выполняется с помощью компьютера [3]. Обычно используется алгоритм непосредственной стыковки растров (рис. 2).

R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
R ₂₁	R ₂₂	R ₂₃	R ₂₄	R ₂₅
R ₃₁	R ₃₂	R ₃₃	R ₃₄	R ₃₅
R ₄₁	R ₄₂	R ₄₃	R ₄₄	R ₄₅
R ₅₁	R ₅₂	R ₅₃	R ₅₄	R ₅₅
R ₆₁	R ₆₂	R ₆₃	R ₆₄	R ₆₅

Рис. 2 Объединение локальных растров в матрицу

R_{jk} – это растры, где $L=1÷6$ – номера строк, $K=1÷5$ – номера столбцов растров. Каждый растр имеет свою нумерацию строк и столбцов пикселей: i – номера строк, j – номера столбцов пикселей, т.е. каждый пиксель полного изображения имеет четыре индекса нумерации P_{lkij} обычно $i=1÷960$, $j=1÷1280$. Растры могут не иметь или иметь общую зону перекрытия в граничных областях по координатах x или y . Если она есть, то ее ширина составляет 10-20 пикселей. Методика соединения растров точно по их границам (метод склеивания) достаточно проста в реализации, однако требует прецизионной настройки каждой фотокамеры. При этом, чем больше разрешение камеры, тем более критична настройка каждой фотокамеры. Вследствие различных факторов, таких как вибрации, при транспортировке, старение, температурные колебания и др. малейшее искажение отдельного растра может привести к артефактам границы растра в виде полос вдоль границ.

Ручная юстировка и настройка системы в целом очень трудоемкий процесс и не исключает последующих нарушений при стыковке растров.

Некоторое «улучшение» границы растров достигают путем взвешенного суммирования растров в граничных областях соседних пар растров. Для этого создается для каждого растра область перекрытия с соседним растром и вклад каждого из двух соседних растров пропорционален соотношениям $g=kx$ и $g_{i+1}=1-kx$. В результате полное изображение по строке формируется в виде:

$$B(x) = \sum_{i=1}^1 B_i(x) \cdot g_i(x), \quad (1)$$

где функция $g_i(x)$ имеет вид (рис.3), B – яркость, характеризующая поглощение рентгеновского излучения вдоль оси x .

Аналогично выполняется «взвешенное» объединение переходных областей по координате y . Однако такой способ построения изображения не позволяет исключать большие отклонения растров в смежных областях. Для это-

го предлагается методика автоматической настройки каждого отдельного растра и их соединение в полное изображение.

На рис. 4 показаны основные этапы выполнения преобразований. Предполагается два варианта настройки:

- с использованием специального графического теста;
 - с использованием реального изображения.
- При этом различаются две части настройки:
- а) коррекция искажений формы каждого растра;
 - б) компенсация смещения по осям x и y .
- искажение формы растра бывают:
 - смещение центра;
 - трапецеидальные искажения;
 - подушкообразные искажения;
 - угловой поворот;
 - изменение размера растра.

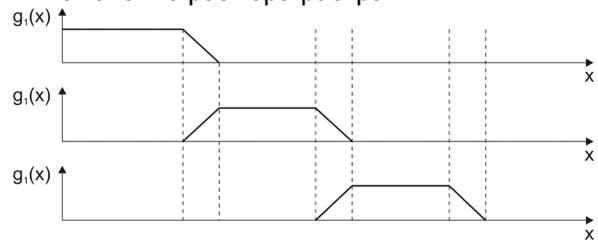


Рис. 3 Функции взвешивания при нормировании строки изображения

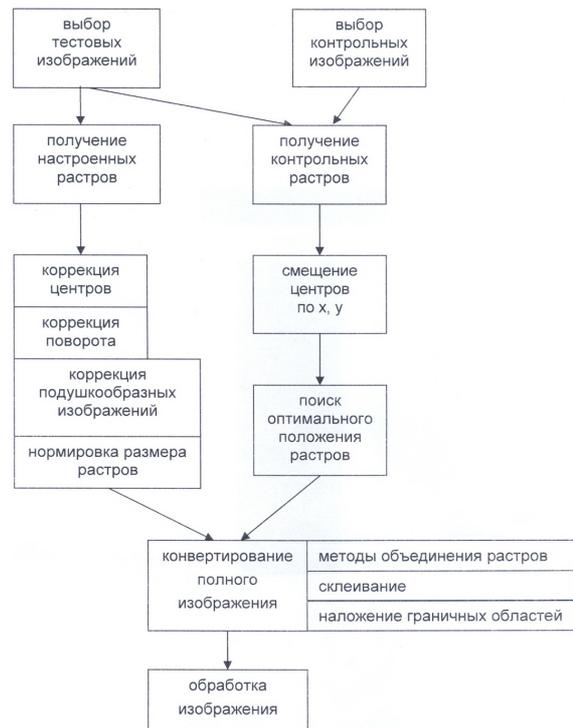


Рис.4 Принцип действия автоматической системы построения и коррекции многорастрового рентгенографического изображения

Эти искажения при использованных фото ПЗС имеют небольшие значения и вызваны оптической линзой и погрешностями механического монтажа. Такие искажения в процессе работы установки

практически не возникают и их коррекция необходима только при настройке прибора, при изготовлении или при проверочных испытаниях. Для выполнения такой коррекции необходимы специальные оптические тестовые изображения. Примером такого изображения может быть «шахматное поле». Однако для такого теста достаточно трудно выполнить математические расчеты для выполнения всех перечисленных искажений. Предлагается простой тест в виде матрицы из девяти кругов (3x3) диаметром (5 – 10) пикселей (рис. 5).

