

Д.В. БЕЛЫШЕВ,

к.т.н., заведующий лабораторией Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Россия, e-mail: belyshev@interin.ru

Я.И. ГУЛИЕВ,

к.т.н., руководитель Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Россия, e-mail: viit@yag.botik.ru

В.Л. МАЛЫХ,

к.т.н. заведующий лабораторией Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Россия, e-mail: miheev@interin.ru

А.Е. МИХЕЕВ,

к.т.н., старший научный сотрудник Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Россия, e-mail: miheev@interin.ru

НОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 61:00

Белышев Д.В., Гулиев Я.И., Малых В.Л., Михеев А.Е. *Новые аспекты развития медицинских информационных систем* (Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Россия)

Аннотация. Статья посвящена новым аспектам разработки медицинских информационных систем (МИС). Статья будет полезна как архитекторам и разработчикам МИС, так и пользователям современных МИС.

Ключевые слова: медицинская информационная система, медицинские информационные технологии, информатизация здравоохранения, медицинская организация, лечебно-диагностический процесс, экосистема, большие данные.

UDC 61:007

Belyshev D.V., Guliev Y.I., Malykh V.L., Mikheev A.E. *New aspects of the development of medical information systems* (Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Russia)

Abstract. Article devoted to the new aspects of the development of medical information systems (MIS). The article will be useful for both architects and developers MIS and users of modern MIS.

Keywords: medical information system, healthcare information technologies, healthcare informatization, medical organization, diagnostic and treatment process, digital ecosystem, big data.

ВВЕДЕНИЕ

В 2014 году в статье [1] мы рассмотрели наиболее важные, с нашей точки зрения, аспекты разработки медицинских информационных систем. А в 2017 году в [2] были проанализированы изменения функциональных требований к МИС в ходе перестройки системы здравоохранения.

Рассмотрим два новых вызова в отрасли, которые возникли в последние годы. Один из них носит проблемный характер и связан с общим развитием отрасли медицинских ИТ и ИТ вообще, а второй появился в виде новой возможности и является результатом уже накопившихся результатов использования МИС. А также рассмотрим, какие требования для разработчиков МИС эти вызовы создают, а также примеры их решения.

Ввиду скудности информации в открытых источниках по другим МИС в разрезе интересующей нас проблематики, рассмотрим это на примере МИС семейства Интерин. Конечно, провести полноценный анализ на основе одной системы не получится, но надеемся, что ознакомление



с развитием разработок одного из участников отрасли будет полезным.

ОТ МИС МО К ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Контекст развития МИС

в последние годы

Проект ЕГИСЗ

В 2011 году Министерством здравоохранения и социальной политики был запущен проект создания Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) [3]. 28 апреля 2011 г. приказом № 364 Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации была утверждена Концепция системы, а также ряд методических рекомендаций и функциональных требований к отдельным составляющим системы. Проект ЕГИСЗ значительно повлиял на процессы развития медицинских информационных систем, которые до начала этого проекта носили больше инициативный характер как со стороны пользователей, так и со стороны производителей. Со стартом проекта появилась необходимость в унификации требований и стандартизации элементов Системы, в том числе единых функциональных требований к МИС. Например, в итоге долгих обсуждений и согласований, в декабре 2018 г. Минздравом был утвержден приказ № 911н «Требования к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций» [4]. В эпоху до проекта ЕГИСЗ представить себе такое было сложно.

В 2018 году, через 7 лет после начала работы над проектом ЕГИСЗ, было принято решение о новом этапе информатизации сферы здравоохранения – проект «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ» («Цифровой контур») [5]. Срок реализации проекта 2019–2024 гг.

В качестве цели проекта обозначено повышение эффективности функционирования здравоохранения России путем дальнейшего развития и углубленного внедрения информационных и платформенных решений, что по мнению Министерства здравоохранения и сформирует так называемый «единый цифровой контур».

В ходе выполнения проекта ЕГИСЗ, как того можно было ожидать, как заказчики, так

исполнители столкнулись с рядом трудностей. Эти трудности, в первую очередь, связаны с тем, что подобного рода и масштаба задача в стране решается впервые. Было бы наивно полагать, что опыт и наработки других сфер, в которых тоже ведутся масштабные проекты по информатизации, подойдут и для медицины. Да и опыт других стран оказался применимым только частично ввиду различий в условиях решаемой задачи. На наш взгляд, эти трудности можно разделить на две группы:

Технологические трудности. На момент старта проекта ЕГИСЗ готовых технологических решений как у уже состоявшихся разработчиков ИТ в медицине, так и у новых участников, которые хлынули в отрасль, не оказалось. Даже по истечении уже 7–8 лет эти трудности отчасти сохраняются.

