

# Информационные технологии лучевой диагностики на основе сканирующей системы получения изображений

В. В. Кретов<sup>1</sup>, Ю. Г. Украинцев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «Научприбор», Орел, РФ

<sup>2</sup>Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, РФ

## Введение

В настоящее время в медицинской лучевой диагностике широко применяются цифровые технологии — компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, цифровая рентгенография и др. Внедрение цифровых методов анализа изображений радикальным образом изменяет всю организацию и технологию проведения профилактических исследований в медицинских учреждениях поликлинической службы МЗ. При цифровой флюорографии основные принципы компоновки кабинета, сохраняются с той лишь разницей, что управление аппаратом осуществляется от АРМ рентген-лаборанта, а комната рентгенолога оснащается АРМ врача-рентгенолога. Известно, что «узкими местами» процесса флюорографии при массовых обследованиях является регистрация пациентов и их подготовка к снимку. Рассмотрим новые возможности цифровой флюорографии большого потока пациентов на примере применения флюорографа малодозового цифрового (ФМЦ) выпускаемого ЗАО «Научприбор» (г. Орел) для повышения пропускной способности кабинета и повышения качества диагностики.

## Новые возможности цифровой флюорографии

Технология получения двумерного цифрового рентгеновского изображения на ФМЦ основана на методе послойного сканирования пациента чрезвычайно узким (менее 0,5 мм) веерообразным пучком с использованием многоканальной ионизационной камеры (МИК) в качестве преобразователя рентгеновского излучения. В результате такого просвечивания, во входной плоскости линейки многоканальной ионизационной камеры формируется одномерное рентгеновское изображение. В отличие от других детекторов, чувствительная область ионизационной камеры обеспечивает высокую эффективность регистрации излучения и имеет высокую радиационную стойкость, так как для регистрации использует-

ся газ криптон (Кг) при давлении 20 кгс/см<sup>2</sup>. А исключение дополнительного преобразования энергии  $\gamma$ -кванта в свет и только потом — в заряд уменьшает потери и повышает выходной сигнал на один  $\gamma$ -квант приблизительно в 5 раз. Накопленный заряд в каждой ячейке МИК пропорционален интенсивности излучения, прошедшей через исследуемый объект за время регистрации одной строки изображения, преобразуется в электрический сигнал и путем последовательного преобразования 16-ти битным АЦП в цифровой вид. Полученные цифровые данные переписываются в промежуточную память, в которой формируется строка снимка, адекватная рентгеновскому изображению. Абсолютно однородная линейка чувствительных ячеек МИК без пропусков (мертвых зон) не требует программных «сшивок», а прямоугольная форма ячейки (канала регистрации) многоканального детектора обеспечивает изображение непрозрачного края объекта более резким, т.е. делает снимок более четким. Двухмерная матрица массива чисел цифрового рентгеновского изображения формируется путем пошагового прецизионного (вертикального) синхронного перемещения рентгеновского излучателя, щелевого коллиматора и однокоординатного приемника МИК вдоль исследуемого объекта. При этом горизонтальная координата совпадает с номером ячейки (1÷2048) многоканальной ионизационной камеры детектора, а вертикальная — числом шагов сканирования (максимальное число ~4096), появляется возможность получения цифровых изображений протяженных размеров — вплоть до всего тела пациента. Цифровой рентгеновский снимок соответствует числовой матрице состоящей из 2048 рядов и 2048 строк или более, где каждое число прямо пропорционально интенсивности излучения попавшего в ячейку в определенной точке пространства 410x410 мм или оттенкам серого цвета (уровнями яркости) на экране монитора. Так называемая «глубина изображения» составляет  $2^{16}=65536$  градаций цвета. Однако надо заметить, что бытовые мониторы передают 256 оттенков серого цвета, специализированные медицинские — 800.