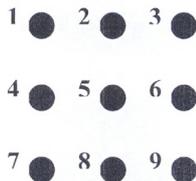


Рис. 5 Текстовое изображение растра

Корректировка центра выполняется по центру круга 5, коррекция трапецеидальных искажений выполняется на расстоянии между центрами кругов 1 – 3, 7 – 9, 3 – 9.

Коррекция подушкообразных искажений производится по расстояниям между центрами кругов: 1 – 3, 4 – 6, 7 – 9 или 1 – 7, 2 – 8, 3 – 9.

Размер растра оценивается по расстояниям между центрами 1 – 3, 7 – 9, 1 – 7, 3 – 9.

Для оценки оптимального совмещения растров используется корреляционный метод, согласно которому, вычисляется коэффициент корреляции областей наложения двух соседних растров. Коэффициент корреляции вычисляется по формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N P_{1ij} \cdot P_{2(i+n)j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N P_{1ij} \cdot \sum_{i=1}^N P_{2ij}}}, \quad (2)$$

где N – число точек в совместной области.

Максимум коэффициента корреляции соответствует оптимальному взаимному положению растров, в совместной граничной области соседних растров. Последним этапом обработки является проверка и коррекция общего поля изображения по строкам и столбцам. разработана программа для выполнения всех преобразований, осуществляющих автоматическую стыковку соседних растров и полного рентгенографического изображения. Она была апробирована на тестовых локальных фрагментах изображения и для формирования многорастрового изображения.

Корреляционная функция имеет вид, показанный на рис. 6.

На рис. 7 показаны итерационные наложения одного растра на другой. Рисунку 7 (б) соответствует максимум коэффициента корреляции.

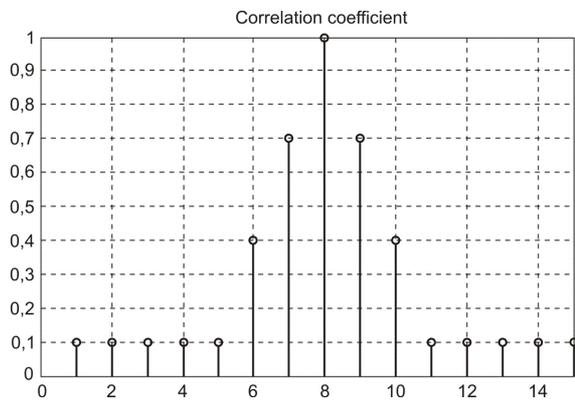


Рис. 6 Зависимость коэффициента корреляции от ширины перекрытия растров

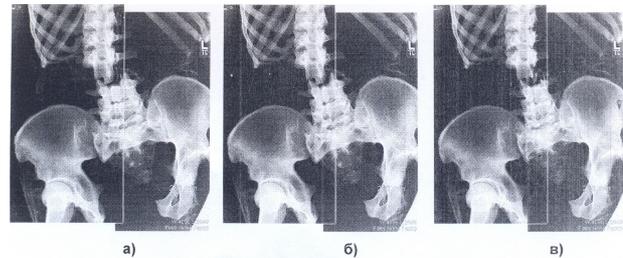


Рис. 7 Результаты работы программы

Выводы

Разработаны алгоритм и программа автоматического построения много растрового рентгеновского изображения, автонастройки локальных растров в процессе работы системы и коррекции изображения.

Преимущества последнего заключаются в возможности устранения искажений формы каждого растра, таких как: смещение центра, трапецеидальные искажения, подушкообразные искажения, угловой поворот, изменение размера растра.

В результате на порядок возросли разрешающая способность и надежность автоматического построения много растрового рентгенографического изображения.

Литература

1. Абакумов В.Г. и др. Системы отображения в медицине// В.Г.Абакумов, А.И.Рыбин, Й.Сватош, Ю.С.Синекон.– К.: Юниверс, 2001. – 336 с.
2. Мирошниченко С.И., Чередниченко Н.А. Считывание остаточных изображений в компьютерной радиологии // Н. – техн. сб. «Электроника и связь», тематический выпуск «Проблемы электроники», №3 – 4, 2008.– С. 35 – 36.
3. Мирошниченко С.И., Невгасимый А.А., Чередниченко Н.А. анализ путей построения сканеров компьютерной радиологии // Н. – техн. сб. «Электроника и связь», тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», № 4 – 5, 2009.–С. 194–196.