Трудности внедрения. Внедрение информационных систем в медицинских организациях идет нелегко и требует достаточно больших административных усилий.

Новые информационные сервисы в медицине

За последние годы появляются все новые и новые информационные сервисы для участников сферы охраны здоровья и медицинской помощи. Обеспечение пациентов, МО и других участников различными информационными сервисами многими предпринимателями и инвесторами рассматриваются как потенциальные бизнес-проекты.

В качестве примеров таких проектов можно привести проекты DocDoc [6] и Doc+ [7], (сервисы записи пациентов в МО (к врачам)), РЛС [8] и Автоматизированный скрининг лекарственных назначений [9] (различная информация по лекарственным средствам), проект Botkin, AI [10] (сервисы анализа медицинской информации на основе искусственного интеллекта). Некоторые из этих сервисов работают в сегменте B2C (информационные услуги для пациентов), а другие ориентированы на B2B (услуги для МО).

На наш взгляд, приведенные выше трудности в информатизации здравоохранения и появление новых информационных сервисов, которые пока носят в основном фрагментарный характер, говорят о необходимости поиска новых подходов к ИТ-решениям для отрасли здравоохранения и новых технологических решений.



Участники сферы охраны здоровья и медицинской помощи и их интересы

Чтобы понять какие ИТ-решения нужны здравоохранению, требуется проанализировать интересы участников сферы охраны здоровья и медицинской помощи.

Граждане хотят быть здоровыми и долго жить. Какие усилия они готовы приложить к тому, чтобы быть здоровыми, отдельный вопрос. Это зависит от многих факторов, в том числе от взглядов и культурного развития. Чаще всего люди обращают внимание к вопросам здоровья, когда болеют.

В рамках получения медицинской помощи граждан (теперь уже пациентов) интересует качество, стоимость и эффективность медицинской помощи.

Для граждан были бы интересны и полезны ИТ-решения, которые бы им помогли во взаимодействии с системой здравоохранения (в том числе МО и врачами), а еще лучше позволили бы построить комплексную систему охраны здоровья и медицинского обслуживания (субъектами государственной системы здравоохранения или бизнеса), включая мониторинг состояния здоровья, профилактики, помощь в ведении здорового образа жизни, взаимодействие с МО при необходимости, маршрутизацию между учреждениями здравоохранения и т.д.

Бизнесу (работодателям) нужны здоровые сотрудники. Компании заинтересованы в снижении расходов, связанных с болезнями работников, снижении рисков, связанных с потерей сотрудников ввиду их болезни и инвалидности, в повышении профессионального долголетия.

Бизнесу, как работодателям, была бы интересна система, позволяющая обеспечивать его сотрудников комплексными и качественными услугами в области охраны здоровья и медицинского обслуживания.

Те, кто платит за медицинские услуги, т.е. государство, страховые компании и сами граждане заинтересованы в первую очередь в том, чтобы граждане меньше болели. А когда они уже имеют проблемы со здоровьем и обращаются за медицинской помощью, заинтересованы в низком соотношении цены/качества медицинской помощи.

При обсуждении мы исходим из того факта, что государство озабочено сохранением здоровья своих граждан. Государству интересно повышение продолжительности жизни граждан, профессионального долголетия, а также эффективность здравоохранения с точки зрения соотношения цены/качества:

соотношения расходов на здравоохранение и уровня достигаемых результатов.

Теоретически, в отличие от медицинских организаций, государство заинтересовано в том, чтобы граждане болели как можно меньше. В этом смысле, скорее всего, интерес государства к здоровью своих граждан наиболее основателен из всех рассматриваемых участников, даже самих граждан.

Если вынести за скобку интерес **медицинских организаций** и ее сотрудников к здоровью граждан, исходящего из их морально-этической и гражданской позиции (хоть это и важно), и рассматривать МО как бизнес-единицу, то интересы МО в вопросах здоровья и медицинского обслуживания граждан отличаются от интересов самих граждан, плательщиков и государства. В последнее время принимаются попытки трансформировать здравоохранение так, чтобы МО были заинтересованы в том, чтобы граждане были здоровыми и меньше болели, но на настоящем этапе вряд ли этот аспект существенным образом влияет на стратегию работы МО, экономическую основу которой составляет диагностика и лечение болезней. Хотелось бы отметить, что такая проблема имеет место быть не только в России, но и во многих других странах тоже.

