



Горлачев Г.Е., [Луховицкая Э.С.](#),
[Скорнякова Р.Ю.](#), Шифрин М.А.

Модель данных
информационной системы
поддержки научно-
исследовательской
деятельности в отделении
радиологии и радиохирургии
Института Нейрохирургии
им. Н.Н.Бурденко РАМН

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Модель данных информационной системы поддержки научно-исследовательской деятельности в отделении радиологии и радиохирургии Института Нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко РАМН / Г.Е.Горлачев [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2010. № 6. 34 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2010-6>

Аннотация

Предложена объектная модель представления информации, необходимой для ведения научной работы в отделении радиологии и радиохирургии Института нейрохирургии. Основным объектом модели является пациент, а не эпизод лечения, что исключает дублирование данных для повторных больных. Данные модели представляются в виде, пригодном для компьютерного анализа: они структурированы, типизированы, а для строковых данных предусмотрены словари. Модель предусматривает также возможность дальнейшего расширения.

Abstract

An object model for the information system supporting scientific investigations in the department of radiology and radiosurgery of the N.N.Burdenko Neurosurgical Institute is proposed. The main object of the model is a patient, rather than an episode of treatment, which eliminates duplication of data for repeated patients. The model is presented in a form suitable for computer analysis: it is structured, typed, and data dictionaries are provided for string data. The model also provides capability for further expansion.

Оглавление

Введение.....	3
Требования к модели	3
Общая объектная структура модели.....	4
Детальное описание объектов.....	18
Соответствие предлагаемой модели сформулированным требованиям	31
Литература	32

Введение

Институт нейрохирургии им. Бурденко имеет давнюю историю работы с математиками. Группа математиков и врачей под руководством и по инициативе академика И.М.Гельфанда разрабатывала принципы формализации и структуризации основных медицинских данных. Работа группы велась в разных областях, в частности в области нейрохирургии [1]. Составлялись “бумажные” вопросники для решения некоторых медицинских проблем. Вопросники заполнялись врачами, данные вводились в БЭСМ-6, и на основании обработки этих данных определялись методы лечения, прогнозировались исходы заболеваний и т.д.

В наши дни повсеместное применение персональных компьютеров расширило возможности ввода и обработки медицинских данных. В Институте Нейрохирургии создан электронный вариант истории болезни – система e-med [2]. Данные о больном вводятся непосредственно в компьютер, и врачи получают многие нужные им сведения также из компьютера. В Отделении радиологии и радиохирургии работают специализированные системы LANTIS, Varis, Амфора. Однако основная задача этих систем – информационная поддержка текущего лечебного процесса. В них нет всех данных, необходимых врачу-исследователю для ведения научной работы. К тому же значительная часть данных хранится в виде неструктурированных текстов, поэтому их аналитическая компьютерная обработка весьма затруднена, а иногда и вовсе невозможна.

Мы, группа сотрудников Института нейрохирургии им. Бурденко и Института Прикладной математики им. Келдыша РАН, взяли за создание системы для Отделения радиологии и радиохирургии, ориентированной на научно-исследовательскую деятельность. Мы начали работу с того, что нам представляется наиболее актуальным для такой системы, – с концептуальной модели предметной области, логической модели данных.

Требования к модели

Модель данных информационной системы для поддержки научно-исследовательской деятельности в области медицины должна, по нашему мнению, удовлетворять ряду требований.

1. Модель должна быть удобна для дальнейшего расширения и модификации.

Это обязательное требование, поскольку предметная область – медицина – весьма сложна и подвержена постоянным изменениям.

Построить окончательную детальную модель для такой предметной области невозможно.

2. **Модель должна исключать дублирование данных для повторных больных.**

Это означает, что основным объектом модели должен быть пациент, а не эпизод лечения.

3. **Данные, зависимости между которыми предполагается изучать, должны быть представлены в виде, пригодном для компьютерного анализа.**

Это означает, что данные, участвующие в анализе, должны быть структурированы, типизированы, а для строковых данных, участвующих в анализе, должны быть предусмотрены словари.

