

НОВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.142

А. О. Антонов, О. С. Антонов, В. П. Третьяков, М. Б. Штарк  
(Новосибирск)

ЦИФРОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ  
(ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ)

Описан комплекс для получения, обработки, хранения и передачи диагностических рентгенологических изображений, состоящий из АРМ рентгенолаборанта и АРМ врача-рентгенолога, объединяющий традиционные технологии регистрации диагностических рентгеновских изображений с прямой цифровой рентгенографией. Обсуждены требования к базе данных для долгосрочного архивирования диагностических изображений и к программному обеспечению ввода данных, сопровождающих рентгенограмму. Приведенные сведения отражают опыт авторов по эксплуатации системы в многопрофильной клинической больнице с неотобранным потоком больных (12 000 пациентов), которым сделано более 50 000 рентгенограмм.

**Введение.** Применение цифровой рентгенографии в медицинской диагностике привлекает к себе внимание специалистов и разработчиков по следующим причинам: 1) уменьшение облучения пациентов при профилактических и диагностических исследованиях; 2) рост стоимости рентгеновской пленки и химических реактивов; 3) ограниченный динамический диапазон рентгеновской пленки как средства регистрации изображения; 4) высокая стоимость и неудобство хранения пленочных архивов; 5) возможность извлечения большего количества качественной и количественной информации из цифрового изображения; 6) удобство нахождения, демонстрации и передачи цифровых изображений; 7) возросшая потребность в быстрой передаче медицинских изображений с консультационными целями.

Вместе с тем даже в США, где доля цифровых методик (компьютерная томография, УЗИ и т. д.) составляет около 30 % от всех проводимых радиологических исследований, классическая проекционная рентгенология использует традиционный фотохимический процесс, с помощью которого выполняются оставшиеся 70 % обследований [1].

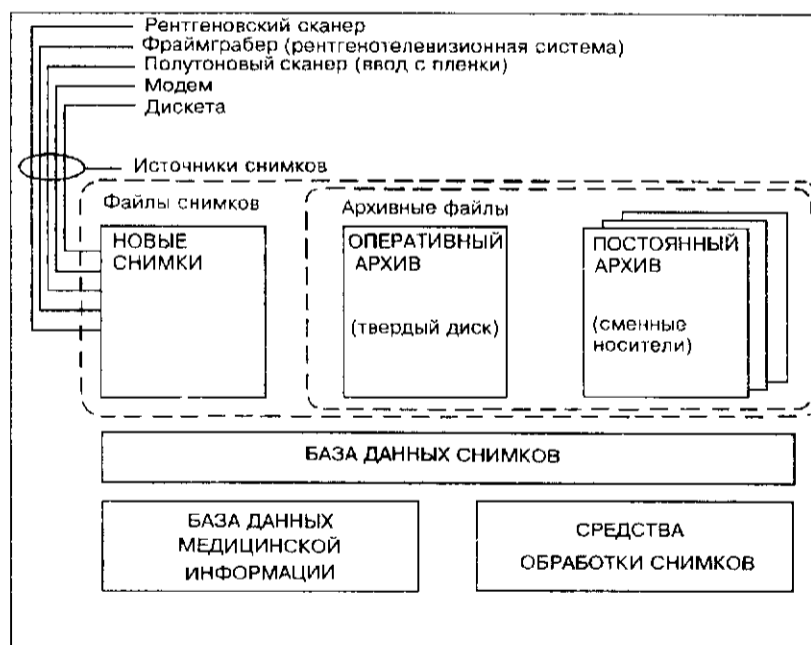
Системы компьютерного архивирования диагностических изображений обычно ассоциируются с мощными системами, подобными той, которая установлена в госпитале Хаммерсмита (Hammersmith Hospital, United Kingdom) [2]. Эта система укомплектована 136 рабочими станциями, 26 из которых находятся в рентгенологическом отделении, а остальные в других подразделениях госпиталя. Для долгосрочного хранения используются оптические диски емкостью 2 Тбайта. Однако такие отделения — исключение. Обычное рентгеновское отделение имеет два рабочих места и может пропустить около 30 больных в день.

