

Медицинская и биологическая кибернетика

УДК 004.75+004.932.2:616

А.С. КОВАЛЕНКО, д-р мед. наук, проф., зав. отд.
медицинских информационных систем
e-mail: askov49@gmail.com

Л.М. КОЗАК, д-р биол. наук, старш. науч. сотр., ведущий науч. сотр.
отд. медицинских информационных систем
e-mail: lmkozak52@gmail.com

О.А. РОМАНИЮК, младший науч. сотр.
отд. медицинских информационных систем
e-mail: ksnksn7@gmail.com

Международный научно-учебного центр информационных технологий
и систем НАН Украины и МОН Украины, пр. Академика Глушкова, 40,
г. Киев, 03680 ГСП, Украина

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ МЕДИЦИНЫ

Рассмотрены этапы развития медицинской информатики, опыт разработки подходов и методов формализации медицинской информации, создания медицинских информационных систем и информационных технологий исследования биологических систем разного уровня иерархии. Представлены результаты разработки информационной технологии поддержки хранения и обработки цифровой медицинской информации. Использование разработанной технологии обеспечивает организацию долговременного хранилища цифровых медицинских изображений, полученных от диагностических комплексов в учреждениях здравоохранения, и возможность использовать эту медицинскую информацию лечащим врачом на своем рабочем месте в текущем лечебно-диагностическом процессе. Проанализированы пути дальнейшего развития информационных технологий цифровой медицины.

Ключевые слова: информационные технологии, долговременное хранение цифровых медицинских изображений, цифровая медицина.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно исследованиям рынка медицинских технологий 2015 года, он был оценен в 5,7 млрд. долларов. Лидирующие позиции занимали лечение хронических заболеваний, вэлнес-индустрия и сегмент электронных органайзеров для принятия лекарств. Было подсчитано, что возрастет спрос на беспроводные мобильные устройства, носимые пациентом. Поэтому осно-

вной упор будет сделан на оказание помощи на дому пациентам с хроническими заболеваниями, а также на создание методов оценки и поддержки здоровья человека с использованием информационных технологий. Таким образом, возрастет потребность в средствах и методах хранения цифровых медицинских данных с последующей их обработкой и анализом, а также в мобильных устройствах для сбора, обработки и обмена цифровыми данными. Для этого необходимо организовать взаимодействие пациентов с врачами и обмен электронными медицинскими документами и записями.

Цель работы — проанализировать опыт создания медицинских информационных систем, результаты разработки информационной технологии поддержки хранения и обработки цифровой медицинской информации и пути дальнейшего развития информационных технологий цифровой медицины.

РАЗВИТИЕ НАПРАВЛЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

Одно из первых направлений медицинской информатики базировалось, начиная с 60-х годов XX века, на разработке подходов и методов формализации медицинской информации: формализованные критерии диагностики и оценки эффективности лечения, формализация медицинских записей и создание формализованной истории болезни [1]. Сотрудниками отдела медицинских информационных систем на протяжении 20-ти лет деятельности Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины решались задачи построения медицинских информационных систем (МИС) с использованием электронных медицинских документов, методов и средств организации автоматизированной обработки и математического анализа медицинских данных [2, 3]. Разработаны информационные системы контроля функционального состояния, диагностики и мониторинга состояния здоровья [4–5].

Разработанные математические модели биологических процессов в норме и патологии стали основой для создания информационных технологий (ИТ) исследования биологических систем разного уровня иерархии. Использование предложенных ИТ направлено на решение разносторонних задач оценки состояния индивидуального и популяционного здоровья, выявления особенностей влияния внешних факторов на это состояние [6–8].

По результатам многолетних исследований и моделирования состояния популяционного здоровья и социально-демографического состояния были разработаны ИТ определения состояния здоровья населения и уровня демографического развития различных регионов Украины с помощью предложенных композитных индексов. Внедрение разработанных ИТ позволяет увеличить информационное наполнение и снизить временные затраты сравнительного анализа медико-демографического состояния регионов, осуществлять мониторинг основных рисков состояния здоровья населения и создает информационную основу для принятия управленческих решений при разработке программ регионального развития [9, 10].

Одной из важных задач медицины катастроф является своевременное приведение в состояние вышней готовности служб медицинской помощи в случаях как природных, так и техногенных чрезвычайных ситуаций. Для решения этой задачи были разработаны средства моделирования на основе

обнаруженных закономерностей во временных рядах данных: космических и геофизических факторов, данных об аварийности и заболеваемости и ряда других. Реализация этих моделей ориентирована на прогнозирование резких изменений гелиогеофизических факторов и связанных с ними изменений состояния биологических объектов; вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций [11–13].

