

Д. В. Бельшев, Я. И. Гулиев

Исследование методов представления темпоральной медицинской информации посредством интерфейса «Боткинский лист»

Аннотация. В работе описаны решения, формирующие основные принципы создания темпорального представления медицинских данных пациента посредством интерфейса «Боткинский лист». Представлен краткий анализ темпоральных отношений в медицине, рассмотрены процессы, имеющие явную темпоральную природу, а также рассмотрен ряд объектов, представление которых в большинстве случаев ведется без явного использования их темпоральности. Приводится описание концептуальной модели Боткинского листа и архитектуры медицинской информационной системы, основанной на предложенной модели.

Ключевые слова и фразы: медицинская информационная система, методы представления данных.

1. Введение

Темпоральная, т.е. зависящая или связанная со временем, информация играет огромную роль в различных видах человеческой деятельности. На саму жизнь можно смотреть, как на поток событий в реке времени. Еще Гераклит заметил: «Все течет, все изменяется». Компьютеры открыли новые возможности для представления темпоральных данных. Достаточно указать на различные планировщики (organizers), системы управления проектами (Microsoft Project), системы статистического анализа временных рядов (time series analysis, StatGraphics).

В указанных примерах мы имеем дело с потоками относительно однородных событий, связанных с «соизмеримыми» временными слотами. В планировщике рабочего дня выделяются временные слоты масштаба минут и часов. В системе управления проектами выделяются задачи (tasks) в масштабе дней, недель, или месяцев. Теория временных рядов рассматривает значения случайной величины в равноотстоящие дискретные моменты времени. В вопросах темпорального представления информации особое отдельное место занимает медицина.

Еще родившийся в 1832 году в Москве знаменитый русский врач и общественный деятель С. П. Боткин, который прошел лучшую европейскую школу того времени в Париже у Клод-Бернара, в Берлине в клиниках у знаменитого профессора Траубе, в патологоанатомическом институте Вирхова, предложил свою оригинальную концепцию представления клинических темпоральных данных, получившую название «Боткинского листа».

Одной из важных задач при построении медицинской информационной системы (МИС) является обеспечение удобного и соответствующего целям МИС пользовательского интерфейса. Построение интерфейса — это творческая задача, при решении которой нужно учитывать требования эстетики и удобства, а также принимать во внимание особенности конкретной области применения информационной системы.

При работе с большими объемами разнородной, но взаимосвязанной информации на первый план выходит проблема наглядности и эффективности ее представления. Следует учитывать ограниченные размеры экрана, объем отображаемой информации, разнообразие структур представляемых документов, необходимость отображения информационных взаимосвязей, а также предпочтения каждого конкретного пользователя. Многие медицинские данные имеют привязку к временным слотам разного масштаба (от миллисекунд при снятии сигнальной информации непосредственно с тела человека до дней, недель, месяцев и годов, когда речь идет о частоте осмотров, лечебных назначений, планировании лечения и диспансерном наблюдении). Ярко выраженный событийный характер лечебного процесса и необходимость выбора подходящего масштаба для анализа различных темпоральных данных создают большие проблемы в представлении медицинской информации в разрезе времени. Нуждаются в уточнении такие темпоральные категории, используемые в лечебном процессе и играющие большую роль в отслеживании движения пациента по клиническим путям, как «одновременно», «раньше», «позже» и т.п. Необходимо исследовать пригодность интерфейсной парадигмы Боткинский лист, для отображения темпоральной медицинской информации. В электронном виде механизм Боткинского листа должен позволять: конфигурировать средства отображения медицинской информации персонально; выбирать способ визуализации наиболее адекватный в данный момент; предоставлять наглядные формы

контроля лечебно-диагностического процесса. Что позволит пользователю выделять подмножество необходимой ему информации, выбирать способ ее отображения, компоновать в соответствии со своими требованиями и, кроме того, пополнять в пределах своих полномочий медицинскую карту и получать данные о своих и чужих изменениях информации в ней.

Современные МИС позволяют записывать и хранить огромное количество данных о пациенте. При этом перед пользователями (врачами и медсестрами) встает проблема поиска и анализа, имеющихся в информационной системе данных о пациенте. Немаловажную роль при этом играет парадигма представления темпоральной информации в интерфейсе пользователя МИС. Априори трудно определить какие именно данные окажутся полезными пользователю, в каком временном масштабе их следует представлять, как объединить темпоральные представления различных ассоциированных между собой данных, как сконфигурировать требуемое пользователю темпоральное представление. Одновременно следует отметить, что медицина является областью хранения личной (private) информации и подвержена соответствующей юридической регламентации (врачебная тайна и т.п.). Поэтому одновременно с формированием представления данных следует учитывать права пользователя на доступ к информации.

