

Информационная система офтальмологической клиники

Терещенко А. В.

д.м.н., директор Калужского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, nauka@mntk.kaluga.ru

Долгов Ю. В.

начальник отдела информационных технологий Калужского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, dol@eye-kaluga.com

Румянцев Д. С.

ведущий программист отдела информационных технологий Калужского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, dimitr@eye-kaluga.com

Сайдумаров К. В.

программист первой категории отдела информационных технологий Калужского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, dimitr@eye-kaluga.com

Успехи медицины и офтальмологии, в частности, во многом определяются наукоёмкостью и технологичностью процессов диагностики и лечения. Современная офтальмологическая клиника может полноценно функционировать и развиваться только с применением последних ИТ-разработок. На современном этапе всё хирургическое и диагностическое оборудование способно участвовать в обмене цифровой информацией, систематизировать ее и организовывать в базы данных; все выполняемые операции и манипуляции требуют строгого медико-экономического учета, контроля и анализа. В 1988 году Калужский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» создавался как медицинский офтальмологический комплекс, в котором изначально планировалось широкое применение вычислительной техники. Отличительной особенностью является объединение экономической и медицинской подсистем в единое информационное пространство, доступность всей необходимой информации с любого рабочего места в полном объеме. Открытие подразделений клиники в регионах, внедрение мобильных структур потребовало создания распределенной межрегиональной системы. На текущий момент медицинская информационная система клиники является неотъемлемой частью и инструментом лечебного процесса, научной и экономической деятельности, объем оперативной части данных на более чем 330000 пациентов превышает 7 Гбайт. Информационная система Калужского филиала ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» позволяет наиболее оптимально и с наименьшими затратами автоматизировать подавляющее большинство задач, стоящих перед офтальмологической клиникой.

Ключевые слова: медицинская информационная система, офтальмологическая клиника, система управления базой данных Oracle

Введение

Информатизация и компьютеризация являются необходимыми условиями успешной работы любой медицинской клиники в современных условиях [3]. Также необходимы инструменты для анализа экономической деятельности и оперативного управления лечебным учреждением.

Анализ комплекса данных способствует принятию правильных управленческих решений, выбору наиболее перспективных направлений для оказания медицинских услуг и

дальнейшего развития. Для этого в клинике должна быть не только медицинская информационная система (МИС) [2,4], но и система полного экономического и статистического анализа в совокупности с медицинской частью. При этом следует учитывать постоянно меняющееся законодательство в области здравоохранения, принятие новых нормативных документов.

Кроме того, взаимодействие с «внешними факторами», такими как Фонд обязательного медицинского страхования, страховые компании, становится также необходимой и обязательной частью функционирования информационной системы клиники.

Поэтому наличие высокого уровня информатизации и компьютеризации в медицинском учреждении на сегодняшний день является неотъемлемым условием его успешного функционирования.

Материалы и методы

В Калужском филиале ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России еще в 90-е годы прошлого века была создана и успешно развивается комплексная информационная система.

Идеологически система была задумана и реализована на объединении экономической и медицинской подсистем в единое информационное пространство с обеспечением доступности всей необходимой информации с любого рабочего места в полном объеме.

На 90-е годы приходилась первая волна перестройки здравоохранения – начало оказания платных услуг населению. Появилась необходимость учитывать экономическую эффективность, стоимость лечения, а в связи с переходом на новую систему начисления заработной платы – долю трудового участия каждого сотрудника. Была проведена масштабная работа по созданию методики оценки труда персонала, экономически обоснована стоимость как каждой услуги, так и комплекса услуг, определена взаимосвязь лечебной и экономической деятельности.

В медицинской части разработаны электронные формы для ввода данных о пациенте (регистратура), данные диагностических обследований, поставленный диагноз, лечебные назначения, планирование оперативного вмешательства, карта операции, послеоперационное долечивание, формирование выписного эпикриза и т.д.

Для успешного лечения пациентов были разработаны так называемые маршруты лечения по каждой нозологии – это набор необходимых процедур, диагностических обследований, анализов, методов и методик оперативного и консервативного лечения.

