

СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ И РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИХ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

© 2016 г. Е.П. ПЕТРОВ, Н.Л. ХАРИНА, К.Н. ЧУКАЕВ, И.В. РАКУТЬ*

Вятский государственный университет, г. Киров,

*Научно-исследовательский радиопизический институт, г. Нижний Новгород

e-mail: EPetrov@mail.ru, natal_res@mail.ru, igor@nirfi.sci-nnov.ru

Введение

В докладе представлена сканирующая активно-пассивная радиометрическая система [1], предназначенная для синтеза радиометрических и рефлектометрических радиоизображений при проведении медицинской диагностики. В составе установки (рис. 1, а): двухкоординатный сканер (1) планшетного типа, который крепится на опорно-поворотном устройстве (ОПУ) (2), имеет два мотора привода и перемещаемую каретку. На каретку подвешивается высокочастотная часть (3) с фокусирующей антенной (4) модуляционного пассивно-активного радиометра, работающего в полосе $33 \div 35$ ГГц. Исследуемый объект (5) располагается в фокусе антенны в 290 мм от её раскрыва.

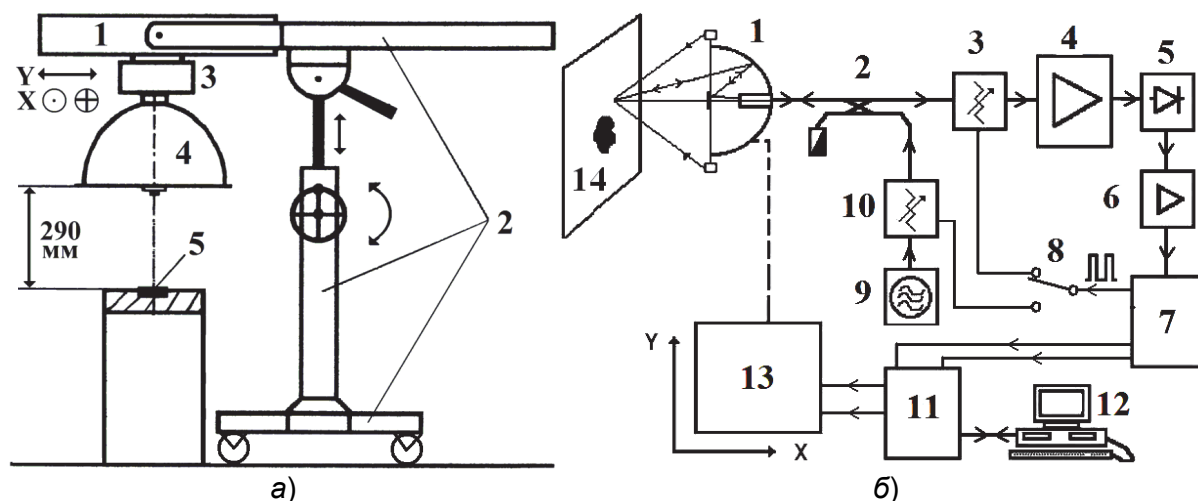


Рис. 1. Схемы радиометрической системы: а – механическая, б – функциональная.

На рис. 1, б представлена функциональная схема радиометрической системы. В перемещаемую высокочастотную часть радиометра (ПЧР) входит бифокальная двухзеркальная антенна (1) диаметром 350 мм с главным зеркалом в форме эллипсоида вращения со смещённым фокусом [2], облучателем типа расфазированного рупора с изломом конической образующей и эллипсоидальным малым зеркалом. Принятый антенной (1) сигнал с её выхода через направленный ответвитель (2) приходит на приёмный тракт радиометра. В радиометрическом режиме этот сигнал переключается attenuатором (3) с частотой модуляции синхронного детектора (СД) (7) и каждый полупериод пропускается на высокочастотный малошумящий усилитель (4). Усиленный сигнал преобразуется квадратичным детектором (5) и дополнительно усиливается низкочастотным предварительным усилителем (6). Ответвитель (2) является элементом