Относительно ИТ, интересы МО также более сложны и разнообразны и определяются тем, что МО в системе здравоохранения занимают центральное место.

МО заинтересованы в ИТ-решениях для различных задач, как классических, так и появляющихся новых:

- управления предприятием (ERP-систем);
- системы управления технологическими процессами;
- взаимодействия с клиентами (CRM-систем);
- задачи цифровых сообществ и др.

Кроме медицинских организаций также есть **другие участники** отрасли, заинтересованные во взаимодействии с пациентами, МО и плательщиками, такие как, например, патронажные службы, поставщики товаров, организаторы информационных сервисов и т.д. Эти участники нуждаются быть включенными в систему здравоохранения, иметь возможности взаимодействия как с пациентами, так и с МО и врачами, участвовать в процессах охраны здоровья и медицинского обслуживания.

В настоящее время со стороны государства принимаются шаги по развитию мер по охране здоровья граждан, при этом средства ИТ рассматриваются как один из наиболее потенциальных



инструментов. ЕГИСЗ стала рассматриваться как «цифровой контур» или «экосистема». Но создание экосистемы требует соответствующих организационных и технологических решений. Перед разработчиками ИТ-решений для здравоохранения встают новые вызовы.

ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Концепция экосистемы

Анализ возникающих трудностей в информатизации учреждений здравоохранения, интересов участников сферы здравоохранения, а также возникающих новых возможностей в разных сферах общественных и производственных отношений как следствие развития информационных технологий дают возможность формирования новых трендов развития ИТ-решений для сферы охраны здоровья и медицинского обслуживания.

В функциональном плане нужны решения, обеспечивающие возможностями обеспечения участия и взаимодействия всех участников сферы охраны здоровья, пациентов, медицинских организаций, тех, кто платит за медицинское обслуживание, а также других участников, включая тех, кто ведет свою бизнес-активность в этой сфере, например, по обеспечению граждан товарами медицинского назначения или новыми информационными сервисами.

В [11] был сформулирован основной концептуальный принцип для таких решений: экосистемность.

В архитектурном плане одним из возможных способов реализации таких решений является сервисная архитектура, когда сложное функциональное решение создается путем сборки из отдельных сервисов и продуктов [11].

Выводы, которые были приведены выше относительно функциональных свойств новых ИТ-решений для здравоохранения, просматриваются также в трендах развития МИС [2]. В МИС появляются такие функции, как личный кабинет пациента, взаимодействие с разными информационными сервисами (например, сервис взаимодействия лекарственных средств) и т.д. МИС в стенах МО становится тесно.

Одна из ключевых идей цифрового экосистемного решения в здравоохранении – пациентцентричность. МИС становится «МИС пациента».

Технологии для экосистемных решений

Для создания таких систем с технологической точки зрения была предложена идея стека платформ – платформ 3 уровней: технологическая

платформа разработки, прикладная платформа создания экосистемных решений и платформа «виртуальная больница» [12] в качестве примера реализации экосистемы охраны здоровья и медицинского обслуживания.

Платформа	Назначение
Система взаимодействия пациентов и медицины	Бизнес-платформа (пример прикладного решения)
Платформа Интерин Экосистема	Прикладная платформа для построения бизнес-решений
Платформа Интерин IPS	Технологическая платформа разработки приложений

В общем виде данная концепция позволяет создать прикладную систему, обеспечивающую решение комплексной задачи обеспечения взаимодействия пациента и задействованных в сфере медицинского обслуживания и охраны здоровья субъектов, сопровождения пациента на всех этапах его взаимодействия с медициной.

ПРИМЕР ЭКОСИСТЕМНОГО РЕШЕНИЯ

Чтобы показать, как работает концепция, скажем несколько слов об идее «виртуальная больница» (Система ВБ), которая рассматривается как пример системы охраны здоровья нового поколения [12].

Наиболее очевидные компоненты Системы ВБ:

- Реестр пациентов.
- Реестр МО (с услугами и врачами).
- ЭМК.
- Личный кабинет пациента.
- Биллинговая система.
- Система записи к услугам МО.