Современная медицина ставит перед собой задачи повышения качества оказания медицинской помощи и уменьшения числа ошибочных решений при лечении больного. Один из путей достижения этих целей — концепция клинических путей, позволяющая формализовать и контролировать правильное ведение пациента лечащим врачом по этапам [1]. Чтобы подобные интеллектуальные системы были востребованы врачами-практиками, необходимо решить проблему создания простого и удобного темпорального представления данных и интерфейса к ним.

2. Темпоральные отношения в медицине

Параметр «время», так или иначе, присутствует в медицинских данных, только в каких-то случаях данные и средства работы с ними (будь то бумажные формы или программные продукты) явно ориентированы на построение во временную последовательность, а в каких-то случаях явно фактор времени явно не указывается. Для

сведения разнородной информации в единую рабочую область Боткинского листа, необходимо определить «темпоральность» каждого из отслеживаемых событий, их место его на оси времени и взаимосвязь с другими событиями.

Необходимо отдельно отметить, что различные медицинские процессы протекают с различной скоростью, причем условно можно разделить процессы на два типа по месту получения медицинской помощи: стационарное лечение и амбулаторное лечение. Основным отличием стационарной фазы лечения пациента является большая насыщенность лечебно-диагностическими событиями довольно короткого промежутка времени нахождения пациента в стационаре. С точки зрения временной оси, события развиваются с максимальным шагом в день, а минимальным — минуты и секунды, при оказании интенсивной медицинской помощи. В случае стационарного лечения есть явно выраженные события начала лечения (поступления в стационар) и его завершения (выписка из стационара).

Амбулаторная фаза лечения охватывает весь оставшийся спектр медицинской помощи пациенту в течение всей его жизни, начиная с самого рождения. Минимальный шаг амбулаторного наблюдения — это чаще всего день (прием, посещение пациентом специалиста), при этом, одновременно может проводиться лечение у разных специалистов разных заболеваний, выполняться профилактические осмотры, выдаваться справки, выполняться консультации и т.п. Основываясь на приведенных рассуждениях, в дальнейшем мы будем разделять фазы стационарного и амбулаторного лечения, понимая стационарную фазу как «быструю», а амбулаторную как «медленную».

Ниже мы перечислим некоторые медицинские процессы, которые достаточно условно разобьем на две группы: явные и неявные темпоральные отношения. Под явными будем понимать такие процессы, для которых в медицинских учетных документах данные фиксируются в строгой привязке ко времени и отслеживается динамика изменений тех или иных параметров. Неявными темпоральными отношениями бы будем называть такие процессы, которые, по нашему мнению, могут быть включены в общую темпоральную модель, но в медицинских документах временная динамика этих процессов не фиксируется.

2.1. Явные темпоральные отношения. Большинство медицинских процессов учитывает фактор времени, то есть не бывает событий в процессе лечения пациента, для которого нельзя было бы сказать, когда оно произошло. Тем не менее, есть некоторые медицинские процессы, которые изначально опираются на жесткую привязку к фактору времени: установлен контроль за временными показателями и проводится анализ данных в разрезе времени (то есть явно используется темпоральность процесса). Поэтому первой задачей является выделение таких процессов, определение их взаимосвязей и определение места каждого из них в сводной темпоральной диаграмме лечения пациента.

Необходимо также отметить, что, несмотря на формальное наличие форм темпорального учета тех или иных параметров, их заполнение не всегда производится, а если производится, то не всегда с должным образом. Причиной этого может быть то, что бумажный вариант диаграмм не поддается никакой обработке и анализу кроме визуального просмотра врачом; нет возможности накапливать и обрабатывать статистику по введенным значениям; значения зачастую дублируются, так как нет возможности заимствовать уже введенные в других местах данные сводный лист, поэтому такие важные для лечения пациента механизмы работают не в полную меру. Одной из задач Боткинского листа является поддержка работы с установленными учетными формами, чтобы их использование давало реальную помощь лечащему врачу.

В число явных темпоральных отношений можно отнести

- температурный лист пациента;
- почасовая реанимационная карта;
- история развития новорожденного;
- контрольная карта диспансерного наблюдения;
- лист врачебных назначений;
- динамика результатов диагностических исследований.

2.2. Неявные темпоральные отношения. Ряд медицинских данных о пациенте хоть и имеют обязательную темпоральную составляющую, но явно это свойство не применяется для анализа данных во временном срезе, хотя, по нашему мнению, подобный анализ дал бы возможность выявления дополнительных закономерностей о течении лечения пациента. Ниже рассматривается насколько медицинских процессов, по которым обычно не ведется временной анализ, но,

там не менее, введение учета их темпоральности позволит увеличить наглядность и эффективность анализа данных.