Каждая медицинская услуга (обследование, консультация врача, операция, долечивание) однозначно сопоставлялась с экономической частью лечебного процесса, работой персонала клиники. Тогда это позволило перейти от принятого в здравоохранении «койко-дня» к «пролеченному случаю». Новая идеология обеспечила не только внедрение передовых технологий лечения, но и экономически подтвердила их обоснованность в ежедневной практике лечебного процесса.

Результаты

Актуальное состояние МИС клиники. В настоящее время вычислительный парк клиники представляет собой 6 серверов, 230 рабочих станций, 8 шлюзов безопасности для построения VPN-каналов (англ. Virtual Private Network) через Интернет. Работа удаленных подразделений осуществляется в терминальном режиме.

Инфраструктура филиала, как показал 28-летний опыт ее развития и эксплуатации, позволяет достаточно гибко адаптироваться к различным изменениям условий функционирования клиники, как внешним, так и внутренним. Структурированная кабельная сеть общей протяженностью около 8 км легко расширяется при создании дополнительных площадей: строительства нового корпуса и реорганизации медицинских и лечебных кабинетов. Использование оптоволоконных линий связи в качестве магистралей между зданиями и коммутаторов 3-го уровня позволяет избежать «узких» мест с точки зрения пропускной способности и сегментировать сеть, разбив ее на отдельные VLAN (Virtual Local Area Network) (3 виртуальные сети).

Филиал продолжает развивать информационную систему, используя вертикальное масштабирование. Открытие региональных лечебно-диагностических отделений (Орел, Обнинск, Смоленск) привело к вводу дополнительного сервера лицензирования удаленных рабочих столов и увеличению пропускной способности каналов передачи данных.

Наряду с этим было введено их резервирование с подключением к различным провайдером услуг Интернет. Традиционная файл-серверная архитектура и приложение не предполагают кластеризации, поэтому увеличение производительности достигается путем модернизации серверного и сетевого оборудования. Так, например, были запущены в эксплуатацию 2 сервера, одно- и двухпроцессорный, на базе 6-ядерных Intel Xeon E5.

Подобная практика (резервирование каналов и использование дополнительных серверных компонентов с возможностью «горячей» замены) имеет своей целью повышение отказоустойчивости и доступности системы. Время восстановления после сбоя

не превышает 30 минут. Общее время простоя в рабочее время из-за сбоев и отказов за последние 2 года не превысило 10 часов/год.

За многолетнюю историю функционирования в медицинской информационной системе Калужского филиала МНТК «Микрохирургия глаза» накоплены данные более чем на 500 тысяч успешно пролеченных пациентов со всех регионов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Использование СУБД Oracle. В клинике развернута система управления базой данных (СУБД) Oracle 10.2.0.2 [6], на платформе которой выполняются «тяжелые» аналитические отчеты, данные для которых формируются во время минимальной рабочей нагрузки на серверы, обычно в ночное время. В структуры Oracle также перенесено около 30% данных, полученных при вводе и обработке в реальном времени (OLTP). Сочетание файл-серверной архитектуры и БД Oracle позволило сохранить высокую скорость работы клиентов и обеспечить отделы мощной системой подготовки отчетности. Стоит заметить, что практически все изменения в функционале МИС выполняются в настоящее время только на платформе Oracle, т.е. осуществляется планомерная миграция на эту СУБД.

Одна из задач, успешно решенная с применением Oracle – организация информационного обмена с территориальным фондом обязательного медицинского страхования (ФОМС). Основная сложность состоит в частой смене региональных форматов пересылаемых данных, тарифов на медицинские услуги и отсутствие в тарифных соглашениях такого условия лечения как «амбулаторная хирургия», являющегося ведущим в Калужском филиале ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза».