Авторы статьи имеют многолетний опыт применения цифровой технологии в подобном рентгенологическом отделении многопрофильной больницы. Процесс внедрения различных элементов системы протекал постепенно в течение нескольких лет, что привело к некоторой разнородности использованных технических средств.

Настоящая статья посвящена краткому обобщению опыта авторов в области использования компьютерной технологии в рентгенологии.

**Общая структура используемого комплекса.** Комплекс состоит из автоматизированного рабочего места лаборанта и автоматизированного места врача-рентгенолога, объединенных в локальную сеть. В АРМ рентгенолаборанта производится внесение сведений о больном, необходимых организационных и клинических данных, а также управление процессом регистрации рентгеновских изображений. АРМ рентгенолаборанта предусматривает возможность работы с различными системами регистрации изображений. После получения рентгеновского изображения все сведения о пациенте по локальной сети передаются на рабочее место врача-рентгенолога.

Рабочее место врача-рентгенолога оснащено программной системой (см. рисунок), обеспечивающей полный цикл обработки и архивирования рентгеновских изображений, поступающих из различных источников. Кроме интерактивной обработки вновь поступивших снимков, которая включает регистрацию пациента с проверкой наличия архивных снимков данного пациента и сравнением их с новыми, система поддерживает процесс описания снимков и выдачу заключения по ним. После этого врач выполняет так называемую «клиническую» компрессию изображения [1] и передаст снимки в архив. Организация компьютерного хранения рентгеновских диагностических изображений затрудняется их значительным объемом, который не позволяет обеспечить требуемый нормативными документами Министерства здравоохранения срок хранения без использования запоминающих устройств со сменными носителями. В использованной системе вся архивная информация разделена на сопроводительную (паспортные данные пациента, выполненные рентгенологические исследования, описательная часть диагностических исследований) и графическую (цифровые диагностические изображения). Сопроводительная информация организована в базу данных и постоянно хранится на твердом диске, обеспечивая возможность свободного доступа к ней. Рентгеновские изображения сохраняются в виде отдельных файлов, которые могут находиться как на твердом диске, так и на внешних носителях (стример, магнито-оптические диски и т. д.), причем информация об их местонахождении



Общая схема хранения файлов с рентгенографической информацией

сохраняется в базе данных. В качестве базового графического формата выбран TIFF-формат, расширенный приватными тэгами, содержащими специализированную информацию.

**Методы обработки и анализа изображений, средства получения твердых копий.** Для обработки и анализа полученного снимка система предоставляет широкий набор функций: просмотр отдельных участков изображения в любом масштабе; четыре типа глобального выравнивания гистограммы яркостей; яркостная коррекция с произвольной характеристикой преобразования; подчеркивание границ; сглаживание; вырезание фрагмента; слияние и вычитание изображений; построение гистограммы; измерение координат, расстояний, площадей (эти измерения доступны как в миллиметрах, так и в пикселах); измерение углов с произвольным заданием базы. Наиболее применяемым способом регулировки контрастных характеристик оказалось интерактивное задание произвольной характеристики преобразования яркостей. Часто используется возможность быстрой инверсии изображения из негатива в позитив и обратно. Более сложные методы оценки изображений, подобные описанным в [3, 4], пока не находят широкого применения.

Программное обеспечение позволяет врачу-рентгенологу при необходимости получить твердые копии изображений на лазерном принтере (этот способ несколько уступает в точности передачи диагностических изображений термопечати или поляроидному фотопроцессу, но значительно дешевле всех других способов воспроизведения изображения). Качество получаемых на бумаге изображений пока недостаточно для диагностических целей, но пригодно для печати обработанных рентгенологом изображений, на которых патологические изменения, обнаруженные рентгенологом при анализе снимка на экране дисплея, соответствующим образом усилены. Больница, в которой применяется данный комплекс, в течение нескольких лет использует компьютерный метод ведения истории болезни, поэтому врачи клинических подразделений предпочитают просматривать цифровые рентгенограммы на экранах своих дисплеев, установленных в ординаторских.

**Используемые средства получения цифровых рентгенограмм.** 1. *Традиционная рентгенография.* Рентгенограммы, полученные с помощью традиционного фотохимического процесса, переводятся в цифровую форму проекционным полутонным графическим сканером и обычным негатоскопом. Далее файл с рентгенограммой обрабатывается средствами, имеющимися в АРМ врача-рентгенолога.