2.2.1. *Данные врачебных осмотров.* Осмотры врачей-специалистов как в стационаре, так и на амбулаторном приеме выполняются по определенной схеме и в результате создается документ осмотра, который размещается в истории болезни пациента или его амбулаторной карте последовательно в порядке поступления. Это верно как для бумажного способа ведения документов, так и в случае использования медицинских информационных систем, которые копируют в данном случае бумажный документооборот. Недостатком такого режима работы является невозможность сквозного анализа осмотров, то есть, чтобы понять, какие именно изменения произошли с пациентом за последний период, необходимо изучить последовательно несколько осмотров и составить мнение, о том, что изменилось.

Для решения данной задачи в качестве первого этапа врачу можно дать изменений текста некоторых документов относительно друг друга, что, хоть и не будет являться формализованным, но позволит с гораздо большим удобством анализировать имеющиеся документы и отслеживать изменения, потому как именно изменения, прежде всего, интересуют врача, когда общий анамнез ясен. Второй этап заключается в привлечении средств интеллектуального анализа текста и выделения в нем смысловых единиц. В результате проведенного таким способом анализа текста может быть построено формальное множество признаков, которые, как и в случае строгой формализации документов, могут быть проанализированы автоматически.

2.2.2. *Уточнение диагноза в процессе лечения.* Как в амбулаторном, так и в стационарном лечении диагноз, выставляемый пациенту, постоянно претерпевает изменения в результате проводимого дополнительного обследования, выявления и уточнения осложнений. Во многих медицинских учетных документах существуют разделы для фиксации изменений диагнозов например, форма № 022-12/у «Талон амбулаторного больного» — имеет поля для указания предыдущего диагноза в случае его смены; другой пример форма № 030/у «Контрольная карта диспансерного наблюдения», имеющая среди прочих поле «Сведения об изменении диагноза, сопутствующих заболеваниях, осложнениях». Очевидно, что информация о динамике изменения диагноза важна для врачей, но цельного механизма, позволяющего обследовать подобные изменения, не предусмотрено. Темпоральное

отображение разнородной информации в Боткинском листе должно решить эту проблему, дав возможность на единой шкале времени расположить диагнозы пациента, позволив отслеживать динамику их изменения.

2.2.3. Ведение листков нетрудоспособности. Ведение временной нетрудоспособности пациентов является одной из необходимых функций любой МИС. Информация о нетрудоспособности отмечается в талоне амбулаторного пациента (форма № 025–12/у), в журнале учета временной нетрудоспособности (форма № 037/у), но, тем не менее, нетрудоспособность как процесс, на фоне которого выполняются те или иные лечебно-диагностические мероприятия отследить достаточно сложно. В то же время, визуальный просмотр течения нетрудоспособности в совокупности с проводимым лечением, было бы полезным для анализа эффективности проводимого лечения.

3. Способы представления разнородной темпоральной информации в зарубежных и отечественных МИС

Анализ рынка зарубежных МИС с точки зрения представления в них темпоральной информации, к сожалению, не дал возможности в достаточной мере исследовать возможности представленных систем. В свободном доступе встречаются в основном упоминания о системах, позволяющих выполнять темпоральную визуализацию, но сами системы, на которые идет ссылки, представлены достаточно скупо.

3.1. Зарубежные МИС. Среди зарубежных МИС в силу закрытости информации сложно провести полноценный анализ функциональных возможностей систем. Достаточно много ссылок есть на группу израильских исследователей, ведущих разработку программного обеспечения именно для визуализации темпоральных медицинских данных.

3.1.1. Система KNAVE II. Система является программным продуктом, производимым в университете Бен-Гурион (Израиль). Основная задача данной системы — визуализация различных медицинских параметров пациента. Визуализация строится на основе языка темпоральных абстракций [2].

3.2. Отечественные МИС. Среди отечественных фирм, представленных на рынке, специализированные интерфейсные решения, ориентированные на полноценную визуализацию и манипулирование темпоральной информацией, не имеют значительного распространения. Тем не менее, те или иные средства для отображения явно темпоральных отношений имеются во многих информационных системах.

3.2.1. *Мультимедийная история болезни, Гематологический научный центр РАМН.* Среди наиболее проработанных средств визуализации разнородных темпоральных данных в отечественных медицинских информационных системах можно отметить разработку, выполненную в Гематологическом научном центре РАМН, — «Мультимедийная история болезни» (МИБ) [3]. МИБ обеспечивает представление информации путем интегрированного многоуровневого размещения данных произвольного формата на общей оси времени. Динамика избранных показателей представляется в виде нормализованных графиков в единых осях координат. Разработанный интерфейс представляет возможность визуализации предварительно отобранной и занесенной систему информации. Основным инструментом для визуализации данных является лист динамического наблюдения (ЛДН), который строится на технологии электронных таблиц Microsoft Excel.