развязки трактов радиометра и генератора подсветки (9), излучение которого модулируется аттенуатором (10) с частотой модуляции СД (7) в рефлектометрическом режиме и через антенну подаётся на исследуемый объект (14). В радиометрическом режиме аттенуатор (10) закрыт. В рефлектометрическом режиме аттенуатор (3) открыт. Стационарный компьютер (12) через аналого-цифровой преобразователь (АЦП-ЦАП) (11) по программе управляет перемещением каретки сканера (13), собирает преобразованные в СД (7) данные и производит их обработку для синтеза радиометрических и рефлектометрических радиоизображений. СД (7) вычитает сигналы в полупериодах и соединён проводами с ПЧР и АЦП-ЦАП (11).

Поскольку комплекс содержит один приёмник, то для синтеза изображения необходима система сканирования. Для наблюдения далёких объектов применяют сканирование по углу путём изменения направления диаграммы направленности приёмной антенны. При этом угол наблюдения поверхности объёмного тела изменяется не только за счёт этого угла, но и за счёт кривизны его поверхности. В данной установке объекты исследования располагаются на расстояниях $130 \div 350$ мм от антенны, поэтому применено механическое перемещение ПЧР так, чтобы ось антенны осуществляла в пространстве параллельный перенос. При этом фокус антенны двигается в плоскости, а угол наблюдения поверхности объёмного тела изменяется только за счёт её кривизны. Это облегчает обработку данных при обследовании криволинейной поверхности. Однако, поскольку сканирующая система была создана из элементов двухкоординатного самописца КСПП, максимальный размер радиоизображения составляет 240×240 мм. Применение радиометрического комплекса также выявило его технические особенности, вносящие искажения в его теоретическую модель. Так, каретка, к которой крепится ПЧР, двигается по двум цилиндрическим ползьям длиной 310 мм и диаметром 6 мм. Ползья крепятся концами в стенках корпуса сканера. У ПЧР масса около 4 кг, а высота 210 мм. ПЧР подвешивается к каретке под сканером, чтобы диаграмма направленности антенны направлялась в надир, поэтому центр масс ПЧР находится ниже ползьев. По мере длительной работы ползья постепенно неравномерно стачиваются, что создаёт неравномерное трение по длине ползьев. При движении ПЧР возникает прогиб ползьев и моменты силы и инерции относительно них. Траектория сканирования ПЧР зигзагообразная – в конце каждой строки происходит останов, переход на следующую строку и обратное движение. Разгоны, остановки и смены направления движения ПЧР на различных скоростях создают неконтролируемые колебание оси антенны. Эти факторы ведут к появлению дополнительных искажений [3] к и так уже шумовому сигналу исследуемых объектов с неоднородными диэлектрическими и тепловыми свойствами, например, тело человека. Диагноз пациенту необходимо поставить с помощью радиоизображения большого участка, поэтому существует ряд задач.

Цель и задача работы

Можно ли с помощью методики обработки радиоизображений выявить тепловые и диэлектрические неоднородности при наличии искажений, возникающих при указанных выше факторах. Можно ли разделить вклад различных факторов. Это позволит точнее определять параметры диагностируемых неоднородностей в теле пациента по локализации контура и распределению внутри него. Важным параметром также является объём обрабатываемых данных. Его уменьшение, сделает компактнее базу данных, повысит их сохранность и скорость обработки. Таким образом, необходимо определить оптимальные методики сбора и преобразования данных, дающих качественный диагноз при их минимальном объёме и времени обработки.

Методы исследования

Поиск методов проведём на реальном примере обследования пациента ожогового отделения ННИИТО [4] (рис. 2). Рис. 2, а, б – фото одного объекта. Рис. 2, в-е - радиоизображения синтезированные в программе Surfer по данным измерений объекта под бинтом в радиометрическом (рис. 2, в, д) и рефлектометрическом (рис. 2, г, е) режимах. Для синтеза рис.2д использованы данные для рис. 2, в, но с до-

полнительным усреднением квадратом 3×3 точки в программе Hesperus. Рис. 2, в сильно зашумлен и неоднозначен, но после обработки данных на рис. 2, д выделяется объект белого цвета, соответствующий положению и размеру раны под повязкой. На рис. 2, е оставлена одна градация яркости из рис. 2, г, соответствующая зонам интактной кожи.

