



➤ **В. Л. МАЛЫХ,**

к.т.н., заведующий лабораторией Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, Россия, mvl@interin.ru

С. В. РУДЕЦКИЙ,

аспирант Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, Россия, rsv@interin.ru

М. И. ХАТКЕВИЧ,

к.т.н., заведующий лабораторией Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, Россия, mark@interin.ru

АКТИВНАЯ МИС

УДК 007.52

Малых В.Л., Рудецкий С.В., Хаткевич М.И. Активная МИС (Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский, Россия)

Аннотация. В работе обсуждается концепция активной МИС, нашедшей заметную поддержку исследователей в области медицинской информатики и искусственного интеллекта, как в нашей стране, так и за рубежом. В качестве основы для реализации концепции активной МИС предлагается принять сеть обработки сложных событий, реализуемую на основе мультиагентного подхода. Описывается прототип такой сети, разработанный в ИПС им. А.К. Айламазяна РАН. Поднимается проблема выделения и классификации событий, происходящих в среде медицинской организации. Статья будет полезна архитекторам и разработчикам современных МИС.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, нервная сеть предприятия, обработка сложных событий, сеть обработки событий, мультиагентные системы, онтологии.

UDC 007.52

Malykh V.L., Rudetskiy S.V., Hatkevich M.I. Active MIS (Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Pereslavl-Zalesky, Yaroslavl Region, Russia)

Abstract. Article is devoted to Active MIS in which the computer uses the active event processing network to generate clinical and administrative alerts or make treatment recommendations. The article will be useful to architects and developers of modern MIS.

Keywords: medical information system, enterprise nervous system, complex event processing, event processing network, multi-agent systems, ontology.

ВВЕДЕНИЕ

В различных статьях, докладах и дискуссиях на различных форумах [1] неоднократно отмечалось, что внедрение МИС сопровождается заметным увеличением трудовых затрат пользователей, в первую очередь врачей, по вводу в систему первичных данных. Современные МИС предлагают врачам воспользоваться интеллектуальной автоматизацией, системами поддержки принятия врачебных решений, предлагают множество аналитических средств работы с данными. Однако врачи склонны все это игнорировать, предпочитая ограничиваться только необходимым обязательным минимумом по вводу и обработке данных. Решение данной проблемы видится в пересмотре самой парадигмы взаимо-



действия врача (пользователя) и МИС. В работе [2] такая парадигма работы МИС пятого поколения получила название «МИС–Ментор». К этому, по нашему мнению, необходимо добавить еще одно качественное определение – «МИС – автоматический ментор». Желательно избавиться от свойственной экспертным системам практики активного диалога с пользователем с запросом у пользователя недостающих, по мнению системы, данных и заменить диалог на самостоятельное «мягкое» ненавязчивое поведение системы, делающей свои логические выводы и рекомендации полностью автоматически на основе имеющихся данных, без вовлечения в этот процесс пользователя. Подсказки и рекомендации системы могут пользователем приниматься или игнорироваться, но они не вызовут отторжения, если будут сделаны автоматически и не потребуют обязательного диалога с системой. Очевидно, что при таком подходе МИС должна приобрести некоторую «субъектность» и стать полноценным активным участником автоматизации. Методы обработки данных у такой менторской системы могут быть весьма разнообразны, включая когнитивные интеллектуальные методы. Перспективным выглядит использование прецедентного подхода [3–5] для формирования рекомендаций лечебно-диагностических мероприятий.

Уместность аналогий кибернетических систем с живым организмом уже давно подтверждена практикой. Достаточно указать на то, как оттолкнувшись от модели перцептрона, основанной на представлении о нервной сети живого организма, кибернетика пришла к эффективному искусственным нейронным сетям, решающим сложные задачи обработки изображений и распознавания речи. Далее в работе подобная аналогия будет рассмотрена [6]. Очевидно, что требование «субъектности» МИС должно породить соответствующие системотехнические решения, включающие среду выделения первичных сигналов (собы-

тий) и их обработку в аналоге нервной сети МИС. В известной работе [7] рассматривается гипотетическая эволюция живого организма, которая может быть перенесена также и на кибернетическую искусственную систему. Важными этапами такой эволюции является появление нервной сети с возможностями реакции на первичные сигналы рецепторов (события), появление механизмов простых и сложных рефлексов. В системотехническом плане далее мы будем говорить о необходимости создания в МИС сети обработки событий как необходимого и неизбежного этапа в развитии (эволюции) МИС. В специальной литературе такая сеть получила также названия шины обработки событий, сервера обработки сложных событий. Чтобы как-то кратко качественно охарактеризовать эту новую усиливающую субъектность МИС мы предлагаем термин «активная МИС», делая акцент на определенной независимости от пользователя или субъектности нашей кибернетической системы.