Решающим фактором определения слабоконтрастных объектов цифрового изображения является разрешающая способность по контрасту, которая определяется числом бит на пиксель и уровнем фона (шума). Количество градаций плотности передаваемых рентгеновской системой для сканирующей систем определяется только характеристиками детектора и составляет ~1000. Полученный цифровой вид рентгеновских изображений создает возможность перехода на бесплочную технологию работы кабинета, исключает пленку и фотола-

бораторный процесс, а также не требует отдельных помещений для её хранения. Для архивирования изображений с гарантией долгосрочного хранения используются запоминающие устройства с однократной записью при помощи цифрового привода MC-R400U с DVD-RAM дисками емкостью 4,7Gb при односторонней записи или 9,4Gb при двусторонней записи, на которых размещается не менее 3000 снимков в цифровом формате. При необходимости, можно распечатать копию цифрового изображения на профессиональном принтере (Codonics NP-1660M или UP-D70XR фирмы SONY) формата A4, причем не только на бумаге, но и на пленке.

Оптимальное диафрагмирование и расположение коллиматора на половине расстояния фокус–приемник формирует узкий веерообразный пучок излучения. Узкое (щелевидное) входное окно МИК приемника излучения, в которое попадает прошедшее через пациента излучение, работает также как рентгеновский отсеивающий растр. Такая конфигурация — просвечивание исследуемый объект узко коллимированным пучком приводит к уменьшению доли рассеянного излучения и практически полностью исключает вклад его в основной информационный поток рентгеновских квантов. Другой особенностью сканирующих систем является широкий динамический диапазон (в рентгенографии — широта фотографическая) — параметр, определяющий способность системы одновременно регистрировать детали на фоне объекта с сильным и слабым поглощением в максимально возможном перепаде доз. Это обусловлено, с одной стороны, высокой чувствительностью газового приемника излучения и, с другой стороны, отсутствием в системе элементов, которые могут войти в режим насыщения и ограничить полезный сигнал. Поэтому сканирующая технология получения изображений позволяет повысить качество рентгенографического изображения гиперстеника по сравнению с обычными двух-координатными системами. Центральный луч веерного излучения направлен в центр приемника излучения и перпендикулярен, поэтому для получения косых проекций органов необходимо располагать интересующую анатомическую область под нужным углом в центре приемника излучения. Линейный сканирующий способ получения изображений: во-первых, исключает геометрические искажения по вертикали изучаемого органа; во-вторых, теневое изображение не зависит от положения объекта, а большое расстояние от фокуса до приемника (1350 мм) делает незначительными геометрические искажения по горизонтали. Прицельная рентгенография органов реализуется изменением местоположения пациента между рентгеновским излучателем и приемником, т.е. размещая пациента у коллиматора, получаем размер снимка 200x200 мм с проекционным увеличением в 1,4 раза. Для уменьшения геометрической нерезкости системы и повышения четкости изображения используется только малый фокус рентгеновской трубки, динамическая нерезкость подвижных органов уменьшена за счет малой выдержки — длительность экспозиции строки 0,002 с.

## Программный пакет «Виртуальный рентгенологический кабинет»

Программный пакет, связывающий все рабочие места единой сетью, работает в среде Windows 95/98/ME/NT/2000 в диалоговом режиме и включает базу данных и архив снимков пациентов. Рабочая программа предоставляет широкий спектр совершенно новых диагностических возможностей для

работы с изображениями. Программная оболочка АРМ оснащена различными функциями обработки изображений с целью его оптимизации — увеличение размеров снимка на экране дисплея, инверсия снимка, изменение яркости и контраста, как всего снимка, так и в произвольно выделенной прямоугольной области. Тестовая программа автоматически проводит контроль технических параметров и обеспечивает минимум сервиса аппарата. Российское агентство по патентам и товарным знакам выдало свидетельство N 2002612070 об официальной регистрации программы «Виртуальный рентгенологический кабинет», которая обеспечивает функционирование флюорографа.