Общая объектная структура модели

Для построения модели мы используем объектно-ориентируемый подход: выделяем бизнес-объекты и описываем связи между ними. Результат мы представляем в виде UML-диаграмм [3].

Многие понятия, соответствующие основным объектам и словарям нашей модели, позаимствованы из международного терминологического классификатора SNOMED CT [4], однако есть и существенные отличия, о которых будет сказано ниже.

Термины «объект» и «класс» мы используем далее как синонимы. Основу модели составляют следующие объекты:

- **Patient** – пациент;
- **Disorder** – нарушение (расстройство, заболевание);
- **FocusedDisease** – заболевание, по поводу которого пациент проходил лечение (основной диагноз);
- **TimeSlot** – временной промежуток;
- **HealthRelatedEvent** – событие, связанное с состоянием здоровья пациента;
- **SOMAS (Space-occupying morphologically abnormal structure)** – объемная морфологически аномальная структура.

Поясним введенные понятия.

Под нарушением (Disorder), так же как и в SNOMED CT, мы понимаем такое отклонение от нормы, которое предполагает развитие во времени и за которым стоит патологический процесс в организме [5].

Основное заболевание (FocusedDisease) является частным случаем нарушения (Disorder). Сопутствующие заболевания мы не выделяем отдельно, а относим непосредственно к нарушениям.

Мы не выделяем в качестве отдельных объектов точку на оси времени и временной интервал. И то, и другое мы рассматриваем как частный случай временного промежутка (TimeSlot). Кроме того мы включаем сюда и временные промежутки, начало и конец которых могут быть точно не известны, а определяются только приблизительно (т.е. начало и/или конец «размыты»).

К событиям, связанным с состоянием здоровья пациента (объектам типа HealthRelatedEvent), мы относим как события, являющиеся проявлениями состояния здоровья пациента (например, кровоизлияние, смерть пациента), так и события, повлиявшие или способные, по мнению исследователя, повлиять на состояние здоровья пациента. Эпизод лечения в такой трактовке является событием, а диагностическая процедура, если она не вызвала осложнений, – нет. Заметим, что такой подход к понятию события отличается как от подхода SNOMED CT, где лечение рассматривается только как процедура, так и от подхода медицинского стандарта HL7 [6], где к событиям относятся всевозможные действия с пациентом, производимые в процессе лечения. Отличие объясняется назначением нашей модели: она предназначена для ретроспективного анализа воздействия лечения, а также возможных других факторов на организм пациента, а не для информационной поддержки лечебного процесса. Для простоты мы объединяем в один класс единичные и множественные события. К примеру, несколько курсов химиотерапии, если каждый курс не описывается отдельно, можно рассматривать как одно событие, состоящее из нескольких эпизодов.

Объемная морфологически аномальная структура (Space-occupying morphologically abnormal structure) – это введенный нами термин, образованный из двух терминов «объемное образование» и «морфологически аномальная структура». Заболевания, которые лечат в отделении радиологии и радиохирургии ИНХ, связаны с наличием у пациента морфологически аномальных структур, которые, собственно, и подвергаются облучению. Термин «объемное образование», который обычно используют радиологи для таких структур, соответствует в SNOMED CT термину «Mass», который там трактуется несколько уже. В частности, артериовенозные мальформации под это понятие не попадают. Термин же «морфологически аномальная структура» слишком широк, он включает в себя также аномалии на клеточном уровне, которые мы в данном случае не имеем в виду. Чтобы

отличать морфологически аномальные структуры, подверженные облучению, от морфологически аномальных структур на клеточном уровне, мы и ввели термин «объемная морфологически аномальная структура».

Пациент, нарушение и морфологически аномальная структура рассматриваются нами в развитии. С этими объектами связаны объекты-состояния **Patient_Status**, **Disorder_Status**, **SOMAS_Status** и объекты, представляющие динамику состояний **Patient_Dynamics**, **Disorder_Dynamics**, **SOMAS_Dynamics**. Как правило, это состояния непосредственно перед лечением, а также через определенные промежутки времени после лечения (результаты катанестических осмотров и обследований).