При разработке комплексных информационных систем возникает задача планирования, разработке комплексных информационных систем, решение которой основывается на предварительном анализе технологических процессов и информационных потоков с учетом разных алгоритмов процесса обслуживания пациентов в учреждениях скорой медицинской помощи, в стационарах и в амбулаторно-поликлинических учреждениях здравоохранения. Переход к страховой медицине обусловил, кроме того, реализацию функций учета финансовых показателей медицинской деятельности в ряде госпитальных информационных систем. Разработанная нами информационная технология предпроектного исследования комплексной информационной системы нацелена на определение приоритетных функций и оценку свойств медицинской информационной системы, формирование оптимальной тактики ее проектирования и включает алгоритмы планирования медицинской деятельности [14–16].

Создание телемедицинских систем и сетей является составным элементом информатизации здравоохранения во многих странах мира, расширяются области применения телемедицины. Разработанная нами теория телемедицинских систем, включающая выдвинутые принципы структурно-функциональной организации этих систем, критерии и методы анализа цифровых медицинских изображений, реализована в ИТ построения и функционирования межрегиональной телемедицинской сети. Внедрение ИТ в работу Центра телемедицины МЗ Украины дало возможность охватить квалифицированной медицинской помощью население более 20-ти областей Украины [17–19]. Для объединения медицинских информационных систем в телемедицинскую сеть Украины и для вхождения в международное информационное пространство необходимо обеспечить стандартизацию информационных носителей и передачу медицинских изображений. На базе международных стандартов Health Level 7 и DICOM проведена гармонизация стандартов в области медицинской статистики и информатики в здравоохранении [20, 21].

В настоящее время крайне актуальными остаются вопросы взаимодействия информационных ресурсов, решение проблемы интероперабельности, интеграции хранилищ данных и единого информационного пространства. Получение цифровых медицинских изображений от инструментальных диагностических комплексов в учреждениях здравоохранения, организация системы их длительного хранения и управления доступом медицинского персонала к базе изображений для просмотра и анализа диагностической информации являются неотъемлемыми задачами развития и внедрения информационных технологий в учреждениях здравоохранения. На протяжении более 20-ти лет нами ведутся разработки для решения различных задач по поддержке процесса оказания медицинской помощи пациентам Больницы для ученых НАН Украины и повышение ее эффективности и

качества. Результаты решения задачи формирования единого информационного пространства данного медицинского учреждения представлены в данной работе.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Разработанная технология объединяет в единую функциональную сеть медицинскую информационную систему (МИС) данного медицинского учреждения, лечебно-диагностические системы и системы сохранения и архивирования цифровых медицинских изображений (ЦМИ) (рис. 1). МИС Больницы для ученых разработана с учетом результатов анализа бизнес-процессов и информационных потоков ее клинической части. Программное обеспечение МИС реализовано в среде Delphi, база данных разработана в средах MySQL и SQLite. Процесс регистрации пациентов, направленных в приемное отделение, базируется на учетной форме Ф-003/о «Медицинская карта стационарного больного», состоящей из нескольких разделов: идентификационные данные, диагноз при поступлении, дневник, врачебные назначения, протокол операций. Эти разделы являются отдельными учетными формами. После заполнения медицинской карты пациент направляется в соответствующее отделение стационара, в котором делаются назначения, связанные с уточнением диагноза и установлением функционального состояния человека.

В составе комплекса инструментальных диагностических систем находятся: цифровая рентгенография — DX (Digital Radiography), компьютерная томография — CT (Computed Tomography), магнитно-резонансная томография — MR (Magnetic Resonance), ультразвуковая диагностика — US (Ultrasound), рентгеновская ангиография — XA (X-Ray Angiography). Все они должны поддерживать международный стандарт представления ЦМИ DICOM 3.0.

Информационная технология разработана в рамках концепции трехуровневой системы хранения и обработки ЦМИ:

1. Первый уровень — лечебно-диагностическая система, где изображение формируется, а данные изображения могут сохраняться в базе данных или в архиве ИДС путем заполнения дискового пространства с последующим созданием архивов на носителях.

2. Средний уровень — временное хранилище, где хранятся изображения DICOM-формата, к которым открывается доступ для использования в лечебно-диагностическом процессе.

3. Верхний уровень — обеспечение хранения изображений на основе электронных хранилищ длительного хранения с большими и надежными каналами связи, дисковым пространством, вычислительными мощностями.

1 этап информационной технологии — обеспечение работы врача с медицинской информацией на своем рабочем месте.

Решаются две задачи информационной поддержки деятельности врача: с уже имеющимися медицинскими данными о пациенте и получение необходимой новой или дополнительной диагностической информации.