## АРМ-регистратора

Для повышения эффективности работы кабинета лучевой диагностики и стандартизации документооборота в состав флюорографа введен АРМ-регистратора. На этом месте регистратор ведет запись пациентов на рентгенологические исследования, составляет примерную очередность с целью максимального сокращения времени ожидания и выравнивает по времени загрузку кабинета с учетом объема и содержания предстоящих исследований. В базе данных пациента, пришедших на прием в первый раз, необходимо заполнить поле окна данных необходимые при рентгенодиагностике, которые в последствии сохраняются в электронном виде в архиве. Применение АРМ-регистратора позволяет значительно сократить затраты рабочего времени на этапах прохождения информации (регистрация, выписка результатов исследования, сверка, сортировка, поиск, передача информации, создание отчетов, справок и других документов). При необходимости на этом рабочем месте возможна печать учетно-отчетной документации по утвержденным формам, а также печать готовых бланков заключений по обследованию.

## АРМ-врача

В АРМ-врача входят программы оформления диагноза, расчета статистических данных, справочные сведения и др. Визуализация рентгеновского изображения осуществляется на специальном медицинском мониторе, эффективность которого оценивается свойствами полученного светового изображения.

## Сетевая структура аппаратно-программного комплекса «Виртуальный рентгенологический кабинет»

По внутренним линиям связи учреждения осуществляется объединение АРМ регистратора, АРМ рентген-лаборанта и АРМ врача-рентгенолога в локальную компьютерную сеть, для этого в системном блоке каждой станции имеется сетевая

карта (плата) объединяющая рабочие станции между собой в единое медицинское информационное пространство. После запуска программы АРМ-лаборанта осуществляется проверка наличия разрешения на работу для данного лица из состава персонала отделения путем введения имени и пароля. В том случае, если доступ данного лица санкционирован, ему предоставляется доступ к единой учетной форме для проведения регистрации и приема пациентов. Основные сведения о пациенте, вид проекции и параметры съемки, дата и время проведения исследования, регистрационный номер страхового полиса и другие данные, вводятся через рабочий список с клавиатуры один раз и после этого являются составной частью цифрового изображения (базы данных). В диалоговом окне лаборант автоматически или вручную осуществляет выбор параметров съемки и режим работы УРП/С, в зависимости от вида исследования и получения оптимального качества изображения. По окончании регистрации лаборант с помощью переговорного устройства приглашает пациента принять необходимое для съемки положение в кабине, ведя наблюдение за его укладкой по каналу видеосвязи. Полученное цифровое рентгеновское изображение исследуемого органа пациента отображается на экране монитора сразу после съемки и затем, проанализировав полученный снимок, лаборант производит запись цифрового изображения и сопутствующую информацию (основные данные и расчетное значение дозы поглощенной пациентом за обследование с учетом риска отдаленных последствий — эффективная эквивалентная доза) в базу данных рентгенологического отделения. Записанный результат исследования в архив становится доступным для анализа врачом-рентгенологом сразу же после записи, либо в любое другое удобное для него время. Выполнение дополнительных исследований сразу после первичного осмотра существенно экономит трудовые затраты и высвобождает рентген-лаборанта для выполнения работ по приему других пациентов, а также способствует значительному сокращению временных затрат при обследовании. При выполнении рентгенологических исследований на ФМЦ кроме знаний анатомии человека и укладок снимаемых органов, лаборанту требуются начальные компьютерные знания.

## Преимущества аппаратно-программного комплекса «Виртуальный рентгенологический кабинет»

- **Уменьшение лучевой нагрузки на пациента** осуществляется формированием необходимого размера веерообразного луча с помощью двух подвижных шторок на коллиматоре управляемых моторным приводом, а точный размер поля облучения контролируется по световому полю лазерного центра.
- **Процент брака** в сравнении с традиционной пленочной рентгенографией из-за ошибок в выборе экспозиции ничтожно мал, так как 5% контраст можно уверенно различить без искажений в прямом пучке рентгеновского излучения и ослабленным в 500 раз.
- **Качество цифрового изображения.** Цифровое изображение по качеству сопоставимо с полноформатной рентгенограммой позволяет изучать, как малоконтрастные, так и высококонтрастные объекты на одном снимке одновременно из-за большого

динамического диапазона сканирующих систем, что во многом расширяет диагностическую значимость цифрового снимка.