Как утверждается в [8], «развитие компьютерных сетей привело к тому, что информационные системы стали частью сложной экосистемы, где требуется не просто обмен данными между узлами, но еще и реакция на многочисленные и весьма разнообразные события, происходящие в этой среде».

В последнее время очень активно развиваются мультиагентные технологии [9] – новый способ распределенного решения сложных задач (Distributed Problem Solving). Фактически можно говорить о тенденции к построению сложных распределенных корпоративных сетей обработки информации (Enterprise Nervous Systems).

В сетевом сообществе SAP высказываются предположения [6], что корпоративные информационные системы ближайшего будущего должны строиться на принципах нервной сети. Внутри такой сети мы будем наблюдать значительный автоматизм, а также взаимодействия M2M (machine to machine).





Центральная нервная система человека в основном состоит из головного и спинного мозга, интегрирующей поступающую в него информацию и координирующей деятельность всех частей тела. Периферийная нервная система объединяет центральную нервную систему с сенсорными органами (такими как глаза и органы слуха). Соматическая нервная система управляет мускульной системой тела (управляет действиями тела). Автономная нервная система функционирует как система управления, находящаяся ниже уровня сознания. Она отвечает за работу сердца, дыхание, пищеварение и т.п.

Согласно [6], можно провести аналогию между структурами нервной системы нашего тела и предприятием. Центральная нервная система предприятия – это ERP, бизнес-приложения, BI – решения. Периферическая нервная система предприятия – это уровень интеграции потоков внешних данных и уровень mobile middleware (MEAPs). Соматическая нервная система предприятия – это потоки работ (workflows), сигналы (alerts), согласования и одобрения (approvals), различные системы управления предприятием (plant control systems) и т.д. Автономная нервная система предприятия – это полностью автоматизированные потоки работ, удаленные сенсоры, M2M и мобильные устройства, автоматическая синхронизация и интеграция данных, автоматические запросы, автоматические отчеты, доски объявлений, доставка электронной почты (автоматическая доставка сообщений) и т.п.

Большой объем сенсорной информации бесполезен для нас, если мы не в состоянии его анализировать и интерпретировать. Это же верно и для предприятия. Большие объемы корпоративной информации бесполезны, если они не могут быть использованы для принятия хороших решений.

По мнению [6], в ближайшее время будет наблюдаться создание на предприятиях подобных «нервных систем» и поиск путей к ана-

лизу больших объемов данных реального времени. Лучшие компании смогут реализовать такие решения и трансформируют свою организацию в организацию подобную живому организму, обладающему способностями обработки данных реального времени.

Деятельность медицинской организации не является исключением для современных подходов к управлению деятельностью и не может оставаться от них в стороне.

В области развития информационных технологий в медицине лидирует Запад. В 2006 году фирма IBM выпустила книгу [10], посвященную коллаборативной сети здравоохранения. В качестве участников сети рассматривались: 1) медицинские организации; 2) независимые лаборатории; 3) сообщества фармацевтов; 4) агентства по контролю здоровья населения (локальные, региональные, национальные); 5) производители лекарственных средств и медицинских приборов; 6) исследователи в области здравоохранения; 7) страховые компании; 8) пациенты. Участники сети могли обмениваться между собой различными сообщениями, в том числе на основе стандарта HL7. Цели предполагаемого информационного обмена были намечены весьма широко: 1) информирование пациентов о принятых в отношении них медицинских решениях; 2) мониторинг качества лечения (соответствие протоколам лечения); 3) определение обоснованности назначенного лечения с точки зрения оплаты расходов на лечение; 4) реагирование на чрезвычайные ситуации в здравоохранении (биотерроризм, угрозы здоровью населения); 5) проведение исследований в области состояния здоровья популяции; 6) проведение исследований для оценки эффективности технологий лечения (протоколов), лекарств, медицинских приборов; 7) проведение исследований для оценки влияния генетических факторов на здоровье человека.