3.2.2. *МИС «МедIALOG».* В качестве способа представления темпоральных данных используются документально-событийные сущности в виде ряда объектов, выстроенных в хронологической последовательности либо в виде дерева, либо в виде плоского списка (наиболее ярким примером такого представления является внешний вид амбулаторной карты пациента). Другой распространенный темпоральный объект, который разработчики выделяют для визуализации — это результаты лабораторной и инструментальной диагностики. Здесь разработчики МИС чаще всего пользуются встроенными средствами построения диаграмм, базирующихся на табличных источниках данных.

3.2.3. *МИС «Амулет».* В данной информационной системе реализована визуализация лабораторных данных в виде графических диаграмм и табличного представления соответствующих темпоральных значений. Причем, возможно использование, как численных величин, так и лингвистических переменных.

3.2.4. *КИС «Дока+»*. В клинической информационной системе (КИС) «Дока+» реализовано несколько наиболее распространенных механизмов визуализации темпоральной медицинской информации. Особенностью данной информационной системы является тот факт, что она полностью реализована в виде web-приложения с браузером в качестве клиентского приложения.

3.2.5. *МИС «Кондопога»*. Данная информационная система принадлежит к классу систем со списочным интерфейсом представления информации, поэтому вся темпоральная информация представлена либо в виде иерархических списков, либо в виде таблиц значений. Тем не менее, специализированные механизмы визуализации темпоральных данных в системе представлены. Отображение данных выполненных диагностических исследований выполняется в виде графиков, причем предусмотрена возможность одновременного вывода нескольких диаграмм на одном экране, что позволяет производить их сравнительный анализ.

4. Концептуальная модель Боткинского листа

Исследования, направленные на хранение, манипулирование и визуализацию темпоральной информации в медицинских информационных системах ведутся различными коллективами исследователей, как в России, так и за рубежом. Разработаны различные системы (как показано в выше), так или иначе решающие перечисленные задачи. Ведутся исследования на стыке математики, искусственного интеллекта, теории баз данных и медицины, целью которых является определение моделей функционирования систем, основанных на темпоральной информации. Среди них можно отметить работы исследователей из университета Бен Гурион (Израиль), а также Вашингтонского и Стэнфордского медицинских университетов [4]. В перечисленных работах приводятся варианты построения абстрактных моделей медицинских темпоральных данных и описываются принципы их визуализации.

Ключевой особенностью исследований, приведенных в указанных выше работах, является их направленность исключительно на отслеживание изменения медицинских параметров состояния пациента. Учитывая исключительную важность быстрой и качественной работы медицинской информационной системы с медицинскими показателями пациентов, нельзя не обратить внимание, на тот факт, что полноценная медицинская информационная система масштаба

крупной клиники или сети клиник, должна одновременно включать в себя множество других функций, таких как система документооборота, система сбора и анализа медицинской статистики и т. д. То есть быть полноценной системой управления таким большим и сложным организмом, каким является современная клиника. И все перечисленные элементы, помимо чисто медицинских показателей, должны уметь вписываться в парадигму темпоральных листов, предоставляя врачу или руководителю возможность совокупного анализа медицинских показателей, принимаемых решений врача (оценивая их состав и своевременность), подготовленных документов и т. д.

Можно сформулировать более общую задачу — свести все аспекты жизни пациента, в которых он так или иначе касается предоставления ему медицинской помощи, в единую однородную среду, в которой на ось времени будут нанизаны всевозможные данные о пациенте, позволяющие оценить как общий анамнез его жизни, так и рассмотреть детально каждый конкретный факт предоставления ему различных медицинских услуг.

4.1. Определение объектов модели и их темпоральной составляющей. Первым шагом к построению модели темпорального представления медицинских данных является выделение основных абстрактных сущностей, из которых будут наследовать свои свойства конкретные объекты. Нами выделяется пять базовых сущностей:

- факты обращения;
- процессы;
- контекст;
- события;
- параметры.

Каждый из пяти перечисленных классов объектов в свою очередь наследует от абстрактного класса «Абстрактный темпоральный объект», аккумулирующего общие свойства и методы работы с объектами модели. Подобная группировка медицинских данных позволяет охватить все основные аспекты взаимодействия пациента с медицинским учреждением на протяжении всей его жизни с одной стороны, и в то же время, даст возможность детализировать медицинские показатели с любой степенью подробности, которую содержит хранилище данных системы. Составляющие элементы каждой из перечисленных групп тесно связаны между собой темпоральными

характеристиками, а между группами существуют сложные взаимозависимости, которые порождают те или иные цепочки событий в тех или иных группах.