Для выполнения первой задачи необходимо обеспечить доступ к системам хранения различного типа, которые установлены и используются в ресурсных центрах — от простых файловых систем к устройствам массового

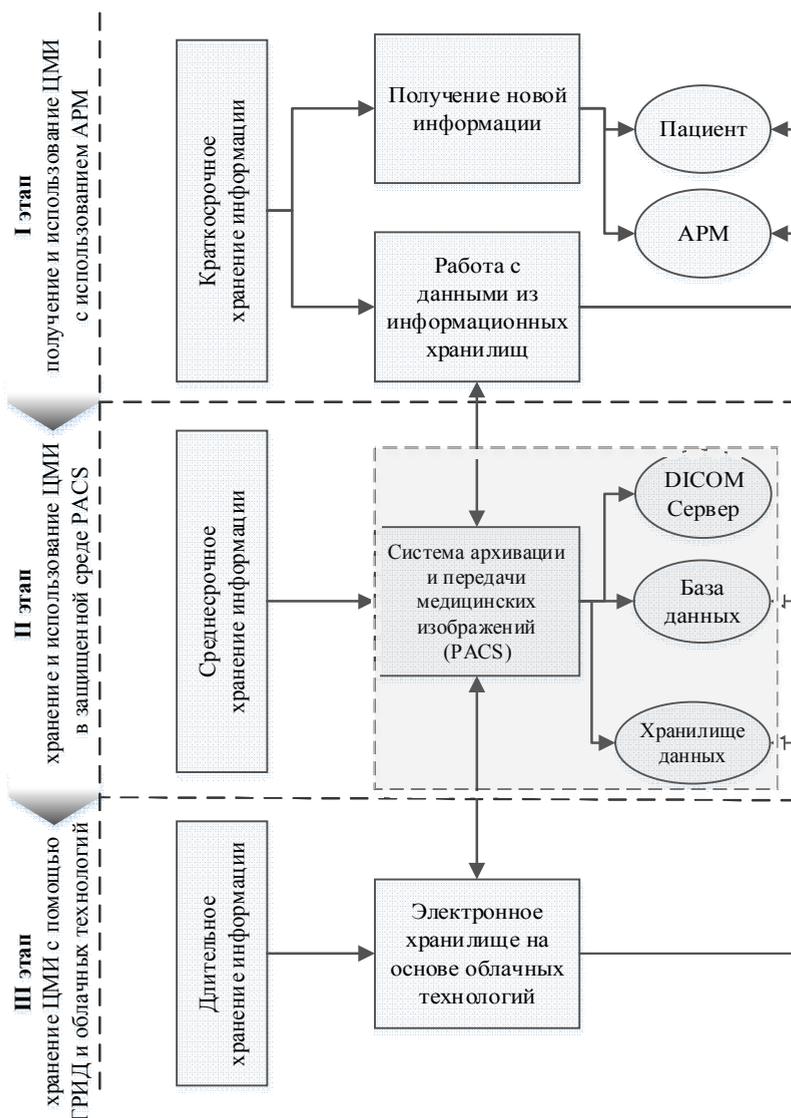


Рис. 1. Схема информационной технологии поддержки хранения и обработки цифровой медицинской информации

хранения данных. Чтобы исключить необходимость дополнительного учета особенностей различных устройств хранения данных, каждый такой ресурс, включенный в инфраструктуру электронных хранилищ долгосрочного хранения, должен поддерживать стандартный интерфейс.

В настоящее время наиболее распространенным интерфейсом является менеджер ресурсов хранения данных (Storage Resource Manager, SRM). При управлении данными в таких системах главным образом используются файловые записи. Хранение данных в виде файлов является типичным в научных исследованиях и является удобным во многих прикладных задачах, когда нужно обрабатывать очень большие объемы данных.

При решении второй задачи пациент направляется на дополнительное диагностическое обследование, результаты которого (цифровые медицинские изображения, результаты лабораторных исследований) сопровождаются метаданными, содержащими информацию о пациенте и лечащем враче, характеристики процесса исследования.

Стандартный протокол использования диагностических ЦМИ базируется на формировании и использовании изображения на автоматизированных рабочих местах (АРМ), в инструментальной диагностической системе для анализа и постановки предварительного диагноза или для визуализации протекания лечебных процедур. Полученные изображения сохраняются в локальной базе системы инструментальных исследований, а для использования на последующих этапах лечебно-диагностического процесса делается запись на оптический носитель ЦМИ вместе с программой просмотра. Диски передаются на руки пациенту (лечащему врачу) и могут пересматриваться на любом компьютере, оснащённом CD/DVD приводом. Типичным решением сохранения и архивирования ЦМИ является внедрение таких систем, которые позволяют хранить и обмениваться вышеупомянутыми изображениями. Это первый, низший уровень хранения медицинской информации.