В итоге была реализована подсистема загрузки и верификации первичных данных МИС в Oracle с последующим формированием реестров услуг и пациентов, пролеченных по ОМС (ВМП) (высокотехнологичная медицинская помощь за счет средств обязательного медицинского страхования). Особая роль принадлежит верификации выгружаемых данных в соответствии с перечнем причин отказов в оплате территориального ФОМС (ТФОМС): ошибки, выявляемые в ТФОМС и страховой медицинской организации, стали единичными, не более 2-3 за квартал.

Электронная очередь. В настоящее время широко распространена электронная запись пациентов [7,9,11]. Особенности планирования потока пациентов в Калужском филиале ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» нашли отражение в разработанной подсистеме «Очередь». Запись на прием осуществляется как в самой клинике, так и во всех структурных подразделениях, а также по телефону и через сеть Интернет. Обновляемая по таймеру сетка записи на выбранный день позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние текущей очереди. Каждая запись в очереди обладает следующими параметрами: источник финансирования, назначенное время, номер талона, идентификационные данные пациента и отметки о выдаче талона на руки и явке пациента. Такой набор данных позволяет эффективно осуществлять контроль за

перемещениями пациентов и загрузкой кабинетов. Шаблон записи индивидуален для каждой очереди и может динамически изменяться во время работы. Допускается планирование записи на неограниченное время в будущем, что особенно важно для посещений с квотируемым финансированием, таким как оплата из средств ФОМС или ВМП.

Важной особенностью, отражающей процесс прохождения пациентами диагностической линии, является возможность параллельной записи на одно время нескольких пациентов. Использование объектно-реляционной СУБД Oracle с возможностями пессимистической блокировки записей позволяет полностью исключить двойную запись и порождаемые этим коллизии. Указанная подсистема используется не только для ведения записи пациентов, но и для учета планируемых операций.

Ежедневно по программе «Очередь» обслуживается более 1200 записей, а во всей системе обрабатывается более 25 тысяч оперативных записей по услугам, медицинским данным (данные по диагностике, операциям, оплате), формируется до 50 различных отчетов и справок. На сегодняшний день объем оперативной части данных на более чем 330000 пациентов превышает 7 Гбайт.

За 2015 год число посещений пациентами клиники составило более 180 тысяч, проведены 26 тысяч курсов лечения, из них более 22 тысяч хирургических вмешательств.

Хранение и визуализация данных диагностики. Отдельного упоминания заслуживает внедрение автоматизации процессов проведения исследований с использованием диагностического оборудования с активной опцией DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), хранением и последующим анализом полученных изображений [1,5,8,10]. К DICOM PACS (Picture Archiving and Communication System) серверу подключены оптический когерентный томограф, ретинальная педиатрическая система RetCam-3 для обследования недоношенных детей и ряд других. В филиале используется проприетарное решение компании Merge Healthcare, охватывающее весь спектр офтальмологического оборудования. Емкость дисковой RAID-системы – 14 Тб. Просмотр и аналитика данных доступны со всех лицензированных рабочих станций врачей-офтальмологов.

Имеющаяся в филиале аппаратная система видеоконференцсвязи LifeSize открывает возможности для организации телемедицинских конференций в масштабах всей распределенной сети клиник МНТК. Все это делает технологию DICOM приоритетным направлением в развитии диагностических технологий филиала.

Информационная поддержка оказания ВМП. Внедрение в нашей стране высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП) привело к необходимости персонализированного учета пациентов, подпадающих под действие этой программы. С этой целью МИС филиала было дополнена подсистемой учета талонов ВМП.

Вышеуказанная подсистема позволяет отслеживать статус талона на всем протяжении его обработки в клинике, формировать специализированные реестры, контролировать объемы оказываемой ВПМ в соответствии с государственным заданием. Значимой является возможность автоматического обмена информацией с федеральным порталом «Оказание высокотехнологичной медицинской помощи», что позволяет избежать ошибок дублированного ввода и существенно сократить время работы персонала.