4.2. Абстрактный темпоральный объект. Объект аккумулирует основное свойство объектов — их темпоральность, то есть положение объекта на оси времени: его начало, окончание и продолжительность. В абстрактном темпоральном объекте (АТО) описаны базовые операции над объектами, которое впоследствии уточняются наследующими его объектами более низкого уровня. Механизм объектов для автоматизированной системы ИНТЕРИН уже был разработан и описан в [5] и может быть положен в основу АТО в рассматриваемой модели. В качестве базовых методов АТО определим следующие: *New*, *Update*, *Delete*, *GetObject*, *View*, *Edit*, *Export*, *WriteContext*, *ReadContext*. С механизмом информационных объектов тесно связана модель *тезауруса*. Тезаурус является связующим звеном между реляционной моделью, объектной моделью и понятиями предметной области.

4.3. Факт обращения. Обращение пациента за медицинской помощью является основной отправной точкой для всех остальных процессов, возникающих в информационной медицинской системе по отношению к пациенту. Факты обращения мы выделяем как одну из базовых группирующих сущностей, необходимых для сопряжения Боткинского листа с реально существующими МИС. Обзор медицинских информационных систем показывает, что абсолютно все промышленные системы строятся на учете фактов посещения пациентами медицинских учреждений: это может быть вызов специалиста на дом, амбулаторный прием в поликлинике, заведение истории болезни в стационаре и санаторной карты в санатории. Такая архитектура обусловлена, прежде всего, необходимостью формирования статистической отчетности медучреждения, а также технологией работы самих ЛПУ. Основные атрибуты факта обращения V могут быть представлены как

$$V = \langle NAME, TYPE, DATE_START, DATE_END, V_DATA \rangle,$$

где $NAME$ — наименование факта обращения, являющееся строковым значением, $TYPE$ — тип факта обращения, $DATE_START$ —

дата начала факта обращения, $DATE_END$ — дата окончания факта обращения. Дата окончания факта обращения может быть неопределена, в это случае для визуализации она считается равной текущей дате; V_DATA — объект, аккумулирующих специфические данные объекта V , такие как идентификатор пациента, идентификатор врача-специалиста и прочую информацию, хранящуюся в МИС.

Факты обращения можно разделить на два основных типа: *кратковременные* (связанные с амбулаторными посещениями) и *длительные* (связанные с пребыванием в стационаре, санатории и т.п.). Кратковременные посещение в свою очередь может быть единовременным (с целью получения справки или профосмотра без выявления патологий) или периодически повторяющимся (в случае необходимости нескольких посещений при амбулаторном лечении заболевания). В случае периодически повторяющегося посещения мы имеем дело с процессом, который группирует одиночные посещения в цепочку взаимосвязанных фактов.

Факт длительного обращения связан с пребыванием пациента в лечебном учреждении — это стационарное лечение, пребывание в санатории или другом медицинском учреждении под наблюдением врача.

4.4. Процесс. Любой факт обращения пациента за медицинской помощью порождает некоторое множество процессов и документов, по которому можно отследить весь спектр услуг, которые были оказаны пациенту. В ряде случаев необходимо отслеживать посещения определенного типа и сопоставлять созданные на них документы. Процесс, в предлагаемой нотации, решает задачи не столько отображения динамики изменения состояния пациента, сколько является, как и факт обращения, группирующей сущностью различных событий, протекающих во время лечения пациента в ЛПУ. Процесс P описывается следующей пятеркой элементов:

$$P = \langle NAME, \{OBJECT\}_+, START_DATE, \\ END_DATE, P_DATA \rangle$$

где $NAME$ — название процесса из конечного домена значений процессов; $\{OBJECT\}_+$ — непустое множество объектов, $OBJECT = \{\text{факт обращения, процесс}\}$; $START_DATE$ — дата начала процесса,

END_DATE — дата окончания процесса. *P_DATA* — объект, аккумулирующий специфические данные процесса *P*, среди них идентификатор пациента, стандарт лечения, ассоциированный с указанным типом процесса и т. д.

Процесс используется для группировки событий в последовательности. Имеет смысл классификация процессов на определенные типы, что позволит связать с каждым из них план лечения и технологическую карту лечения, исходя из нозологии, что дает возможность сопоставить фактически проведенное лечение с медицинским стандартом и определить качество предоставления медицинской помощи.

4.5. Контекст. Контекст — это объект, определяющий фон, на котором происходит процесс диагностики и лечения. Формирование контекста происходит при появлении в системе существенной для дальнейшего лечебно-диагностического процесса информации. Такой информацией, прежде всего, являются:

- выставленные предварительные и заключительные диагнозы;
- сигнальная информация (группа крови и резус-фактор);
- перенесение инфекционных заболеваний;
- наличие лекарственной непереносимости;
- наличие факторов риска;
- наследственность человека.