Имеющийся объем дискового пространства хранилища временного хранения накладывает ограничения на время хранения ЦМИ в хранилище. Время хранения изображений в хранилище определяется продолжительностью лечебно-диагностического процесса и отчетного периода работы учреждения здравоохранения (около 1-го года).

Для использования ЦМИ после превышения срока хранения во временном хранилище (например, при повторном обращении пациента) необходимо использовать системы долговременного хранения медицинской информации.

II этап ИТ — долговременное хранение и использование ЦМИ в защищенной среде PACS (Picture Archiving and Communication Systems). Система получения, анализа, обработки, обмена и архивирования медицинских изображений — PACS, удовлетворяет предварительно сформулированные требования к системам передачи, архивирования и сохранения ЦМИ: многоплатформенность, бесплатность, способность выполнять функции индексирования базы данных (БД) диагностических систем, передачи ЦМИ в хранилище, управление доступом к хранилищу и др. Поэтому функционирование этого этапа обеспечивается использованием PACS Conquest. Так как настройка системы осложнялась отсутствием большого количества необходимых параметров обмена DICOM-данными между диагностическими системами и DICOM-сервером, нами разработана специальная методика настройки системы передачи и архивирования ЦМИ, подробно описанная в [22].

Для обеспечения сбора файлов изображений от БД диагностической системы, импорта метаданных из БД в файлы *.dcm, упорядочение тегов в соответствии с DICOM 3.0 и согласование данных цифровых медицинских изображений с БД пациентов МИС больницы используется разработанный модуль конвертации ЦМИ, реализованный на языке программирования Haskell [22]. Модуль осуществляет следующие операции: формирование

внутреннего списка актуальных файлов ЦМИ, проведение при запуске программы проверки наличия новых файлов с внутренним списком (для исключения повторной конвертации обработанных файлов), изменение формата ЦМИ в стандарт DICOM (при необходимости) и запрос к БД пациентов для заполнения пустых тегов. Если в диагностической системе предусмотрено формирование текстовой информации с помощью кириллицы, выполняется процедура транслитерации метаданных, проводится необходимая коррекция и замена названия файла, после чего выполняется экспорт ЦМИ в PACS.

Таким образом, после проведения каждого диагностического исследования, полученные результаты с помощью разработанного модуля конвертации ЦМИ автоматически переносятся в систему хранения и архивирования с возможностью дальнейшего просмотра этих данных (средний уровень хранения).

Так как PACS функционируют, как правило, локально (в отдельной больнице), то для объединения территориально разобщенных медицинских учреждений и для увеличения возможного объема хранения медицинской информации следует использовать облачные технологии.

III этап ИТ — долговременное хранение ЦМИ с помощью ГРИД и облачных технологий. Доступность использования облачных технологий, повышение скорости работы с облачными системами, работа с виртуальными носителями информации и другие преимущества этих технологий служили побудительными факторами для использования этих технологий наряду с ГРИД-системами. Следует подчеркнуть, что требуется, с одной стороны, использование анонимизированных ЦМИ с целью защиты персональных данных пациентов и, с другой — внедрение механизмов идентификации и поиска анонимизированных ЦМИ соответствующего пациента в хранилище долгосрочного хранения, а также обеспечение возможности воспроизведения персональных данных пациента для дальнейшего использования на базе МИС.

В разработанной технологии на данном этапе использовалась система МедГРИД НАН Украины [23], обеспечивая верхний уровень хранения медицинской информации.

Добавление нового ЦМИ в ГРИД-систему, а также определение места нахождения файла осуществляются с помощью алгоритмов (рис. 2).

Необходимость нахождения файла в локальной сети УЗ имеет временный характер, который обусловлен сроком пребывания пациента в стационаре или на время курса лечения, поэтому для сохранения дискового пространства локальные копии, попавшие в ГРИД ЦМИ, удаляются спустя 4–6 месяцев.

Для корректной идентификации пациента используется стандартный уникальный номер пациента, с помощью которого происходят все запросы о результатах исследования.