IBM подчеркивала готовность своих технологий для создания подобной сети. Пред-



полагалось использовать IBM WebSphere Business Integration for Healthcare Collaborative Network. Сеть должна была обеспечивать безопасный, основанный на стандартах, надежный обмен сообщениями в реальном времени (real-time messaging).

Спустя 10 лет на сайте корпорации Oracle [11] видим все ту же коллаборативную сеть: A Real-time Collaborative Network of Healthcare and Life Sciences Organizations, правда уже с облачными сервисами. Следует отметить, что сеть Oracle создается в первую очередь в исследовательских целях. Заметим, что оба IT-гиганта подчеркивают качество real-time своих сетей, что, по-видимому, предполагает обработку соответствующих событий и порождение соответствующих сообщений в реальном времени. Судя по всему, развитие и построение такой масштабной сети идет нелегко.

Если перенестись к российским реалиям, то по масштабу можно провести аналогию между западными Healthcare Collaborative Network и российскими интеграционными решениями: ЕГИСЗ и ЕМИАС. По поставленным задачам российские интеграционные решения пока слабее западных. Результаты российских интеграционных проектов подвергаются критике со стороны медицинского сообщества.

С нашей точки зрения, в первую очередь в нашей стране следует начать с построения сети (Enterprise Nervous Systems) отдельной медицинской организации. Именно на этом уровне можно будет получить максимум эффективности от современных информационных технологий. И только потом следует переходить на более высокие интеграционные уровни.

В классическом, выдержавшем третье издание руководстве по медицинской информатике [12] подчеркивается, что наряду с протоколами лечения, играющими пассивную роль справочных руководств, широко должны использоваться **активные компьютерные системы**, генерирующие различные клинические сигналы или лечебные рекомендации. Анало-

гичная точка зрения представлена на ресурсе [13], где предлагается использовать искусственный интеллект в его «слабой» форме ('weak' AI) в качестве когнитивного помощника врача, например, для поиска в клинических данных определенных паттернов, свидетельствующих о важных изменениях в состоянии пациента.

В России давним апологетом активного внедрения в МИС элементов контроля и автоматических решений является В.М. Тавровский. В своем многолетнем компендиуме [14] он дает ответы на вопрос: в чем состоит интеллектуальная поддержка врача с помощью МИС? Напоминания и автоматические решения – вот его ответ. Цитируем: «...подавляющее большинство врачебных ошибок, неточностей, несвоевременных, неполных или преждевременных действий связано с неаккуратностью, с проблемами памяти, с несовершенством способов обмена информацией и с нелогичностью суждений. ... автоматизация может улучшить здесь многое. Опираясь на введенные сведения или на отсутствие тех или иных данных, история болезни (читай МИС, прим. авт. статьи) может сама контролировать, ориентировать, напоминать, подсказывать, предложить выбор, помочь в рассуждениях, автоматически сделать некоторые назначения... Компьютерной программе можно поручить все те решения, которые основаны на введенной информации и принимаются по строгим правилам...

Средства интеллектуальной поддержки – часть интерфейса. Без них АРМ – безжизненное объединение счетного и печатающего устройств, с ними – заботливый и толковый помощник» (выд. авт. статьи).

Очевидно, что развитие МИС с неизбежностью пойдет по пути интеллектуализации. Способность к адаптации, реакция на самые различные события, накопление знаний и правил логического вывода – все это даст возможность удовлетворить требования к интеллектуальной функции МИС.





Очевидно, что возникновение в системе различных событий является толчком к выполнению системой своих автоматических интеллектуальных функций, система должна автоматически реагировать на события. Активная интеллектуальная МИС – вот что должно возникнуть в ближайшие десятилетия.

МЕТОДЫ

Основой активной МИС должна стать среда выделения и обработки событий.