После создания талона-направления на оказание ВМП и появления его на федеральном портале, данные талона импортируются в подсистему МИС. Прохождение всех этапов лечения сопровождается изменением статуса талона от состояния «импорт» через «действующий» и «находится на лечении» до «пролечен». На разных этапах лечения осуществляется печать необходимых юридически значимых документов и заполнение требуемого набора записей об операциях. По завершении лечения осуществляется экспорт всех данных на федеральный портал.

Удаленные структурные подразделения. Открытие территориально удаленных подразделений клиники в Орле, Обнинске и Смоленске привело к необходимости обеспечить их работу в режиме реального времени в общей МИС филиала. Единственной возможностью обеспечить связность подразделений стало использование публичной сети Интернет, поскольку в имеющихся на сегодняшний день условиях нет выделенного канала от точки подключения к центральному сегменту компьютерной сети клиники. В связи с повышенными требованиями к конфиденциальности передаваемых медицинских данных было принято решение использовать технологию IPSec Virtual Private Network, которая обеспечивает надежное шифрование всего трафика между точками подключения.

Используемая схема позволила обеспечить безопасный способ доступа к ресурсам корпоративной сети через глобальную сеть Интернет без необходимости выделения линии. Каждое из удаленных подразделений имеет собственную компьютерную сеть, включающую несколько десятков рабочих станций и принтеров, и шлюз безопасности, обеспечивающий защищенный доступ к центральному сегменту сети филиала.

Таким образом, все сетевые устройства и компьютеры, разнесенные географически, оказываются включенными в одну логическую сеть. Это позволяет прозрачно для пользователей использовать любые сетевые ресурсы компьютерной сети. Единственное ограничение связано с низкой пропускной способностью и высокой стоимостью передачи данных в сети Интернет, предоставляемой провайдерами. Поэтому доступ удаленных пользователей к МИС осуществляется с использованием сервера терминалов, расположенного в центральном сегменте филиала.

Терминальный доступ позволяет значительно снизить общий объем передаваемых данных в зашифрованном канале между различными сегментами сети и использовать

физические подключения с низкой пропускной способностью, вплоть до xDSL-подключений со скоростями 1 Мбит/с.

Мобильный клинико-диагностический комплекс. В 2015 году Калужский филиал начал осуществлять выездную консультативную деятельность в регионах на мобильной платформе (передвижной комплекс на автомобильном шасси Volvo), оснащенной базовым комплектом офтальмологического диагностического оборудования. Выездная работа потребовала организации автоматизированных рабочих мест в передвижном комплексе.

Одним из основных требований было обеспечение работы как в онлайн, так и офлайн, используя локальную копию БД с последующей синхронизацией.

В передвижном комплексе организованы 3 автоматизированных рабочих места (АРМ): медицинский регистратор, диагностика и врач. Вся структура АРМов в плане организации работы медперсонала представляет собой полнофункциональную копию информационной системы клиники (отсутствуют подсистемы аналитической отчетности). Информационная система передвижного комплекса представляет собой 3 ноутбука и 2 multifunctional устройства (МФУ), объединенных в беспроводную локальную сеть. Хранение данных обеспечивается на файловом сетевом хранилище NAS (Network Attached Storage, сетевая система хранения данных) емкостью 2 Тб. Все активное сетевое оборудование подключено через портативные источники бесперебойного питания 600Va, питаемые от автономной электросети передвижного комплекса или внешней сети переменного тока.

В областях с уверенным приемом 3G (4G) сигнала возможна непосредственная работа с БД клиники в терминальном режиме по каналу VPN. При отсутствии стабильной связи данные с передвижного комплекса передаются по электронной почте и синхронизируются при помощи специального приложения. Таким образом, исчезает необходимость повторного ввода данных пациента и результатов первичного осмотра в клинике.

Перспективы развития МИС клиники

Любая информационная система проходит в своем развитии несколько этапов. МИС Калужского филиала ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» на сегодняшний день является основным используемым в клинике медико-экономическим прикладным решением, охватывающим все направления работы: лечебную, финансово-экономическую, юридическую, научную – и все подразделения: от справочной службы и регистратуры до диагностики, лечебных отделений, операционного блока, отдела маркетинга, бухгалтерии, планово-экономического отдела и отдела кадров.