Существует несколько протоколов запроса данных о пациенте в систему хранения данных. Выбор конкретного протокола зависит от уровня доступа и прав пользователей или систем. Запрос о данных, поступающий через систему диагностических исследований, имеет более высокий приоритет, т.к. включается протокол query/retrieve между двумя или несколь-

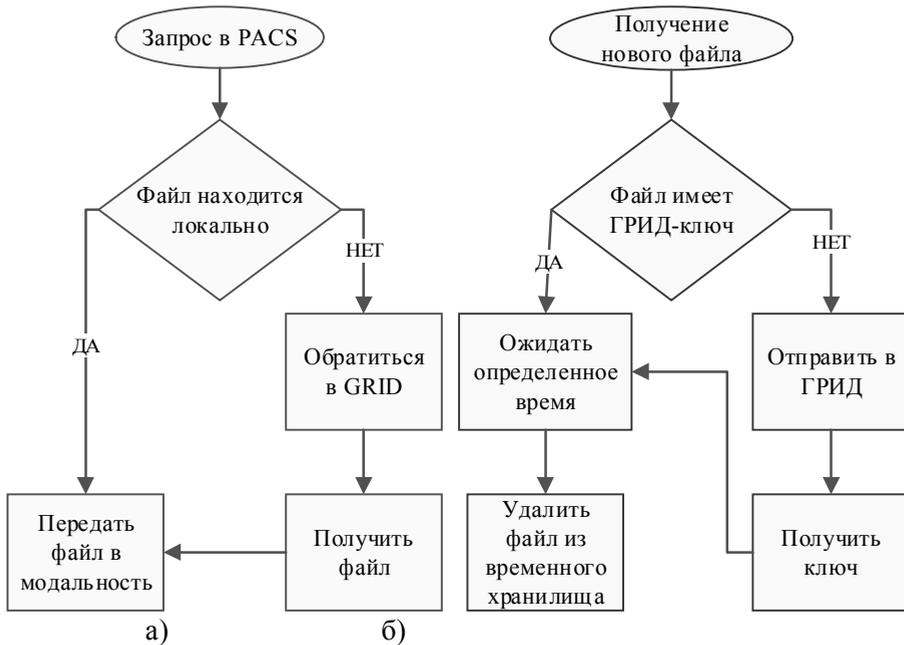


Рис. 2. Алгоритмы добавления нового ЦМИ в ГРИД-систему (а) и определения места нахождения файла (б)

манипуляции с файлами (копирование, перемещение, изменение метаданных, добавление меток на самом изображении). Запрос от МИС имеет более низкий приоритет, пользователь имеет возможность просмотра файла и, в редких случаях, внесения каких-либо изменений в файл.

Согласно закону о защите персональных данных, медицинские данные, которые хранятся вне медицинских учреждений, должны быть деперсонифицированы. Благодаря теговой структуре DICOM файлов, существует возможность выборочно удалить личные данные о пациенте, такие как фамилия, имя, дата рождения, и уже анонимными хранить в ГРИД-системе вне учреждения здравоохранения. Для различных научных исследований существует возможность получить данные, находящиеся в ГРИД. Для этого к каждому ЦМИ добавляется уникальный ключ, с помощью которого можно найти, посмотреть или загрузить необходимый файл, но уже без личных данных о пациенте. Для использования диагностических изображений, поступивших с ГРИД, внутри УЗ необходимо провести процесс восстановления персональных данных.

Использование облачных технологий, одной из подсистем которых является ГРИД, позволяет виртуально расширить сетевые хранилища данных, предоставить к ним доступ большому количеству пользователей, что способствует росту качества предоставления медицинских услуг.

Таким образом, предложенная технология обеспечивает хранение ЦМИ, полученных в результате диагностических процедур с помощью инструментальных систем, на трех уровнях хранения: первичном — с помощью стандартных носителей и МИС, среднем — с использованием

PACS лечебного учреждения, и высшем — с применением ГРИД и облачных технологий. Использование ИТ предоставляет возможность лечащему врачу со своего АРМа запрашивать необходимые ему медицинские данные о пациенте для проведения анализа изменений состояния данного пациента, для формирования и коррекции тактики лечения.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ МЕДИЦИНЫ

Совершенствование средств мобильной телефонии и мобильных диагностических устройств, уменьшение размеров компьютерной техники открывает перспективы для развития информационных технологий цифровой медицины по нескольким направлениям. Прежде всего, направление персонализированной медицины, когда выбор методов лечения и лекарственных средств ориентированы на индивидуальные особенности организма человека. Второе направление — применение облачных технологий, позволяющих создавать большие хранилища данных и соответствующих сервисов, которые дадут возможность ускорения поиска медицинских данных, их обмена между медицинскими работниками и обеспечивают расширение возможностей единого медицинского информационного пространства для удаленных медицинских учреждений. В-третьих, развитие телемедицины в направлении телеприсутствия, что повысит эффективность и качество оказания медицинской помощи в медицинских учреждениях независимо от их расположения. И, наконец, разработка интеллектуальных информационных технологий и систем, роль которых заключается в поддержке принятия решений врачом при постановке диагноза, распознавании цифровых медицинских изображений и выборе тактики лечения, реабилитации и профилактики.