Методами реализации такой среды становятся современные технологии обработки событий. В работе [8] приводится история вопроса, постановка проблемы обработки потоков событий. В работах [15–18] рассмотрены подходы к обработке сложных событий. В работе [19] рассмотрена технология брокера сообщений IBM, представляющая интерес как родственная технология. По результатам обзора этих работ можно сделать следующие выводы.

Ведущие ИТ компании – Microsoft, IBM, Oracle – все они разработали архитектуры, управляемые событиями, и выпустили на рынок технологии и платформы для производительной и сложной обработки потоков событий [15–17]. В основе предложенных архитектур лежит сеть обработки событий (Event Processing Network). Мы не будем погружаться в детали технологий обработки сложных событий, отсылая читателя к указанным работам, в особенности выделяя переведенную на русский язык и написанную хорошим языком работу [16].

Еще одной методологической основой для разработки активной МИС становятся технологии мультиагентных систем. Эти технологии в настоящее время активно развиваются. Достаточно указать на то, что на XII Всероссийском совещании по проблемам управления ВСПУ-2014 программным мультиагентным системам и технологиям была посвящена отдельная секция [20], и на совещании было прочитано более двух десятков докладов по этой тематике.

Программная реализация сети обработки событий активной МИС будет отличаться от привычной реализации других подсистем МИС в виде отдельных достаточно «тяжелых» программных модулей, реализующих пользовательский интерфейс и бизнес-процессы МИС. Основой сети обработки событий в активной МИС служат взаимодействующие между собой компактные по размеру кода программные агенты. Каждый программный агент будет решать достаточно простую задачу обработки некоторого события. Сложную обработку информации в данной среде можно будет получить путем использования множества агентов, обрабатывающих события и порождающих события для дальнейшей обработки.

Еще одной методологической основой для построения сети обработки событий в активной МИС должен стать онтологический подход. Выделяемых событий, по нашим оценкам, будет порядка 10^3 – 10^5 . Это немало. Наилучшим подходом для организации знаний о выделяемых событиях, по нашему мнению, является онтологический подход. В настоящее время онтологии различных предметных областей, включая медицину, бурно развиваются и широко используются при моделировании клинической деятельности и проектировании технологических процессов, в том числе и медицинских [21–23].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время в ИПС им. А.К. Айлазяна РАН ведутся исследовательские работы по проектированию и реализации концепции активной МИС.

Реализован программный прототип сервера обработки сложных событий. Сервер поддерживает многопоточковую обработку трех очередей событий. Первая очередь простых событий создается триггерами БД МИС и фактически является сигналами о поступлении, изменении или удалении информации в БД МИС (insert, update, delete на уровне таблиц БД). Вторая очередь сложных событий формируется обработчиками

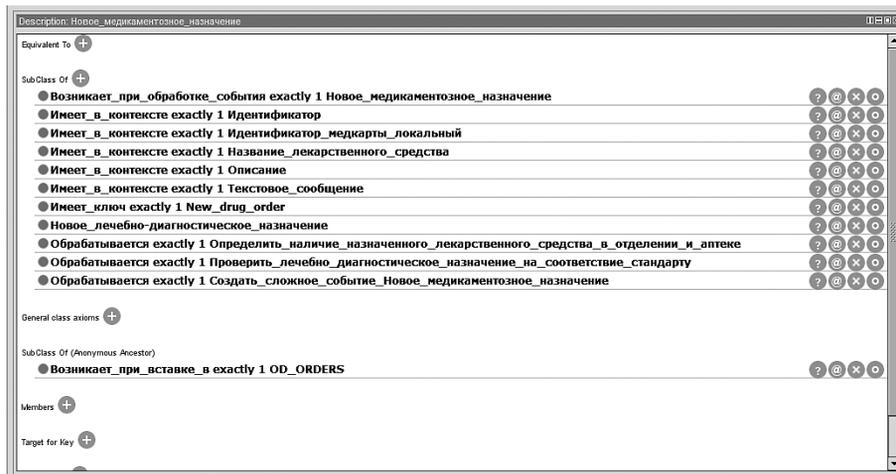


Рис. 1. Онтологическое описание события «Новое медикаментозное назначение».