2. *Средства прямого получения цифровых рентгенограмм.* Наиболее привлекательной для пользователей является, конечно, возможность прямого получения файлов с рентгеновскими изображениями, минуя промежуточные носители в виде рентгеновской пленки, что в значительной степени объясняется высокой стоимостью традиционного экранопленочного процесса. Эта возможность реализована в системе двумя способами, каждый из которых имеет свою область применения. Для тех исследований, которые требуют наблюдения быстрой динамики изображения (например, контрастная рентгеноскопия желудка), используется фреймграбер, позволяющий принимать изображения из видеотракта стандартной рентгенотелевизионной установки. Такими установками оснащены все современные рентгеноскопические аппараты. Хотя возможность захвата кадров в реальном времени и существует, более предпочтительной для рентгенологов оказалась работа в отсроченном режиме, когда захват кадров выполняется при просмотре видеомагнитофонной записи произведенного исследования. Недостаток рентгенотелевизионных систем — ограниченность поля зрения и узкий диапазон яркостей, что делает их неприменимыми для получения обзорных снимков грудной клетки.

От этих недостатков свободны сканирующие рентгеновские системы, которые при учете их сравнительно низкой стоимости могут рассматриваться в качестве неплохой альтернативы двумерным матричным системам. В отличие от последних в сканирующих системах рентгеновский пучок сформирован целевым коллиматором, что резко ослабляет влияние рассеянного излучения на формирование изображения и позволяет обходиться без специальных мето-

дов его подавления. Принцип однокоординатного механического сканирования используется в компьютерной томографии для получения предварительного пилот-снимка (по которому выбирается положение последующих томографических срезов) и в остеоденситометрах [5] для измерения содержания кальция в костной ткани. Для выполнения общеклинических рентгеновских исследований сканирующие системы в западных странах пока не используются.

Хотя по данным Фоли [9] увеличение размера пиксела от 0,2 до 1,0 мм не приводит к статистически существенным различиям при оценке рентгенограмм любой клинической значимости, Шлосман [10], подытоживая исследования значимости пространственного разрешения, утверждает, что для решения общеклинических задач необходим размер пиксел не более 0,4 мм. Это разрешение достаточно для распознавания септальных линий [11], интерстициальных инфильтратов и пневмоторакса [12]. Именно такое разрешение использовал в своих исследованиях Хюбенер [13], показавший, что применение стандартной пленочной рентгенографии привело к правильному диагнозу в 90,1 % случаев, в то время как цифровые изображения обеспечили это в 94 % случаев в той же исследуемой группе пациентов. Это объясняется тем, что низкое разрешение в значительной степени компенсируется возможностями гибкого регулирования контраста. Так, например, улучшение контрастности между воздухом в плевральной полости и в легком может сделать ненужным непосредственное наблюдение плевральной линии и дать правильный диагноз пневмоторакса [14]. Эти же возможности позволяют обнаруживать пластиковые и деревянные инородные тела [15] и исследовать регионарную вентиляцию легких [16]. Кроме того, сканирующие системы обладают уникальной возможностью получения рентгенограммы человека в полный рост, что нашло применение в области ортопедии для измерения длины конечностей и диагностики деформаций позвоночного столба.

**Заключение.** Мы имели возможность испытать в условиях неотобранного потока больных многопрофильной клинической больницы цифровые рентгенографические сканирующие системы ИЯФ СО РАН с разрешающей способностью 1,2 и 0,6 мм [6] и малодозовые системы, разработанные при участии авторов [17] на основе твердотельных элементов с разрешающей способностью 0,4 мм. За период с января 1993 г. по февраль 1996 г. нами обследовано 13 105 пациентов, которым сделано около 30 000 рентгенограмм. Основную долю из них составили исследования костно-суставной системы (52 %) и обзорные снимки грудной клетки (32 %).