Помимо медицинской информации контекст формируется и за счет появляющихся в системе документов, определяющих изменение социального статуса человека:

- наличие инвалидности;
- наличие временной нетрудоспособности;
- изменение условий работы, связанные с повышенной нагрузкой на здоровье;
- принадлежность к льготным и социально незащищенным группам граждан.

Кроме перечисленных параметров в контекст могут быть занесены все показатели, которые могут повлиять на картину лечения и интерпретацию диагностических данных.

Контекст зависит от времени: началом действия некоторого контекста является определенное событие, например, вынесения диагноза пациенту, окончанием — соответственно событие завершение лечения данного заболевания. В течение данного промежутка времени контекст может претерпевать изменения в зависимости от тяжести течения заболевания или выяснения осложнений. Формально контекст записывается как

$$C = \langle NAME, VALUE, START_DATE, END_DATE, C_DATA \rangle,$$

где $NAME$ — уникальный идентификатор контекста в виде строки, $VALUE$ — значение состояние контекста; $START_DATE$ — дата начала действия контекста, END_DATE — дата окончания действия контекста. C_DATA — объект, аккумулирующих специфические данные для контекста C , среди них идентификатор пациента, идентификатор врача, создавшего контекст и т. д.

Полный контекст представляет собой определенную в каждый момент времени как некоторое множество актуальных на данный момент контекстных значений иерархически организованную структуру. Правила учета параметров контекста в случае, если в определенный момент времени действует несколько условий, следующие: накопление множества параметров контекста идет от более ранних к более поздним, причем при появлении дублирующего параметра более новое значение заменяет более старое.

4.6. Событие. Под событиями на пациента мы будем понимать всевозможное внешнее влияние на пациента, которое приводит к изменения тех или иных его показателей. Формальное описание события E может быть представлено как

$$E = \langle NAME, TYPE, VISIT, \{PRE_DOC\}*, \{POST_DOC\}*, \\ START_DATE, END_DATE, E_DATA \rangle,$$

где $NAME$ — уникальный идентификатор события, $TYPE$ — тип события, принимающий конечное количество значения из предопределенного домена событий; $VISIT$ — идентификатор факта посещения, а рамках которого произошло событие; $\{PRE_DOC\}*$ — множество документов, предваряющих событие, множество может быть пустым; $\{POST_DOC\}*$ — множество документов, фиксирующих результат события (протоколы, эскизы и т. п.); $START_DATE$ — дата начала события контекста, END_DATE — дата окончания события контекста. E_DATA — объект, аккумулирующих специфические данные

для контекста C , среди них идентификатор пациента, идентификатор врача, создавшего контекст и т. д.

Из описания события видно, что обязательным атрибутом является набор документов его предваряющих или завершающих. Так событию «хирургическая операция» соответствуют документы:

- предоперационная концепция;
- осмотр анестезиолога;
- протокол операции.

События типа «инъекция», «процедура», «трансфузия», «прием лекарств» зачастую не имеют выходных документов, но имеют входные документы в виде направлений, подпись исполнителя на которых является подтверждением факта исполнения.

4.7. Параметр. Каждый медицинский документ оперирует определенными атомарными фактами — объективными данными пациента. Эти данные могут быть получены самыми различными способами: в результате медицинского осмотра пациента, бесед и тестирования, показаний приборов медицинской диагностики и лабораторного анализа и т. п. Формально параметр можно представить как

$$A = \langle NAME, TYPE, VALUE, \{CONTEXT\}*, \\ CREATE_DATE, A_DATA \rangle,$$

где $NAME$ — идентификатор параметра, выбираемый из конечного домена значений параметров, например, уровень глюкозы в крови; $TYPE$ — тип параметра, выбираемый из конечного домена значений типов, $TYPE = \{NUMBER, VECTOR, DOMAIN_VALUE, MATRIX, STRING, GRAPHICS, OLE_OBJECT, URL\}$ — тип параметра, $CONTEXT$ — множество параметров контекста, собранные по описанному выше правилу; $CREATE_DATE$ — дата создания параметра; A_DATA — множество данных, ассоциированных с параметром, таких как идентификатор пациента, оператора, занесшего параметр в систему, наименование лаборатории, из которой пришел результат и т. п.

4.8. Отношения между объектами. Перечисленные в предыдущем разделе объекты представляют различные срезы содержащейся в базе данных медицинской информационной системы информации. Каждый из объектов сам по себе является темпоральной сущностью со сложной внутренней структурой, предусматривающей их иерархическое строение и взаимосвязи.

В качестве основных отношений между описанными объектами можно выделить следующие типы (в силу сжатости изложения мы не останавливаемся подробно на каждом типе отношений):

- отношение следования;
- отношение включения;
- отношение инициализации;
- отношение финализации.