Пациенты взаимодействуют с Системой ВБ через свой личный кабинет в системе.

МО с Системой ВБ могут взаимодействовать через личный кабинет МО или через интеграцию своей МИС с Системой ВБ.

Создание такой системы становится возможным благодаря наличию технологической платформы.

По заявлению производителя, в настоящее время имеется (отчасти в виде экспериментальной реализации и прототипов):

- Реестр пациентов (в виде МПИ).
- ЭМК.
- Личный кабинет пациента.
- Система записи к услугам МО (регистратура).
- МИС (она тоже является компонентой Экосистемы).



Разрабатываемые технологии Экосистемы могут найти применение:

- собственно для создания системы сопровождения пациента в рамках коммерческого проекта;
- в рамках коммерческих, региональных и ведомственных проектов;
- для создания расширенной МИС отдельной МО;
- для создания единой информационной системы ведомственной сети МО;
- для создания региональной МИС.

Концепция Экосистемы и функционал МИС

Несмотря на то, что время от времени возникают разговоры и предсказания о том, что «время МИС прошло» или «проходит», МИС МО остается центральным с точки зрения важности элементом всей системы информационной инфраструктуры здравоохранения.

В [1] был предложен общий высокоуровневый список функциональных компонент МИС, основываясь на функционале МИС семейства Интерин. Позже в статье [2] был проведен анализ новых требований к МИС, а на их основе был предложен состав функционала МИС.

В декабре 2018 г. Минздравом был утвержден приказ № 911н «Требования к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций» [4].

По мере развития ИТ в медицине, в функционале МИС наряду с классическими направлениями:

- управление предприятием (ERP-систем);
 - управление технологическими процессами
- начали появляться новые [2]:
- взаимодействие с клиентами (CRM-систем);
 - задачи цифровых сообществ и др.

Отчасти появление этих требований к функционалу МИС и были учтены в концепции Цифровой экосистемы медицинской помощи, описанной выше.

Концепция Экосистемы и общесистемные аспекты МИС

Кратко рассмотрим, как влияет парадигма Экосистемы на общесистемные аспекты разработки МИС.

Исследование требований к МИС с точки зрения концепции Экосистемы привело к разработке архитектуры системы в сервисной модели [11]. Данная архитектура хорошо подходит как для создания централизованных, так и распределенных систем, в локальной или облачной модели, также позволяет создание систем в гибридной архитектуре.

Как говорилось в [1], существующие средства разработки, если рассматривать каждый из них в отдельности, не удовлетворяют предъявляемым для разработки МИС требованиям.

Эти особенности естественным образом толкают производителей к созданию своих технологических решений в качестве платформы разработки МИС. Еще в 90-е годы в рамках проекта Интерин была разработана «Технология Интерин», которая по сути использовалась в качестве платформы создания МИС. На этой технологии был создан ряд версий МИС Интерин PROMIS.

Когда перед разработчиками МИС встала масштабная задача дальнейшего развития МИС, которая привела к идее цифровой экосистемы, ее реализация потребовала новых подходов и к средствам реализации. Иначе говоря, реализация концепции цифровой экосистемы стала возможной благодаря появлению соответствующих платформенных решений, о которых говорилось выше.

На этапе развития МИС до недавнего времени многие разработчики МИС считали, что для создания полноценной МИС возможностей веб-технологий в части интерфейса недостаточно.

За последние годы ситуация изменилась. С одной стороны, Веб-технологии стали гораздо богаче. С другой стороны, для большинства пользователей Веб-интерфейс стал привычнее. Как результат, веб-интерфейс для МИС становится естественным.

Создание МИС в парадигме Экосистемы естественным образом определяет использование Веб-технологий в части интерфейса, ввиду того, что круг пользователей системы расширяется и становится разнообразным.

Остановимся еще на одном обстоятельстве в развитии МИС, которое возникло как потенциальная возможность и открывает новые горизонты в использовании ИТ в здравоохранении.

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ

Ввиду того, что полноценные МИС в некоторых МО функционируют уже 10–20 лет и больше времени, и количество таких МО неуклонно растет, и все



чаще можно встретить пациентов, которые долгое время получают медицинскую помощь в рамках одной сети учреждений, оснащенных МИС, накапливаются массивы медицинских данных, потенциально интересные для дальнейшего их использования в научных и практических целях.