Ведется проработка проекта новой информационно-аналитической медицинской системы (ИАМС), которая подразумевает переход на новую платформу разработки, позволяющую реализовать ИАМС как web-приложение, взаимодействующее с промышленной СУБД и единой системы хранения данных. Использование кластеризации и виртуализации HyperV позволит выполнять горизонтальное масштабирование БД и более эффективно использовать вычислительные мощности. Ключевым моментом является обязательное взаимодействие с единой государственной информационной системой здравоохранения и более тесная интеграция с региональным ФОМС. При этом планируется до 90% работ по поддержке МИС отдать на аутсорсинг.

Относительно DICOM PACS системы можно сказать, что имеющийся парк диагностического оборудования (на сегодняшний день КФ располагает всеми приборами, позволяющими провести полную диагностику органа зрения) требует дополнительных подключений и лицензирования новых рабочих мест офтальмологов. Роль хранилища цифровых медицинских изображений выросла за 3 года эксплуатации, и DICOM-сервер стал обязательным инструментом анализа в клинической и научной практике.

Заключение

Информационная система Калужского филиала ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» позволяет наиболее оптимально и с наименьшими затратами автоматизировать подавляющее большинство задач, стоящих перед офтальмологической клиникой.

В ней реализована вся идеология системы МНТК «Микрохирургия глаза», направленная исключительно на движение вперед, на постоянное развитие и совершенствование.

Оценивая полученные за 28 лет результаты по разработке, внедрению и сопровождению МИС, можно сделать вывод, что выбор платформы и бизнес-логики был верным, а перенос парадигмы нашей клиники на новое приложение создаст достаточные резервы для будущего развития.

Конфликт интересов

Авторы гарантируют отсутствие конфликта интересов по поводу материалов, представленных в данной статье.

Авторский вклад

Концепция – Терещенко А. В., Долгов Ю. В.

Написание текста – Долгов Ю. В., Румянцев Д. С., Сайдумаров К. В.

Редактирование – Терещенко А. В., Долгов Ю. В., Румянцев Д. С.

Литература

1. Беликов Т.П., Лапшин В.В. Системы архивирования и передачи медицинских изображений (PACS) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1994. Т. 39. № 2. С. 66-72.
2. Гусев А.В., Романов Ф. А., Дуданов И.П., Воронин А.В. Медицинские информационные системы. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. 404 с.
3. Ермаков Д.Е. Средства представления структурированных данных в медицинской информатике // Информационные технологии в здравоохранении. 2003. № 3-4. С. 30-32.
4. Назаренко Г. И., Гулиев Я. И., Ермаков Д. Е. Медицинские информационные системы: теория и практика / Под редакцией Г. И. Назаренко, Г. С. Осипова. М.: Физматлит, 2005. 320 с.
5. Boos J., Meineke A., Rubbert C. et al. Cloud-Based CT Dose Monitoring using the DICOM-Structured Report: Fully Automated Analysis in Regard to National Diagnostic Reference Levels // Rofo. 2016. Vol. 188. No. 3. P. 288-294.
6. Chambers H. The Delphi consensus technique: oracle of gait analysis // Dev Med Child Neurol. 2016. Vol. 58. No. 3. P. 228.
7. Gumi S. Electronic patient record: the competition begins // Rev Med Suisse. 2015. Vol. 29. No. 11(472). P. 998.
8. Haak D., Page C., Reinartz S. et al. DICOM for Clinical Research: PACS-Integrated Electronic Data Capture in Multi-Center Trials // J Digit Imaging. 2015. Vol. 28. No. 5. P. 558-566.
9. Poulymenopoulou M., Papakonstantinou D., Malamateniou F. et al. A conceptual security framework for personal health records (PHRs) // Stud Health Technol Inform. 2013. Vol. 190. P. 129-131.
10. Robinson J. Beyond the DICOM header: additional issues in deidentification // AJR Am J Roentgenol. 2014. Vol. 203. No. 6. P. W658-664.
11. Schneider H. Electronic patient record as the tool for better patient safety // Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2015. Vol. 58. No. 1. P. 61-66.