На Рис. 1 изображена UML-диаграмма, включающая упомянутые выше объекты (классы) и связи между ними.

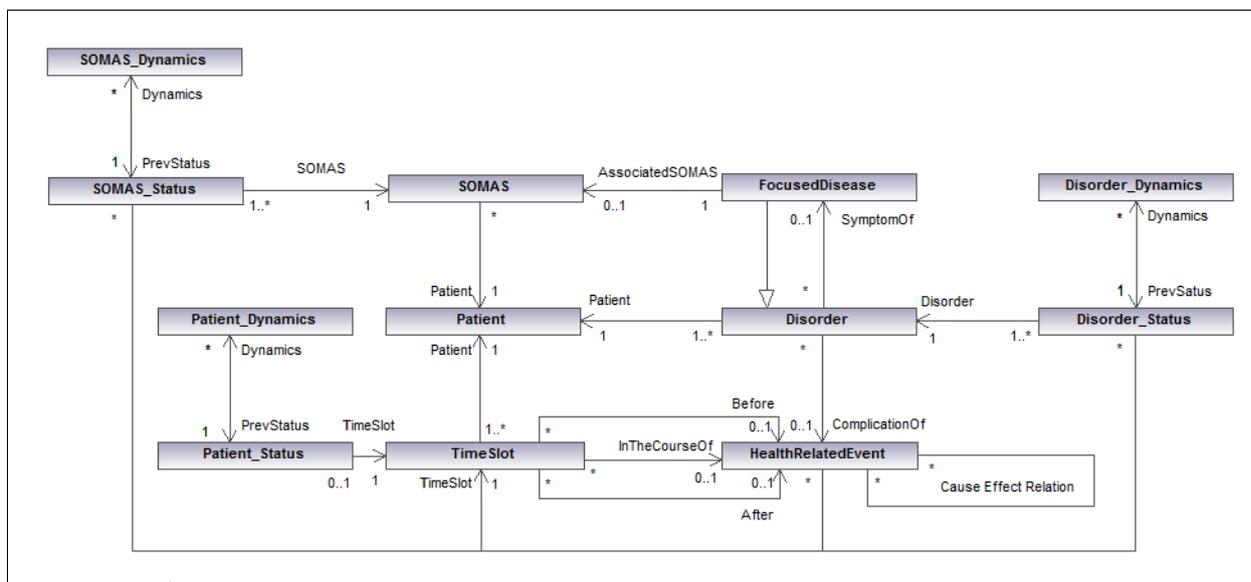


Рис. 1 Диаграмма основных классов модели

Как видно из диаграммы, с пациентом (объектом типа Patient) связано множество временных промежутков (объектов типа TimeSlot). Мы не требуем, чтобы временные промежутки не пересекались, в частности, один из промежутков может включать в себя другой. У каждого из пациентов своя ось времени: временные промежутки, относящиеся к разным пациентам, даже если их физические временные интервалы совпадают, считаются разными. С каждым временным промежутком связано либо состояние, либо событие. В терминологии темпоральных баз данных [7] состояние – это нетерминативный факт (atelic fact), а событие – терминативный (telic fact)

(перевод слов «telic» и «atelic» на русский язык взят из статьи [8]). На диаграмме связи состояний и событий с временными промежутками представлены ассоциациями **TimeSlot**. В тех случаях, когда важно знать, что данный временной промежуток относится ко времени до или после конкретного события, а точная временная привязка либо данного промежутка, либо события неизвестна, можно непосредственно связать временной промежуток с предшествующим или последующим событием (ассоциации **Before** и **After**). Можно также указать, что данный временной промежуток относится ко времени, когда происходило конкретное событие, например, во время курса лечения. На диаграмме эта связь представлена ассоциацией **InTheCourseOf**.