Описанный комплекс позволяет объединить традиционные технологии получения рентгенологических изображений с цифровыми, перевести диагностическую рентгенологию на качественно новый, высокий уровень компьютерных технологий. При этом достигается полная согласованность как всех участников процесса рентгенодиагностики, так и всех используемых технологий. Главными преимуществами описанной системы являются:

— уменьшение лучевой нагрузки на пациентов при получении прямых цифровых изображений;

— значительное уменьшение расхода рентгеновской пленки и высокая экономическая эффективность процесса;

— компьютерная обработка изображения, позволяющая объективизировать диагностическую информацию;

— создание оперативных архивов и баз данных, повышающих диагностическую эффективность получаемых изображений благодаря оперативному динамическому анализу;

— возможность передачи изображений по компьютерным сетям.

Опыт применения описанного комплекса с использованием малодозовых систем регистрации продемонстрировал его высокую эффективность и показал, что вследствие относительно невысокой стоимости он может послужить основой для массового применения в лечебных учреждениях России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wong S., Zaremba L., Gooden D., Huang H. K. Radiologic image compression — A review // Proc. IEEE. 1995. 83, N 2. P. 194.
2. Glass H. I., Reynolds R. A., Allison D. J. Planning for PACS at Hammersmith hospital // Proc. Nordic Symposium on PACS "Digital Radiology and Telemedicine". Stockholm: SPRI, 1993. P. 37.
3. Антонов О. С., Хабахпасhev А. Г., Шехтман Л. И. и др. Автоматизация разделения рентгенограмм грудной клетки на «норму» и «патологию» // Вестник рентгенологии и радиологии. 1992. № 1. С. 17.
4. Антонов О. С., Маптула Д. К., Манохин А. Н. Денситометрический анализ рентгенограмм грудной клетки с разделением их на классы «норма» и «патология» // Вестник рентгенологии и радиологии. 1988. № 3. С. 55.
5. Wahner H. W., Fogelman I., Dunitz M. The Evaluation of Osteoporosis: Dual Energy X-ray Absorbtion Try in Clinical Practice. London: Martin Dunitz, Ltd., 1994.
6. Бабичев Е. А., Бару С. Е., Волобуев А. И. и др. Цифровая рентгенографическая установка для медицинской диагностики. Новосибирск, 1989. (Препр. /СО РАН. ИЯФ; № 89-73).
7. Волобуев А. И., Денисов П. И., Коханский И. Н. и др. Лучевые нагрузки на пациентов при обследованиях на цифровой рентгенографической установке // Вестник рентгенологии и радиологии. 1989. № 1.
8. Babichev T. A., Baru S. E., Khabakhpashev A. G. et al. Digital radiographic scanning installation with multiwire proportional chamber // Nucleas Instrum. and Methods Phys. Research. 1991. A310. P. 449.
9. Foley W. D., Wilson C. R., Keyes G. S. et al. The effect of varying spatial resolution on the detectability of diffuse pulmonary nodules // Radiology. 1981. 141. P. 25.
10. Schlossman D. Digital chest in imaging // Radiologic Diagnosis of Chest Disease /Ed. M. Sperber. Springer-Verlag, 1990. P. 154.
11. Lams P. M., Cocklin M. L. Spatial resolution requirements for digital chest radiographs: an ROC study of observer performance in selected cases // Radiology. 1986. 158. P. 11.
12. McMahon H., Vyborny C. J., Metz C. E. et al. Digital radiography of subtle pulmonary abnormalities; an ROC study of the effect of pixel size on observer performance // Radiology. 1986. 153. P. 21.
13. Huebener K. H. Scanned projection radiography of the chest versus standard film radiography: A comparison of 250 cases // Radiology. 1983. 148. P. 363.
14. Kundel H. L. Digital projection radiography of the chest // Radiology. 1986. 158. P. 274.
15. Roobottom C. A., Weston M. J. The detection of foreign-bodies in soft-tissue — comparison of conventional and digital radiography // Clinical Radiology. 1994. 49, N 5. P. 330.
16. Denbratt L., Bergman B., Wake B. et al. Does digital chest radiography assess regional ventilation // Clinical Physiology. 1994. 14, N 2. P. 153.
17. Селезнев С. Н., Скок А. А., Сорокин В. А., Третьяков В. П. Малодозовая медицинская цифровая система регистрации рентгеновских изображений // Автометрия. 1996. № 6.

*Поступила в редакцию 12 февраля 1996 г.*