Для примера, в МИС семейства Интерин, работающих в медицинских организациях, накоплены более 5,5 млн. ЭМК, 29 млн. электронных медицинских документов (осмотров, дневников, протоколов, эпикризов и т.д.), 28 млн. результатов исследований и анализов. Так как многие из этих МО ведомственные, многие пациенты длительное время наблюдаются и получают медицинскую помощь в одном учреждении (или в одной сети учреждений), это улучшает полноту накапливаемых медицинских данных.

Очевидно, что накапливаемые в МИС медицинские данные, с точки зрения содержащихся в них знаний, представляют огромный интерес. На первый план выходят методы извлечения этих знаний из данных.

В качестве примера использования накопленных в МИС данных в качестве источника знаний можно привести работы последних лет, проводимых в ИПС им. А.К. Айламазяна РАН по прецедентному подходу.

Идеи анализа клинических данных и процессов лечебно-профилактических учреждений с целью моделирования предметной области возникли в Институте еще в конце 90-х годов прошлого века. Применение прецедентного подхода к анализу и моделированию различных процессов в медицинских организациях, использование прецедентного подхода в системах поддержки принятия врачебных решений (СППВР), стали воплощаться в результатах конкретных исследований в середине 2000-х годов. В 2009 г. вышли две публикации, посвященные изложению концепции прецедентного подхода и его практического использования в МИС [14, 15].

В ходе решения поставленных задач стало ясно, что клинические данные нуждаются в отдельной проблемно-ориентированной формализации в интересах применения методов машинного обучения. Полученные результаты нашли свое отражение в публикациях и в докладах на представительных международных конгрессах и конференциях 2013–2017 годов [16–23].

Параллельно в 2010–2017 годах шла работа над процессной, основанной на понятии состояния и событийной формализациями клинических данных в форме, подходящей для применения методов

машинного обучения. Проводилась оценка эффективности и точности СППВР, построенной на основе различных методов машинного обучения (прецедентный подход, нейронные сети). В ходе проведенных исследований прецедентный подход доказал свою эффективность и тем самым еще раз подтвердил научную и практическую целесообразность в сборе и накоплении больших клинических данных.

Одновременно стало ясно, что для создания банков больших клинических данных потребуются разработать методологию и методы предварительной обработки данных с целью их семантического анализа, нормализации, генерализации, исключения в данных ошибок и выбросов. Учитывая большие объемы данных, потребовалась разработка интеллектуальных семантических и синтаксических методов обработки данных, не требующих привлечения большого ручного труда экспертов. В 2010–2017 годах были развиты новые подходы к построению эффективных метрик сходства текстовых данных между собой и к семантическому анализу медицинских текстовых данных на ограниченном профессиональном языке (controlled language). Эти подходы показали свою эффективность для проведения семантического анализа и формализации лечебно-диагностических назначений, заданных в виде текстов.

В работе [24] на основании обзоров работ по данной тематике введены и рассмотрены концептуальные барьеры, стоящие на пути решения проблемы. Проблема построения СППР в медицине является очень сложной, комплексной. Решение проблемы невозможно получить без преодоления сформулированных в статье концептуальных барьеров. Комплексное решение проблемы СППР в медицине требует постановки этой задачи как большого проекта государственного уровня. По мнению автора [24] решение может быть найдено в виде облачной гибридной платформенной СППР, сочетающей применение явных и неявных медицинских знаний, пополняемых за счет включения новых формализованных случаев лечебно-диагностического процесса в банки клинических данных, и подключения новых модулей-сервисов, решающих частные задачи поддержки ведения лечебно-диагностического процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели два новых вызова в области информатизации здравоохранения, возникших в последние годы. Как было показано, первый из них, который носит проблемный характер и связан с общим развитием отрасли, указывает на



необходимость перехода от отдельных систем к цифровым экосистемным решениям. Второй вызов является результатом уже накопившихся «заслуг»

использования МИС и сулит еще неосознанные горизонты возможностей. Мы также привели примеры практических ответов на эти вызовы.