Также важно отметить необходимость разработки новых методов формализации электронных медицинских записей и документов. Направление развития формализации медицинских записей нацелено на создание графических интерфейсов и автоматизированного формирования вербальной информации.

ВЫВОДЫ

Становление медицинской кибернетики и информатики на начальных этапах охватывало разработку и внедрение предметно-ориентированных медицинских информационных систем. Привлечение методов формализации и математического моделирования, повышение возможностей вычислительной техники инициировало создание информационных технологий широкого спектра, обеспечивающих информационную поддержку процессов получения, анализа, хранения цифровой медицинской информации об объектах разного уровня — индивидуального, популяционного, организационно-управленческого.

Использование разработанной информационной технологии поддержки хранения и обработки цифровой медицинской информации обеспечивает организацию долговременного хранилища цифровых медицинских изо-

бражений, полученных от диагностических комплексов в учреждениях здравоохранения, и возможность использовать эту медицинскую информацию лечащим врачом на своем рабочем месте в текущем лечебно-диагностическом процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Н.М. Голоса времен. К. : Оранта-пресс, 1999. 500 с.
2. Медицинская информационная система. К. : Наук. думка, 1975. 508 с.
3. Козак Л.М., Елизаров В.А. Автоматизированная система определения характеристик интеллектуальной и эмоциональной составляющих психического статуса здоровья человека. *Український журнал мед.техніки та технології*. 1995. Вип. 3. С. 59–66.
4. Гарбуз Ю.И., Богатырева Р.В., Коваленко А.С. и др. Государственная компьютерная информационная система мониторинга эпидемического процесса в Украине. Технология мониторинга. *Врачебное дело*. 1999. №3. С. 3–12.
5. Синекон Ю.С., Коваленко О.С., Матросова Г.А., Использование компьютерных технологий для задачи анализа показателей здоровья и медицинской диагностики. *Электроника и связь*. 2001. № 11. С.114–117.
6. Budnyk M., Kovalenko A., Berezovska T., Kozlovsky V. Finding of ROI Intervals at Cardiocycle for CAD Study in Magnetocardiography. *International Journal of Bioelectromagnetism*. 2003. Vol. 5, N 1. P. 107–108.
7. Kozak L.M., Lukashenko M.V. Monitoring and correction students' functional state by the information technology tools. *Кибернетика и вычислительная техника*. Вып. 176. 2014. С. 74–84.
8. Евтушенко А.С., Козак Л.М., Кочина М.Л., Яворский А.В. Результаты использования факторных моделей для оценки функционального состояния человека при зрительном труде. *Укр.журн. медицини, біології та спорту*. 2015. №2(2). С. 70–74.
9. Rogozinskaya N.S., Kozak L.M. Информационное обеспечение технологии автоматизированного мониторинга состояния здоровья населения. *Кибернетика и системный анализ*. № 6. 2013. С. 162–173.
10. Кривова О.А., Козак Л.М. Комплексная оценка регионального демографического развития. *Кибернетика и вычислительная техника*. Вып. 182. 2015. С. 70–84.
11. Василик П.В., Коваленко А.С., Бычков В.В., Василега А.Г. Роль факторов внешней среды в возникновении всплесков аварийности на дорогах. *Україна. Здоров'я нації*. 2008. № 3–4 (7–8). С. 35–40.
12. Бичков В.В. Теоретичні основи прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій. *Довкілля та здоров'я*. 2009. № 4 (51). С. 12–14.
13. Провотар А.И., Василик П.В. Модельные волны и взаимодействие: Теоретические и прикладные аспекты. Київ: Наук. Думка, 2014. 296 с.
14. Коваленко О.С., Голубчиков М.В., Орлова Н.М. Інформаційні системи в охороні здоров'я та основні вимоги до їх створення. *Управління закладом охорони здоров'я*. № 1. 2007. 42–46 с.
15. Литвинов А.А., Коваленко А.С., Голубчиков М.В. Особенности проектирования подсистемы „Статистика” госпитальной информационной системы. *Управляющие системы и машины*. 2007. № 5. С. 61–67.
16. Пезенцали А.А., Козак Л.М., Коваленко А.С. Функциональная модель как основа управления проектом разработки комплексной информационной системы медицинского учреждения. *Управляющие системы и машины*. 2008. № 4. С. 3–10.
17. Коваленко А.С., Козак Л.М., Осташко В.Г. Телемедицина — развитие единого медицинского информационного пространства. *Управляющие системы и машины*. 2005. № 3. С. 86–92.
18. Лазоршинец В.В., Слабкий Г.О., Коваленко О.С. и др. Інформатизація охорони здоров'я України та розвиток телемедицини. Житомир: Полісся, 2010. 228 с.