- **Международный стандарт медицинских изображений DICOM-3.** Работа с изображениями ведется в формате международного стандарта медицинских изображений DICOM-3. Вывод (получение твердых копий) производится с помощью принтера Sony-895MD, позволяющего переносить снимки с высоким качеством изображения на бумагу. Формат изображения 110x110 мм, разрешение 600x800 пиксел, число градаций 256, стоимость одного снимка ~6 рублей.
- **Обработка и анализ изображений.** Врач, в удобное для него время, проводит обработку и анализ изображений сохраненных в архиве данных, используя следующие возможности: изменяет яркость и контраст снимка; выбирает и масштабирует область интереса; просматривает изображение в негативе и позитиве; производит ввод описаний результатов обследования.
- **Количественные характеристики изображения.** Особенно важно получение количественных характеристик изображения — это определение расстояний, углов, размеров органов или патологических образований. При уточнении диагноза возможно измерение относительной плотности в каждой точке снимка или средней относительной плотности в произвольном фрагменте снимка. Для повышения диагностической ценности получаемого снимка используют преобразование изображений с помощью специальных аппаратно-программных средств, с целью улучшения восприятия интересующих врача структур (повышение контрастности, подчеркивание контуров, фильтрация помех и др.).
- **Экономическая эффективность.** Массовые обследования с использованием традиционного метода регистрации рентгеновских изображений приводит к повышенным временным и материальным затратам, связанным с достаточно сложным процессом фотохимического проявления и использованием дорогостоящих сереброросодержащих материалов. Содержание пленочного архива, образующего в результате деятельности рентгенологического отделения становится дорогостоящим, так как срок хранения рентгеновских снимков и флюорограмм два года при отсутствии патологии, пять лет и более для снимков, отражающих патологические изменения. Снимки больных детей хранятся десять лет. При этом согласно мировой статистике, до 20% рентгенограмм теряются при хранении в архивах или их трудно вовремя востребовать. Потеря снимка в архиве и брак, неизбежно присутствующий при производстве рентгенограмм, вызывает необходимость проведения повторных исследований, что ведет к увеличению лучевой нагрузки и дополнительным трудовым затратам. Архивирование цифровых изображений на DVD дисках создает неограниченный и компактный рентгеновский архив отделения рентгенологии, обеспечивающий удобный и быстрый доступ через рабочие станции одновременно нескольким врачам. Накопленная информация в цифровом архиве позволяет тиражировать снимок многократно, поэтому отпадает необходимость в повторных обследованиях, потеря традиционных снимков больше не является проблемой. Замена архива, хранящегося в индивидуальных пакетах, громоздкой пленочной и бумажной картотеки пациентов на цифровую флюорокартотеку освобождает помещение данного лечебно-профилактического учреждения и высвобождает обслуживающий персонал. Созданный цифровой архив рентгенологического отделения (база данных) позволит оперативно контролировать объем всех видов обследований населения на туберкулез и другую легочную патологию, выделить традиционные группы риска, планировать объем флюорографических обследований, составлять отчет о профилактических обследованиях населения по возрасту, характеру выявленной патологии и видам обследования.

- **Цифровой архив** позволит врачам автоматизировать обработку результатов исследований с помощью специализированных алгоритмов, проводить статистическую обработку на больших выборках данных о пациентах с целью обобщения полученных результатов. По сохраненным данным в архиве можно создавать статистические отчеты согласно действующим нормативным документам о проведенных обследованиях, сортировать и выбирать пациентов в зависимости от условий отбора. Архивные изображения используются для быстрого и полноценного сравнения результатов двух обследований, снятых в разный момент времени, с целью анализа динамики развития заболевания или хода лечения.