5. Архитектура Боткинского листа

Архитектура системы визуализации темпоральной медицинской информации «Боткинский лист» должна позволять строить графическую интерпретацию важных медицинских данных над существующей базой данных ЛПУ. То есть, основным требованием является не перестроение всей модели данных базовой МИС, а умение настроиться на уже существующие объекты и бизнес-логику, чтобы предоставить интерфейс просмотра и ввода информации в систему.

5.1. Источники данных. Для применения модели визуализации Боткинского листа необходимо, чтобы все атомарные факты, хранящиеся в базе данных были иерархически организованы и поддерживали унифицированный интерфейс работы. Для решения этой задачи наиболее подходящим является объектная модель представления данных и методов работы с ними.

В качестве корневого объекта модели выберем абстрактный темпоральный объект, описывающий базовые операции манипулирования данными с МИС с одной стороны и унифицированного представления ее в модели Боткинского листа с другой. Сформулируем принципы взаимодействия объектов предметной области с источниками данных медицинской информационной системы.

5.2. Модель визуализации. Приведем краткое описание способов визуализации объектов перечисленных типов в различных режимах.

5.2.1. *Отбор объектов и их размещение на рабочей области.* Для формирования множества отображаемых объектов предлагается использовать иерархический навигатор (дерево), формируемый из множества объектов модели с использованием существующего на них отношения включения.

Выбор может осуществляться как конечного узла иерархии (конкретного параметра модели), либо сложного объекта, который в дереве объектов можно представить папкой. В случае выбора сложного объекта все его дочерние элементы первого уровня также включаются в список объектов для визуализации. Ограничение на автоматическое раскрытие только одного первого уровня вложения позволяет строить такую модель предметной области, в которой отношение включения может быть цикличным, то есть в цепочке включений может найтись элемент, который включает в качестве дочерних сущностей один их элементов верхнего уровня. Например, в объект «история болезни» может быть вложен объект «амбулаторная карта пациента», при этом в самой амбулаторной карте может находиться список госпитализаций пациента, включающих истории болезней пациента. Именно для упрощения логики и избежания бесконечных рекурсий при автоматическом раскрытии полного дерева иерархии объектов объявляется ограничение на раскрытие одного уровня. При этом должна существовать возможность по желанию пользователя дополнительно раскрывать последующие уровни и получать их визуализацию.

В результате отбора сущностей происходит их расстановка в интересующей пользователя линейной последовательности по краю рабочей области. После чего, напротив каждого размещенного объекта строится контейнер (строка или столбец), куда помещаются данные указанного объекта в соответствии с выбранным для данного объекта стилем отображения.

5.2.2. *Стили отображения объектов на рабочей области.* Для рассмотренных объектов модели должна быть возможность использовать различные стили визуализации на рабочей области. Для каждого из объектов должно быть определено множество стилей визуализации, в соответствии с которыми они будут представлены. Пользователь должен иметь возможность менять стили отображения каждого из объектов в рамках доступных для объекта вариантов, а также

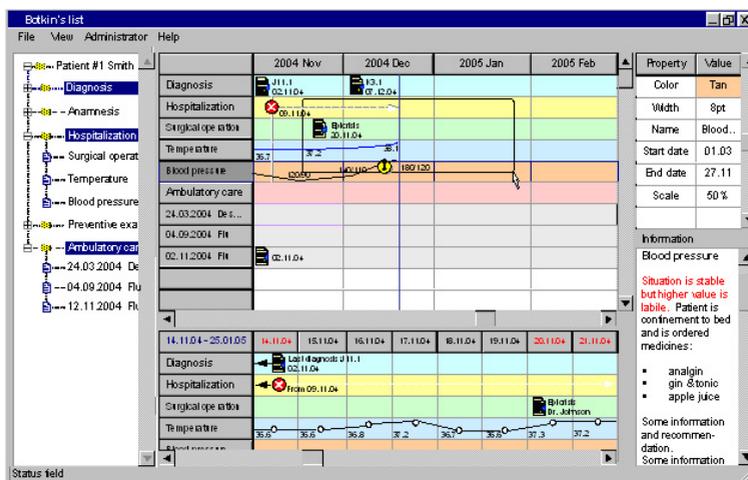


Рис. 1. Эскиз рабочей области Боткинского листа

задавать профили для установки умолчательных параметров визуализации разных типов объектов. В качестве базовых способов отображения объектов можно выделить следующие

- линейный (точечный) объект;
- текстовый ярлык;
- диаграмма, график, область;
- графический объект.