простых событий, либо непосредственно триггерами БД МИС. Для очереди сложных событий предоставляются возможности декларативного описания подмножеств событий, их выделения и обработки в отдельных окнах обработки событий. Допускаются различные стратегии обработки выделенных подмножеств событий, включая возможности долговременной многократной обработки и формирования расписания обработки событий, что позволяет распределять и оптимизировать нагрузку на сервер обработки событий и на сервер БД. Третья очередь содержит выходные события-сообщения. Эта очередь позволяет сформировать тематические каналы сообщений. Конечным пользователям (потребителям сообщений) предоставляются возможности подписки на каналы сообщений, а также возможности декларативного определения фильтров для отбора сообщений из каналов сообщений. Предусмотрены различные механизмы доставки сообщений в форме SMS-сообщений на мобильные устройства, писем электронной почты, сообщений на пользовательских досках объявлений МИС. Подписка обработчиков на события позволяет динамически строить топологию сети обработки событий. Предусмотрен механизм автоматической

сборки «мусора» (удаление окончательно обработанных событий). Сервер обработки событий реализован на языке Java. Обработчики событий (активные агенты) реализуются программистами-прикладниками на языке PL/SQL. Проприетарные коммерческие программные продукты третьих сторон при реализации не используются, что снижает стоимость разработки и владения средой активной МИС.

Выделяемые события описываются в онтологии событий с использованием инструментального средства ProItgй. Базовыми классами проектируемой онтологии в настоящее время являются: События, Шаблоны обработки событий, Обработчики, Модели данных, Контекст события. В онтологии определены на классах следующие базовые отношения: Возникает (с подклассами), Имеет_в_активном_контексте, Имеет_в_контексте, Имеет_ключ, Обрабатывается, Подписан_на, Реализуется, Содержит. На рис. 1 приведен пример онтологического описания события «Новое медикаментозное назначение».

ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве содержательного примера обработки событий приведем назначение паци-





енту лекарственного средства. Триггер «ловит» появление в соответствующей таблице БД МИС новой записи или изменение статуса уже имеющейся, после чего создает в очереди обработки первичное событие «Медикаментозное_назначение». Далее обработчик первичного события дополняет его необходимыми атрибутами (фактически играет роль адаптера) и «перемещает» событие в очередь сложных событий. Предусматривается несколько независимых обработчиков сложного события «Медикаментозное_назначение»:

1. Определить по справочнику РЛС эффекты взаимодействия назначенного лекарственного средства с другими л.с. назначенными и актуальными на данный момент. Сформировать соответствующее сообщение.

2. Если назначенное л.с. входит в реестр клинического фармаколога, то сформировать соответствующее сообщение для фармаколога.

3. Если ведется контроль данного случая по стандарту медпомощи Минздрава, то учесть данное назначение в экземпляре стандарта (учитывается как факт назначения, так

и количественные показатели – дозировка и кратность).

4. Проверить наличие назначенного л.с. в аптечках отделения/аптеке МО. При его отсутствии сформировать соответствующее сообщение.

5. Если в МИС ведется учет себестоимости данного случая в реальном времени, то учесть в себестоимости данное назначение.

Приведенный список можно продолжать. Очевидно, что одно «простое» событие может порождать множественную независимую параллельную обработку, выполняемую различными активными программными агентами.

В настоящее время в среде обработки событий реализован контроль лечебно-диагностических назначений на соответствие стандарту. По событию «Появление диагноза основного заболевания» на основании кода диагноза по МКБ 10 выполняется поиск подходящего стандарта и автоматически создается экземпляр стандарта для данного клинического случая. Далее отслеживаются события из класса «Новое лечебно-диагностическое назначение», в который, в част-

Стандарты оказания медицинской помощи для медкарты 288235

Коды МКБ10:

1. СТАНДАРТ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ С ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ТАХИКАРДИЕЙ

СТАНДАРТ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ С ЖЕЛУДОЧКОВОЙ ТАХИКАРДИЕЙ

1. Модель пациента
 Категория пациента:
 Нозологическая форма: Желудочковая тахикардия
 Код по МКБ-10: I47.2
 Фаза: любая
 Стадия: любая
 Осложнение: без осложнений
 Условие оказания: стационарная помощь