- **Телемедицинские технологии.** Врач со своего рабочего места может провести не только анализ полученного изображения, но и передавать снимки для оперативных консультаций в другие медицинские центры по компьютерным сетям. Современные средства связи и передача данных позволят консультировать пациентов и их лечащих врачей, находясь от них на значительном расстоянии, даже на другом континенте, причем консультанту передается не субъективный доклад лечащего врача, а первичная диагностическая информация. Передача персонализированных данных о состоянии пациента удаленному консультанту позволяет выровнять шансы больных на получение квалифицированной помощи, когда речь идет о самом важном вопросе — постановке правильного диагноза. Во многих случаях непосредственное общение не требуется, консультации проводятся в отложенном режиме, когда вся необходимая медицинская документация, включая результаты исследований и измерений, пересылается консультанту по каналам связи заранее, консультант просматривает ее в удобное для себя время, готовит заключение и отправляет его обратно. Для уточнения диагноза или выбора метода лечения бывает достаточно одного обсуждения клинических проявлений болезни лечащим врачом с коллегами из специализированного отделения. Таким же путем, возможно дистанционное повышение квалификации по рентгенологии врача в режиме заочного обучения и получение информации о последних достижениях в лучевой диагностике. Созданные внутритерриториальные сети обеспечат доступ к высококвалифицированной консультативной помощи врачам из «глубинки». Защита от несанкционированного использования средств вычислительной техники (компьютера) и ограничение доступа к базе данных осуществлена введением в систему ключа защиты — пароля. Поставляемая в комплекте компьютерная техника сертифицирована и соответствует международным стандартам безопасности.

## Заключение

Применение в медицинских учреждениях современных цифровых информационных технологий повысит качество работы служб лучевой диагностики и сократит затраты на расходные материалы.

А использование флюорографа ФМЦ для скрининговых исследований органов грудной клетки позволит добиться значительного снижения радиационной нагрузки на население и снизит риск долгосрочных последствий от флюорографических исследований.

Таким образом, внедрение сканирующих технологий с высокоэффективным газовым приемником излучения в медицине предоставит возможность реализовать принципиально новый метод рентгенологических исследований с более высоким качеством цифрового изображения и в ряде случаев позволит:

- во-первых, осуществлять динамическое наблюдение за состоянием диспансерных пациентов из групп повышенного риска с любой необходимой периодичностью;
- во-вторых, свести риск облучения к безопасному минимуму при оценке эффективности лечения в динамике больных туберкулезом легких, что в свою очередь позволит своевременно вносить коррекцию в лечение;
- в-третьих, снять с рассмотрения вопрос о радиационной опасности при массовых обследованиях более ранних возрастных групп.

Применение сканирующих технологий в рентгенографии на сегодняшний день является оптимальным решением для профилактических исследований больших потоков пациентов с точки зрения достижения приемлемого баланса качество цифрового изображения/цена. Сравнительная оценка эффективности использования пленочной и цифровой технологии с позиции «польза/риск» свидетельствует о значительном преимуществе цифровых сканирующих технологий. Для одноординатного детектора обеспечивается разумная стоимость и низкие эксплуатационные затраты (ремонтпригодность). Очевидно, что цифровая информационная технология обработки и передачи изображений — новый шаг к формированию рентгеновских отделений, однако при этом требуется продуманная и плановая работа по переподготовке персонала рентгеновских отделений, поскольку цифровые технологии требуют от врача новых знаний.

### Контактная информация:

к.т.н., Ю. Г. Украинцев  
ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирск, Россия  
тел.: +7 (3832) 394588  
факс.: +7 (3832) 342163  
эл. почта: Yu.G.Ukrainsev@inp.nsk.su