С пациентом Patient связаны также отмеченные за весь период наблюдения нарушения (объекты типа Disorder). Частным случаем нарушений являются основные заболевания, по поводу которых пациент проходил лечение в данном медицинском учреждении (в нашем случае в отделении радиологии) и которые составляют предмет исследования. Класс FocusedDisease, представляющий основное заболевание, является подклассом класса Disorder.

Некоторые из отмеченных нарушений можно считать симптомами основного заболевания. На диаграмме эта связь представлена ассоциацией **SymptomOf**. Нарушение может быть также осложнением какого-либо события, связанного с состоянием здоровья пациента, например, лечения или кровоизлияния. На диаграмме эта связь представлена ассоциацией **ComplicationOf**.

Если исследователь считает, что между двумя событиями имеется причинно-следственная связь, он может это отметить. На диаграмме этой связи соответствует ассоциация **Cause Effect Relation**.

Заболевание, по поводу которого пациент проходил лечение, может быть связано с объемной морфологически аномальной структурой (ассоциация **AssociatedMAS**). Исследователь может также отметить наличие у пациента других морфологически аномальных структур, не связанных с основным заболеванием, например, послеоперационной кисты.

Как уже отмечалось выше, пациент (точнее его организм), конкретное нарушение (или расстройство) и объемная морфологически аномальная структура рассматриваются нами как процессы, у которых имеются состояния и динамика. Динамика может быть определена между любыми двумя различными состояниями (необязательно непосредственно следующими друг за другом на оси времени).

Для описания состояния организма (клинической картины) мы вводим дополнительные объекты:

- **FunctionSystem_Status** – состояние функциональной системы организма (примерами являются неврологический статус – состояние нервной системы, психический статус – состояние психики, состояния слуховой, зрительной систем и т.п.);
- **AbnormalFinding** – отклонение от нормы, которое мы не рассматриваем в развитии, а только в привязке к конкретному временному промежутку (сюда могут относиться жалобы пациента, а также конкретные проявления нарушений, которые считает нужным отметить исследователь).

Нам понадобятся также объекты, представляющие абстрактные понятия (концепции) функциональной системы, нарушения (расстройства, заболевания) и отклонения от нормы без привязки к конкретному пациенту:

- **cOrganFunctionSystem;**
- **cDisoder;**
- **cAbnormalFinding.**

Такие объекты являются элементами словарей.

Объект **cOrganFunctionSystem** представляет собой элемент словаря, включающего понятия: «нервная система», «зрительная система», «эндокринная система» и т.д.

Объект **cDisoder** является элементом словаря, включающего такие понятия, как «гемипарез», «дисфункция ЧМН», «глухота», «диабет», «акромегалия», «эпилепсия», «генерализованная эпилепсия» и т.п.

Объект **cAbnormalFinding** представляет собой элемент словаря, включающего такие понятия как «головная боль», «эпи-припадок», «тошнота», «слабость в руке», «замедленная речь» и т.п.

О структуре этих и других словарей будет сказано ниже в разделе «Словари».

Для сравнения состояний функциональной системы организма, относящихся к различным промежуткам времени, мы вводим объект **FunctionSystem_Dynamics**.

На Рис. 2 представлена UML- диаграмма классов, описывающих состояние организма пациента (клиническую картину) и динамику состояний.