1.1 ДИАГНОСТИКА
 1.2 ЛЕЧЕНИЕ ИЗ РАСЧЕТА 15 ДНЕЙ
МЕДИКАМЕНТЫ

| Фармакотерапевтическая группа | Анатомо - терапевтическо - химическая классификация | Международное непатентованное наименование | Частота назначения | Ориентировочная дневная доза | Эквивалентная курсовая доза | Фактическая частота назначения | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|
| Анестетики, миорелаксанты | Средства для наркоза | Пропофол | 1 | 200 мг | 2000 мг | 1 | |
| | | Кетамин | 0.4 | 75 мг | 300 мг | 1 | |
| | Местные анестетики | Проклаин | 1 | 1 мг | 50 г | 1 | |
| | | Миорелаксанты | Атракуриум бисилат | 0.1 | 25 мг | 125 мг | 1 |
| | | | Суksamетония бромид, хлорид | 0.3 | 100 мг | 200 мг | 1 |
| | | | Пипекурония бромид | 0.3 | 4 мг | 12 мг | 1 |
| | Средства, влияющие на центральную нервную систему | Анксиолитики (транквилизаторы) | | 1 | | | 1 |

Рис. 2. Контроль клинического случая по стандарту



ности, входят и новые медикаментозные назначения. Каждое назначение автоматически сопоставляется со стандартом и учитывается в экземпляре стандарта в колонках, отражающих фактическое исполнение стандарта, см. *рис. 2*.

На основании экземпляра стандарта МИС–Ментор в форме назначений может давать врачам подсказки о рекомендациях стандарта по назначению тех или иных медикаментов из различных АТХ и фармакотерапевтических групп. По завершении клинического случая по событию «Заккрытие медкарты стационарного больного» данные из экземпляра стандарта автоматически обрабатываются для построения общей статистики, отражающей исполнение стандарта по данной нозологии.

С помощью среды обработки событий можно решать задачи формирования и ведения в системе бизнес-процессов. Рассмотрим в самом общем виде три возможных представления процессов в системе. Самое распространенное представление: процесс – это смена состояний чего-либо. Изменение состояния (изменение отдельных переменных состояния) – это события. Следовательно, процесс можно рассматривать как поток событий. Часто собственное движение объектов, участвующих в процессах, может отсутствовать, а изменение состояний объектов может быть связано с некоторыми действиями. В этом случае можно описать процесс как последовательность действий, что сразу наводит на мысль о моделях бизнес-процессов. Можно ли с помощью механизма событий организовать ведение процесса по некоторой формальной модели? Да можно. Потребуется события, указывающие на окончание того или иного действия, и потребуются обработчики этих событий, которые согласно некоторой модели процесса будут определять следующее действие (или действия, если в модели процесса наблюдается разветвление и параллельное выполнение действий).

С помощью среды обработки событий можно решать задачи логических выводов (рассуждений). Медицинские знания можно формировать в виде логических выражений над событиями и выводов. Простейший пример: при болях дать пациенту некоторое лекарственное средство. Возникло событие «боли» в контексте данного пациента, делаем вывод о необходимости сделать назначение лекарственного средства. Сами выводы также могут являться событиями, которые, в свою очередь, могут участвовать в формировании других выводов, порождении новых событий. От возможности выполнять простейшие логические выводы в среде активной МИС можно прийти к возможности полноценной поддержки в данной среде протоколов лечения.

Отдельно следует остановиться на проблеме выделения и описания событий. В идеале хотелось бы иметь некий стандарт для этого, например – онтологию событий, которую разрабатывает все заинтересованное сообщество (разработчики МИС, пользователи МИС, организаторы здравоохранения и т.п.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе в самых общих чертах представлена концепция «активной МИС». Формирование в МИС активной интеллектуальной среды давно назрело и становится одной из наиболее актуальных и приоритетных задач их развития. Информационные технологии сегодняшнего дня готовы предоставить зрелые технические решения для построения активной МИС. В первую очередь речь идет об архитектурах сетей обработки событий. Прототипирование активной МИС может быть выполнено достаточно быстро без привлечения коммерческих программных продуктов. В работе описан такой прототип сети обработки сложных событий, разработанный в ИПС им. А.К. Айламазяна РАН. Внимание научного





сообщества привлекается к нерешенной проблеме стандартизации событий, возникающих в деятельности медицинской организации, обосновывается желательность ее онтологического решения.