5.3. Эскиз рабочей области Боткинского листа. Рабочая область разделена на три основных части: дерево объектов, временная шкала, область ввода отображения информации (Рис. 1). Каждая из рабочих областей должна иметь возможность убираться с экрана (сворачиваться в иконку), а также преобразовываться в отдельное окно. Узлы дерева должны позволять выбирать их для отображения на временной шкале. Выбранные в дереве объекты должны быть помечены.

С каждым выбранным для показа узлом пользователь должен иметь возможность ассоциировать ту или иную временную шкалу, установить свойства этой временной шкалы (цвет фона, цвет символов, размер, начертание), а также указать временной интервал, который будет показан.

Рабочая (центральная) область, содержащая временные шкалы выбранных объектов должна иметь возможность оперировать строками (объектами) и столбцами (событиями). В качестве строк могут быть как одиночные объекты, так и иерархические структуры. Поэтому в иерархически структурированных «строках» должна поддерживаться возможность схлопывания. При этом все события, которые присутствуют во вложенных объектах, должны показываться в родительском временном ряду на соответствующих местах и в соответствующем стиле. Пользователь должен иметь возможность перетаскивать мышью строки (объекты) в рамках временной области вверх и вниз. Перетаскивание не предусматривается внутри строк в рамках иерархических структур, которые рассматриваются как одно целое.

Временная шкала может иметь несколько вариантов отображения: линейное время без присутствия оси значений (ось Y). В таком случае события на временной шкале могут быть показаны либо в виде дискретных цветных прямоугольников или иконок документов. Временная шкала может содержать оси значений измеряемых физических величин с определенным масштабом. В таком случае события могут отображаться в виде ломаных или непрерывных линий, непрерывных закрашенных областей, точек на разной высоте (т. е. в виде графиков и диаграмм). Каждая временная шкала может быть расширена мышью по высоте, в таком случае меняется масштаб сетки по оси значений и пользователь видит график прямо в рабочей области.

Важной возможностью рабочей временной области должна быть возможность выделения прямоугольных подобластей, в которых масштаб может быть изменен (эффект лупы). На выделенных областях могут быть определены различные агрегирующие функции, например, подсчитывающие количество событий разных типов. На выделении можно вызвать построение отдельно открывающегося окна с диаграммой, а также должна быть возможность совершить действие на выделенной области. На временной шкале должны быть определены двойной щелчок мышью и контекстное меню, которые задаются отображаемым объектом или его родителями по иерархии наследования.

Одной из возможностей рабочей области, отображающей временные шкалы должна быть возможность деления окна (split) по горизонтали, когда в разных частях отображается информация разного временного интервала. Например, в верхней части по месяцам, ниже

по дням, еще ниже по часам, причем интервал должен быть настраиваемым как пользователем вручную, так и формироваться самостоятельно.

Правая часть рабочей области предназначена для вывода информации об объектах. Здесь подразумеваются две основные функциональности: вывод данных о выделенных объектах и наличие формы ввода свойств выделенных объектов. При двойном щелчке на событии или шкале открывается специализированное окно ввода и просмотра данных. Правая область должна иметь возможность убираться с экрана, сворачиваясь в иконку.

Список литературы

- [1] Назаренко Г. И., Полубенцева Е. И. Качество медицинской помощи: М.: Медицина XXI, 2000. ↑
- [2] Boaz D., Balaban M., Shaha Y. A temporal-abstraction rule language for medical databases. — Proceeding of the workshop on Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology (IDAMAP) 2003: Protaras, Cyprus, 2003. ↑
- [3] Шкловский-Корди Н. Е., Зингерман Б. В. Информационная система гематологического научного центра. — Материалы 1-го Российского научного форума «МедКомТех 2003»: М.: «Авиаиздат», 2003, с. 236–241. ↑
- [4] Shaha Y., Goren-Bar D., Galperin M., Boaz D., Tahan G. KNAVE II: A distributed architecture for interactive visualization and intelligent exploration of time-oriented clinical data. — Proceeding of the workshop on Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology (IDAMAP) 2003: Protaras, Cyprus, 2003. ↑
- [5] Гулиев Я. И., Комаров С. И., Малых В. Л., Осипов Г. С., Пименов С. П., Хаткевич М. И. Интегрированная распределенная информационная система лечебного учреждения (ИНТЕРИН). — Программные системы: Теория и приложения: М.: Физматлит, 1997. ↑

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ ИПС РАН

D. V. Belyshev, Ya. I. Guliev. *Methods for presentation of temporal medical data using Botkinsky list interface.* (in russian.)

ABSTRACT. The paper describes general principles of temporal medical data representation using user Botkinsky list interface. We analyse temporal relations in medicine, investigate «original temporal» processes, and some processes which usually look like non-temporal. The paper includes description of the conceptual model of the Botkinsky list interface and general architecture of a medical information system based on the shown model.