19. Гриценко В.И., Козак Л.М., Коваленко А.С. и др. Медицинские информационные системы как элемент единого медицинского информационного пространства. Кибернетика и вычислительная техника. 2013. Вып. 174. С. 30–46.
20. Коваленко О.С., Буряк В.І. Стандартизація інформаційних систем медичного обслуговування з урахуванням загальноєвропейської інтеграції. Клиническая информатика и телемедицина. 2004. №1. С. 35–40.
21. Коваленко А.С., Пезенцали А.А., Царенко Е.К. Проблемы стандартизации в области медицинских информационных технологий. Клиническая информатика и телемедицина. 2011. Т. 7; Вып. 8. С.111–114.
22. Романюк О.А., Коваленко А.С., Козак Л.М. Информационное обеспечение взаимодействия систем инструментального исследования и системы длительного хранения цифровых медицинских изображений в учреждениях здравоохранения. Кибернетика и вычислительная техника. 2016. Вып. 184. С. 56–71.
23. Система збереження та обробки медичних зображень — Медичний ґрид. URL:<http://medgrid.isma.kharkov.ua> , вільний (29.09.2016)

Получено 27.12.2016

REFERENCE

1. Amosov N.M. Voices of Times. Kiev, Oranta-Press, 1999. 500 p. (in Russian).
2. *Medical Information System*. Kiev: Nauk. Dumka, 1975. 508 p. (in Russian).
3. Kozak L.M., Elizarov V.A. Automated system for determining the characteristics of the intellectual and emotional components of the human mental health. *Ukrainskiy zhurnal med.tekhniki ta tekhnologii*. 1995. Iss. 3. P. 59–66 (in Russian).
4. Garbuz Y.I., Bogatyreva R.V., Kovalenko A.S. et al. National Computer Information System for monitoring the epidemic process in Ukraine. Monitoring technology. *Vrachebnoye delo*. 1999. №3. P. 3–12 (in Russian).
5. Sinekop Y.S., Kovalenko O.S., Matrosova G.A. The use of computer technology to analyze problems of health and medical diagnostics. *Elektronika i svyaz*. 2001. №11. P. 114–117 (in Russian).
6. Budnyk M., Kovalenko A., Berezovska T., Kozlovsky V. Finding of ROI Intervals at Cardiac Cycle for CAD Study in Magnetocardiography. *International Journal of Bioelectromagnetism*. 2003. Vol. 5, N 1. P. 107–108.
7. Kozak L.M., Lukashenko M.V. Monitoring and correction students' functional state by the information technology tools. *Cybernetics and Computer Engineering*. 176. 2014. P. 74–84.
8. Yevtushenko A.S., Kozak L.M., Cochina M.L., Yaworskij A.V. The results of the use of factor models for the evaluation of human functional state when the visual work. *Ukrainskiy zhurnal meditsini, biologii ta sportu*. 2015. № 2 (2). P. 70–74 (in Russian).
9. Rogozinskaya N.S., Kozak L.M. Dataware technologies automated health monitoring. *Kybernetika i sistemnyy analiz*. 2013. № 6. P. 162–173 (in Russian).
10. Krivova O.A., Kozak L.M. Comprehensive assessment of regional demographic development. *Kybernetika i vychislitelnaâ tehnika*. 182. 2015. P. 70–84 (in Russian).
11. Vasylyk P.V., Kovalenko A.S., Bychkov V.V., Vasilega A.G. The role of environmental factors in the occurrence of bursts of accidents on the roads. *Ukraina. Zdorov'ya natsii*. 2008. №3–4 (7–8) p. 35–40 (in Russian).
12. Bychkov V.V. *Theoretical basis of forecasting the risks of emergencies*. Environment and health. 2009. № 4 (51). P. 12–14 (in Ukrainian).
13. Provotar A.I. Vasylyk P.V. Model wave and interaction: theoretical and applied aspect. Kiev: Nauk. Dumka. 2014. 296 p. (in Russian).
14. Kovalenko O.S., Golubchikov N.V., Orlova N.M. Information systems in health and basic requirements for their creation. *Management of health care*. №1. 2007. P. 42–46 (in Ukrainian).
15. Litvinov A.A., Kovalenko A.S., Golubchikov M.V. Features of the design of the subsystem "Statistics" hospital information system. *Control systems and machine*. 2007. №5. P. 61–67 (in Russian).