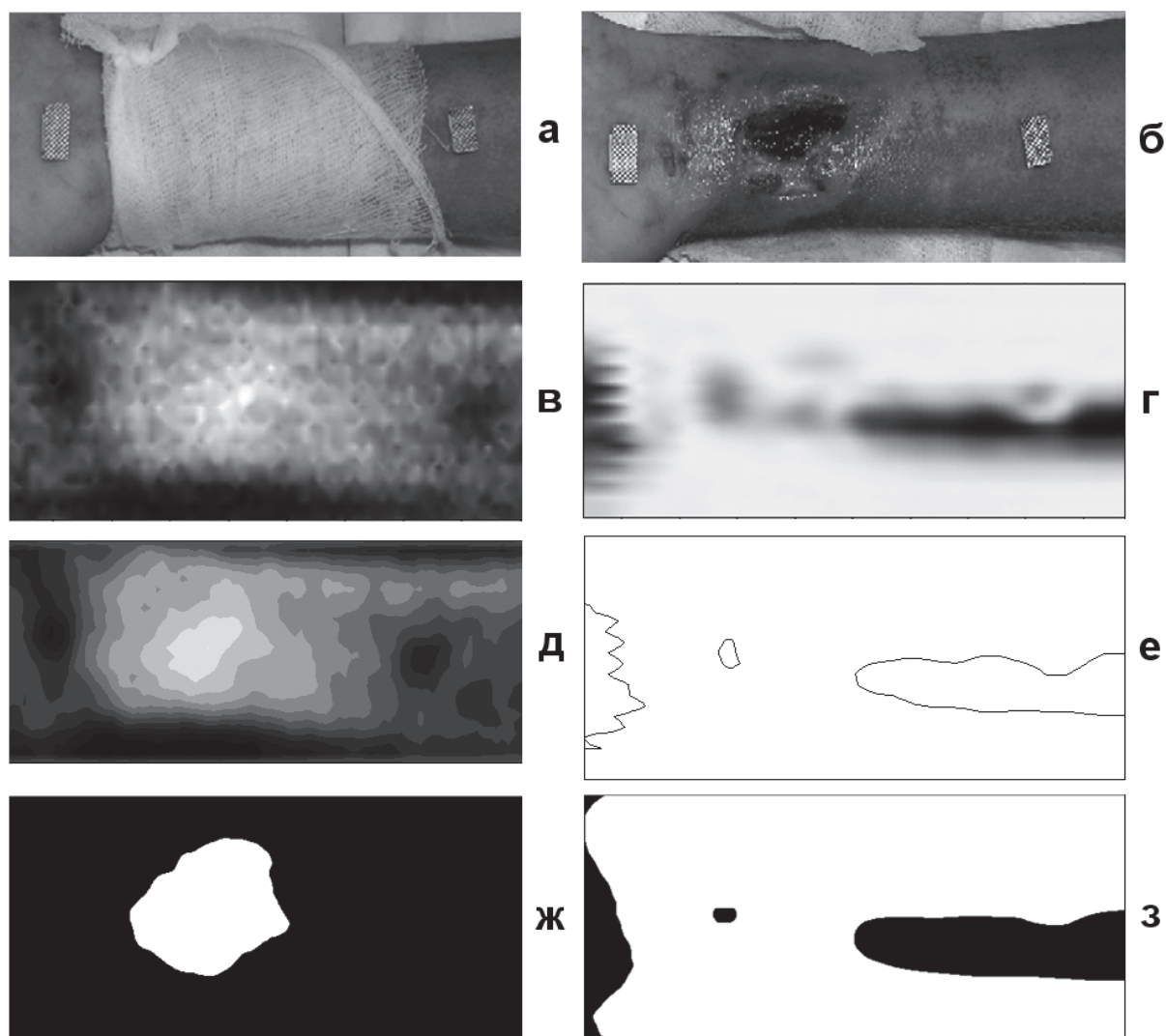


Рис. 2. Изображения объекта: фото под бинтом (а), без бинта (б); радиоизображения: радиометрические (в, д, ж) и рефлектометрические (г, е, з) после различной обработки.