ЛИТЕРАТУРА



1. Гулиев Я.И. Основные аспекты разработки медицинских информационных систем. // Врач и информационные технологии. – № 5. – 2014. – С. 10–19.
2. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И., Михеев А.Е. Изменение функциональных требований к МИС в процессе перестройки систем здравоохранения. // Врач и информационные технологии. – № 4. – 2017. – С. 6–25.
3. Все граждане РФ получают доступ к электронным медицинским документам на портале госуслуг [http://zdrav.expert/index.php/Проект: Единая_государственная_информационная_система_здравоохранения_\(ЕГИСЗ\)](http://zdrav.expert/index.php/Проект:Единая_государственная_информационная_система_здравоохранения_(ЕГИСЗ)).
4. Утверждены требования к медицинским информационным системам <https://www.rosminzdrav.ru/news/2019/06/19/11745-utverzhdeny-trebovaniya-k-meditsinskim-informatsionnym-sistemam>.
5. Гусев А.В. О проекте «Создания единого цифрового контура». <https://www.kmis.ru/blog/o-proekte-sozdaniia-edinogo-tsifrovogo-kontura/>.
6. DocDoc – сервис поиска врачей и записи на прием <https://docdoc.ru/>.
7. DOC+ <https://docplus.ru/>.
8. Справочник лекарств РЛС <https://www.rlsnet.ru/>.
9. Автоматизированный скрининг лекарственных назначений <https://www.element-lab.ru/services/avtomatizirovannyj-skrining-lekarstvennyh-naznachenij/>.
10. Платформа анализа медицинской информации Botkin.AI <https://botkin.ai/>.
11. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И., Михеев А.Е. Цифровая экосистема медицинской помощи. Врач и информационные технологии. – 2018. – № 5. – С. 4–17.
12. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И., Михеев А.Е. Реализация «виртуальной больницы» в виде ИТ-экосистемы. Врач и информационные технологии. – 2018. – № 5. – С. 18–33.
13. *Yadulla Guliev*. The Interin technologies // The British Journal of Healthcare Computing and Information Management. – December 2006.
14. Малых В.Л., Гулиев Я.И. Прецеденты в медицинских информационных системах. Программные продукты и системы. – 2009. – № 2 (86). – С. 19–27.
15. Малых В.Л., Гулиев Я.И., Крылов А.И., Рюмина Е.В. Проблемы автоматизации учета прямых материальных затрат в медицине. Архитектура прецедентного материального учета. // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 2. – С. 465–471.
16. Малых В.Л., Гулиев Я.И. Моделирование лечебно-диагностического процесса в классе управляемых стохастических процессов с памятью. Врач и информационные технологии. – Москва: МЗ, 2013.
17. Малых В.Л., Гулиев Я.И. Управляемый стохастический прецедентный процесс с памятью как математическая модель лечебно-диагностического процесса. Информационные технологии и вычислительные системы. – 2014. – № 2. – С. 60–72.
18. *Malykh, V.L., Guliev. Y.I*. Precedent Approach to Decision-Making in Clinical Processes. MEDINFO 2015: eHealth-enabled Health. Studies in Health Technology and Informatics 216 (2015). 957. Sarkar, I.N. et al. (Eds.). IMIA and IOS Press. doi: 10.3233/978-1-61499-564-7-957.
19. Малых В.Л., Гулиев Я.И., Бельшев Д.В. Построение банка клинических данных на основе унифицированной модели лечебно-диагностического процесса. Труды XVII международной конференции DAMDID/RCDL'2015, Обнинск, 13–16 октября 2015.
20. *Malykh V.L., Belyshev D.V*. Case-based Reasoning in Clinical Processes Using Clinical Data Banks. Proceedings of 2015 International Conference on Biomedical Engineering and Computational Technologies (SIBIRCON), Russia, Technopark of Novosibirsk Akademgorodok, 28–30 October 2015. 211–216. IEEE Conference Publications. doi: 10.1109/SIBIRCON.2015.7361885.
21. Малых В.Л., Рудецкий С.В. Сравнительный анализ различных подходов к поддержке принятия врачебных решений на основе больших клинических данных. Московская научно-практическая конференция по Искусственному интеллекту в медицине MosCAI'17. 12 октября 2017 года, Москва.
22. *Malykh S.V., Rudetskiy V.L*. Approaches to medical decision-making based on big clinical data. Journal of Healthcare Engineering. Article ID3917659. 10 pages. 2018.
23. Малых В.Л., Михеев А.Е., Рудецкий С.В. Проблемно-ориентированная модель банка клинических данных. Программные системы: теория и приложения. – 2018. – Т. 9. – № 4(39). – С. 219–237.
24. Малых В.Л. Системы поддержки принятия решений в медицине. Программные системы: теория и приложения. – 2019. – Т. 10. – № 2(41). – С. 155–184.