Information system of ophthalmologic clinic

Tereshhenko A.V.

Doctor of Medicine, Director, Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» named after academician S. N. Fedorov» of the Ministry of Health of Russia, klg@eye-kaluga.com

Dolgov Ju.V.

Head, Department of information technology, Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» named after academician S. N. Fedorov» of the Ministry of Health of Russia, dol@eye-kaluga.com

Rumjancev D. S.

Leading programmer, Department of information technology, Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» named after academician S. N. Fedorov» of the Ministry of Health of Russia, dimitr@eye-kaluga.com

Sajdumarov K. V.

Programmer of the first category, Department of information technology, Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» named after academician S. N. Fedorov» of the Ministry of Health of Russia, mail@eye-kaluga.com

The progress of medicine and ophthalmology, in particular, are largely determined by the research intensity and technological processes of diagnosis and treatment. Modern ophthalmological clinic can be fully operational and develop only applying the latest IT-technologies. At the present stage, all surgical and diagnostic equipment can exchange digital information, systematize it and organize in a database; all operations and manipulations require strict health and economic accounting, control and analysis. In 1988, Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» was created as an ophthalmic medical complex, where wide use of computer technology was originally planned. A distinctive feature is the unification of economic and medical subsystems into a single information space, full availability of all necessary information from any workstation. The opening of the clinic branches in the regions, introduction of mobile structures required the creation of a distributed interregional system. Currently, medical information system of the clinic is an integral part and instrument of the therapeutic process, scientific and economic activities, and the operational part of the data on more than 330000 patients exceeds 7 GB. Information system of Kaluga branch of «IRTC «Eye Microsurgery» allows to automate most optimal and cost-effective the vast majority of the challenges facing the ophthalmologic clinic.

Key words: medical information system, ophthalmic clinic, database management system Oracle

References

1. Belikov T.P., Lapshin V.V., "Systems for archivation and transmission of medical images (PACS)." *Medicinskaya radiologiya i radiacionnaya bezopasnost'* 2 (1994): 66-72.
2. Gusev A.V. Romanov F.A. Dudanov I.P., Voronin A.V, Medical information systems. Petrozavodsk: PetrGU, 2005. Print.
3. Ermakov D.E., "Means of structured data representation in medical informatics." *Informacionnye tekhnologii v zdavoohranenii* 3-4 (2003): 30-32.
4. Nazarenko G. I., Guliev Ya. I., Ermakov D. E. Medical Information Systems: Theory and Practice (Nazarenko G. I., Osipov G. S, editors). Moscow: Fizmatlit, 2005. Print.
5. Boos J. Meineke A. Rubbert C. et al. "Cloud-Based CT Dose Monitoring using the DICOM-Structured Report: Fully Automated Analysis in Regard to National Diagnostic Reference Levels." *Rofo* 3 (2016): 288-294.
6. Chambers H. "The Delphi consensus technique: oracle of gait analysis." *Dev Med Child Neurol.* 3 (2016): 228.
7. Gumi S. "Electronic patient record: the competition begins." *Rev Med Suisse* 11 (2015): 998.
8. Haak D. Page C. Reinartz S. et al. "DICOM for Clinical Research: PACS-Integrated Electronic Data Capture in Multi-Center Trials." *J Digit Imaging* 5 (2015): 558-566.

9. Poulymenopoulou M. Papakonstantinou D. Malamateniou F. et al. "A conceptual security framework for personal health records (PHRs)." *Stud Health Technol Inform*. Vol. 190 (2013): 129-131.
10. Robinson J. "Beyond the DICOM header: additional issues in deidentification." *AJR Am J Roentgenol*. 6 (2014): 658-664.
11. Schneider H. "Electronic patient record as the tool for better patient safety." *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 1 (2015): 61-66.