На рис. 2, ж, з представлены результаты обработки изображений по методу выделения контуров, основанному на представлении изображений двумерными цепями Маркова с дискретными аргументами [5]. Для синтеза полутонового изображения объединяются в плоскость два старших РДИ. Для выделения контуров на полученной плоскости применяется метод предсказания элементов, позволяющий удалить статистическую избыточность изображения [6]. Для плоскости вычисляются матрицы вероятностей переходов по горизонтали и вертикали. Далее на их основе вычисляется матрица вероятностей переходов для двумерной цепи Маркова, по которой и известным значениям окрестных элементов осуществляется предсказание каждого элемента плоскости. Если элемент изображения предсказан верно, то соответствующий ему контур представляется значением 0, в противном случае 1.

По рис. 2, ж видно, что контур белой области практически соответствует контуру одной из градаций яркости на рис. 2, д. Также выделенные контуры на рис. 2, е и

рис. 2, 3 практически совпадают. На обработанных рефлектметрических изображениях рис. 2, е, з область раны также находится в белой зоне и граничит с черной полосой справа (рис. 2, з), соответствующей интактной коже. Однако слева, сверху и снизу на рис. 2, з также белая область. Даже при согласии с выводом работы [4], что в рефлектметрическом режиме адекватной является только центральная полоса, соответствующая зоне нормального падения излучения подсветки и ширине выделенной черной полосы на рис. 3, з, всё же остаётся часть белой зоны в левой части рисунка, где раны нет. При этом на исходном рис. 2, г достаточно хорошо различимы элементы изображения соответствующие ране.

Заключение

Для полученных в радиометрическом и рефлектметрическом режимах радиоизображений ожоговой раны под повязкой при обработке по методу выделения контуров, основанному на представлении изображений двумерными цепями Маркова с дискретными аргументами, пока нет однозначного вывода о возможности сделать автоматический выбор области расположения раны. Однако результаты её обработки практически совпадают с результатами обработки в сложных программах Surfer и Hesperus, требующих длительной ручной работы и существенного ресурса памяти для самих программ и промежуточных файлов. При этом этот метод выделения контуров быстр, не требует больших вычислительных ресурсов, просто встраивается в программу сканирования и способен обрабатывать измерения в процессе диагностики пациента.

Это позволяет надеяться на перспективность применения метода выделения контуров в медицинской радиометрической диагностике, а дальнейшие исследования покажут оправданность данного вывода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ракуть И.В., Пелюшенко С.А., Пелюшенко А.С., Железняков Ю.А.* Исследование неоднородностей протяженных сред методом пассивно-активной радиометрии в миллиметровом диапазоне длин волн. // Изв. вузов. Радиофизика. 2005. Т. 48, № 10-11. С. 890-898.
2. *Кочержевский Г.Н.* Антенно-фидерные устройства. – М.: Радио и связь, 1989.
3. *Кузьмин А.Д., Саломонович А.Е.* Радиоастрономические методы измерений параметров антенн. – М.: Сов. радио, 1964.
4. *Кисляков А.Г., Пелюшенко С.А., Ракуть И.В., Колесов С.Н., Кислицын П.В., Арефьев И.Ю.* Первый опыт применения дистанционного пассивно-активного ближнего радиовидения при ожоговой патологии на различных этапах лечения. // Тезисы докладов Всероссийского семинара по радиофизике миллиметрового и субмиллиметрового диапазона. ИПФ РАН, 12-15 марта 2007г, Н.Новгород, С. 63-64.
5. *Петров Е.П., Харина Н.Л., Ржаникова Е.Д.* Математическая модель цифровых полутоновых изображений на основе цепей Маркова с несколькими состояниями // Нелинейный мир. – 2013, т. 11, № 7. С. 487-492.
6. *Харина Н.Л., Чукаев К.Н.* Метод выделения объектов на цифровых изображениях на основе двумерной цепи Маркова // Труды РНТОРЭС им. А. С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. – М., 2016. Выпуск: XVIII-2, С. 687-691.