16. Pezentsali A.A., Kozak L.M., Kovalenko A.S. Functional model as the basis for management of the project to develop an integrated information system of medical institution. *Control systems and machines*. 2008. № 4. P. 3–10 (in Russian).
17. Kovalenko A.S., Kozak L.M., Ostashko V.G. Telemedicine — the development of a single medical information space. *Control systems and machines*. 2005. № 3. P. 86–92 (in Russian).
18. Lazorishinets V.V., Slabkiy G.O., Kovalenko O.S et al. Health Informatization of Ukraine and the development of telemedicine. Zhytomyr: Polissya, 2010. 228 p. (in Ukrainian).
19. Gritsenko V.I., Kozak L.M., Kovalenko A.S. et al. Medical information systems as part of a single medical information space. *Kibernetika i vyčislitelnaâ tehnika*. 2013. 174. P. 30–46 (in Russian).
20. Kovalenko O.S., Buryak V.I. Standardization of information systems of health care on the basis of European integration. *Clinical Informatics and Telemedicine*. 2004. № 1. P. 35–40 (in Ukrainian).
21. Kovalenko A.S., Pezentsali A.A., Careno E.K. Problems of standardization in the field of medical information technology. *Clinical Informatics and telemedicine*. 2011. Vol 7. Iss. 8. P. 111–114 (in Russian).
22. Romaniuk O. A., Kovalenko A.S., Kozak L.M. Information support interoperability of instrumental studies and long-term storage of digital medical imaging in health care system. *Kibernetika i vyčislitelnaâ tehnika*. 2016. 184. P. 56–71 (in Russian).
23. The system of storage and processing of medical images. Medical grid. URL:<http://medgrid.isma.kharkov.ua>. Free (29.09.2016)

Recieved 27.12.2016

О.С. Коваленко, д-р мед. наук, проф.,
зав. відд. медичних інформаційних систем
e-mail: askov49@gmail.com

Л.М. Козак, д-р біол. наук, старш. наук. співр.,
провідний наук. співр. відд. медичних інформаційних систем
e-mail: lmkozak52@gmail.com

О.О. Романюк, молодший наук. співр. відд. медичних інформаційних систем
e-mail: ksnksn7@gmail.com

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН України та МОН України, пр. Академіка Глушкова, 40,
м. Київ, 03680 МПС, Україна

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ

Розглянуто етапи розвитку медичної інформатики, досвід розроблення підходів і методів формалізації медичної інформації, створення медичних інформаційних систем та інформаційних технологій дослідження біологічних систем різного рівня ієрархії. Надано результати розроблення інформаційної технології підтримки зберігання та оброблення цифрової медичної інформації. Використання розробленої технології забезпечує організацію довготривалого сховища цифрових медичних зображень, отриманих від діагностичних комплексів в закладах охорони здоров'я, і можливість аналізувати медичну інформацію лікарем на своєму робочому місці під час поточного лікувально-діагностичного процесу. Проаналізовано шляхи подальшого розвитку інформаційних технологій цифрової медицини.

Ключові слова: інформаційні технології, довготривале зберігання цифрових медичних зображень, цифрова медицина.

A.S. Kovalenko, Dr Medicine, Prof.,
Head of Department of Medical Information Systems
e-mail: askov49@gmail.com

L.M. Kozak, Dr Biology,
Leading Researcher of Department of Medical Information Systems
e-mail: lmkozak52@gmail.com

O.A. Romanyuk, Junior Researcher of Department of Medical Information Systems
e-mail: ksnksn7@gmail.com
Technologies and Systems of the National Academy of Sciences
of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine,
Glushkov ave., 40, Kiev, 03680 GSP, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY FOR DIGITAL MEDICINE

Introduction. The need of health care institutions in the repeated use of digital medical images by different specialists during patient care and long-term storage for the analysis of diagnostic information determines the relevance of this work.

The need for means and methods of storage of digital medical data with their subsequent processing and analysis, as well as on mobile devices for the collection, digital data processing and exchange increase.

The purpose of the article is to analyze the experience of creating medical information systems, the development of information technology support the storage and processing of digital medical information and the further development of information technology for digital medicine.

Results. Employees of the department of medical information systems for more than 20 years of activities of the International Research and Training Centre for Information Technologies and Systems NAS and MES of Ukraine solved the problem of constructing the medical information systems and information diagnostics technologies with the use of electronic medical records, methods and means of the mathematical analysis of medical data. The developed technology support for storing and processing digital medical information combines into a single functional network the medical information system, instrumental diagnostic systems and a system of conservation and archiving digital medical images. PACS and cloud technologies was used for long-term storage of digital medical images.

Conclusion. Organization of long-term storage of digital medical images obtained from the diagnostic systems in health care facilities, and the ability to use this information by doctors at their workplace in the current diagnostic and treatment process was provided by using the developed information technology support for storing and processing digital medical information.

Keywords: *medical information system, information technology, digital medical imaging, long-term storage.*