Построение в МИС активной среды обработки событий позволит перейти к новому поколению медицинских информационных систем, качественно улучшит работу пользователей МИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Презентации конференции 12-го Международного форума «MedSoft-2016». URL: <http://www.armit.ru/medsoft/2016/conference/prog/>
2. *Thomas J. Handler, M.D., Barry R. Hieb, M.D.* Gartner's 2007 Criteria for the Enterprise CPR. URL: http://rsept.wikispaces.com/file/view/Gartner_Criteria_for_the_Enterprise_CPR_2007.pdf (дата обращения 24.11.2014)
3. *Малых В.Л., Гулиев Я.И.* Прецеденты в медицинских информационных системах // Программные продукты и системы. – 2009. – № 2 (86). – С. 19–27.
4. *А.Н. Виноградов, Я.И. Гулиев, Е.П. Куршев, В.Л. Малых.* Перспективные направления исследований в области клинического моделирования, управления и принятия решений // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 5. – С. 48–59.
5. *Vladimir L. Malykh, Igor N. Kononenko and Sergey V. Rudetskiy.* Estimation of accuracy of recommended diagnostic and treatment actions based on precedent approach. // Proceedings of the International Conference e-Health 2016, Madeira, Portugal, July 1–4, 2016. pp. 52–58.
6. *Kevin Benedict.* Enterprise Mobility, Remote Sensors and Nervous Systems – 2012. <http://scn.sap.com/people/kevin.benedict/blog/2012/01/18/enterprise-mobility-remote-sensors-and-nervous-systems>
7. *Турчин В.Ф.* Феномен науки. – М.: ЭТС, 2000.
8. *Черняк Л.* Машины для обработки событий // Открытые системы. – 2006. – № 9. <http://www.osp.ru/os/2006/09/3776498/>
9. Мультиагенты проникли в Airbus // Эксперт. – 2016. – № 11. <http://smartsolutions-123.ru/upload/medialibrary/be4/SPECDOKLAD62.pdf>
10. Healthcare Collaborative Network: Solution Planning and Implementation. IBM RedBooks, February 2006.
11. A Real-time Collaborative Network of Healthcare and Life Sciences Organizations. Oracle. <http://www.oracle.com/us/products/applications/health-sciences/network/overview/index.html>
12. *E. Coiera.* The Guide to Health Informatics (3rd Edition). CRC Press 2015.
13. Artificial Intelligence in Medicine: an Introduction. <http://www.openclinical.org/aiinmedicine.html>
14. *Тавровский В.М.* Зачем и как автоматизировать лечебно-диагностический процесс. – 2005–2012. <http://medprog.3dn.ru/publ/1-1-0-4>
15. Microsoft StreamInsight и обработка сложных событий. <http://itband.ru/2010/09/streaminsight/>
16. Концептуальная модель для обработки событий. <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-eventprocessing/>
17. Oracle Complex Event Processing: Lightweight Modular Application Event Stream Processing in the Real World. An Oracle White Paper Updated June 2009. <http://www.oracle.com/technetwork/middleware/complex-event-processing/overview/oracle-37.pdf>
18. TIBCO StreamBase. <http://www.streambase.com>
19. WebSphere Message Broker. <http://www.intuit.ru/studies/courses/54/54/lecture/1611?page=3>
20. XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16–19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014.
21. *Bernd Blobel.* Clinical modeling – A critical analysis // International journal of medical informatics. – 2014. – Vol. 83. – P. 57–69. URL: [http://www.ijmijournal.com/article/S1386-5056\(13\)00201-3/pdf](http://www.ijmijournal.com/article/S1386-5056(13)00201-3/pdf)
22. Коммюнике Онтологического Саммита 2016 // Онтология проектирования. – 2016. – № 2. – С. 241–247.
23. *Агроник А.Ю., Талалаев А.А., Фраленко В.П., Хачумов В.М., Шишкин О.Г.* Анализ систем проектирования технологических цепочек и процессов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, № 3(21). – С. 255–269.