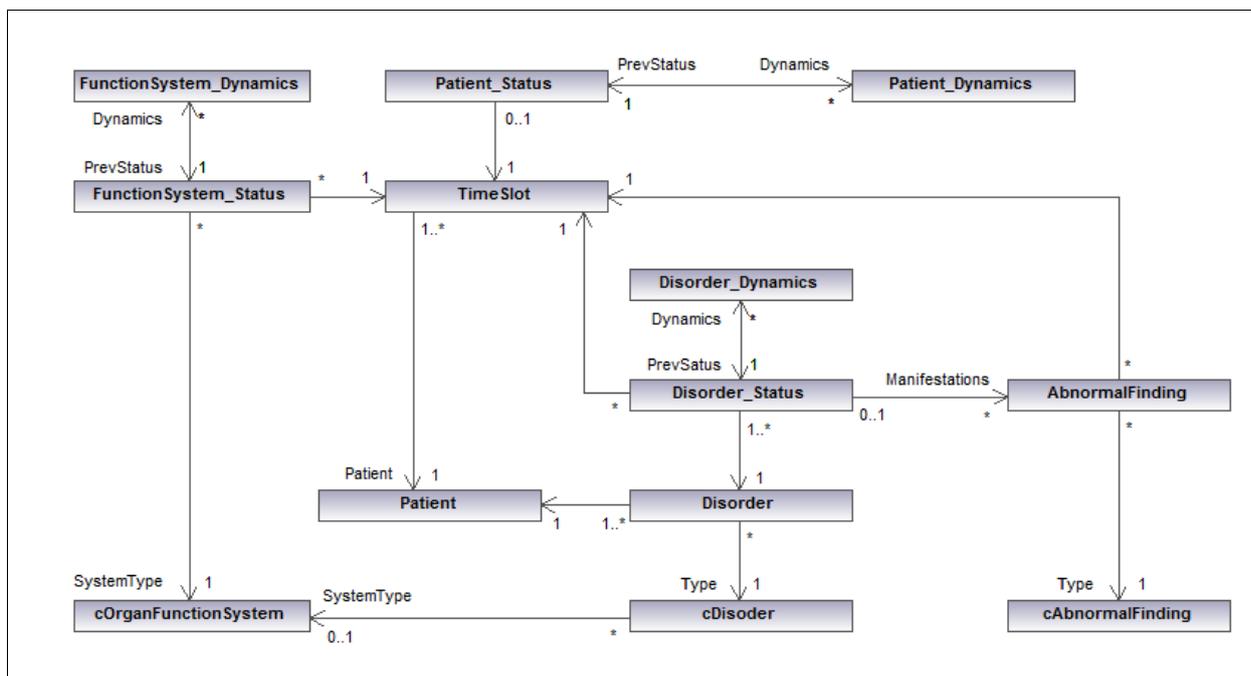


Рис. 2 Диаграмма классов, описывающих состояние организма пациента и динамику состояний

Как видно из диаграммы, исследователь может отметить у пациента определенные отклонения от нормы, часть из которых является проявлениями нарушений (ассоциация **Manifestations**). Нарушение (**Disorder**), которое имеется у пациента, посредством ассоциации **Type** связано с понятием нарушения (**cDisoder**). Нарушение как понятие (**cDisoder**) может относиться к определенной функциональной системе (**cOrganFunctionSystem**), в свою очередь состояние функциональной системы (**FunctionSystem_Status**) также относится к определенной функциональной системе (ассоциации **SystemType**). Таким образом состояние функциональной системы организма связывается с состоянием отдельных нарушений, имеющих у пациента.

Для описания состояния морфологически аномальной структуры мы вводим дополнительные объекты:

- **SOMAS_Nodule** – очаг или узел морфологически аномальной структуры;
- **cAnatomical Structure** – элемент словаря анатомических структур, включающего такие понятия как «височная доля», «крыло клиновидной кости», «орбитальная щель», «ствол головного мозга», «головной мозг» и т.п.;
- **cTopographicalModifier** – элемент словаря топографических модификаторов, включающий понятия «слева», «справа» и т.п.;

- **cSpreadDirection** – элемент словаря направлений распространения, к примеру, «супраселлярное», «латероселлярное», а также тип данных **Anatomical Structure**, состоящий из двух свойств, одно из которых представляет собой ссылку на элемент словаря анатомических структур, а другое – ссылку на элемент словаря топографических модификаторов. Очаг (узел) морфологически аномальной структуры рассматривается нами в привязке к состоянию SOMAS_Status, а не к самому объекту SOMAS, поскольку со временем разделение на очаги (или узлы) может меняться.

На Рис. 3 представлены объекты, описывающие состояние, динамику морфологически аномальной структуры, и связи между ними.

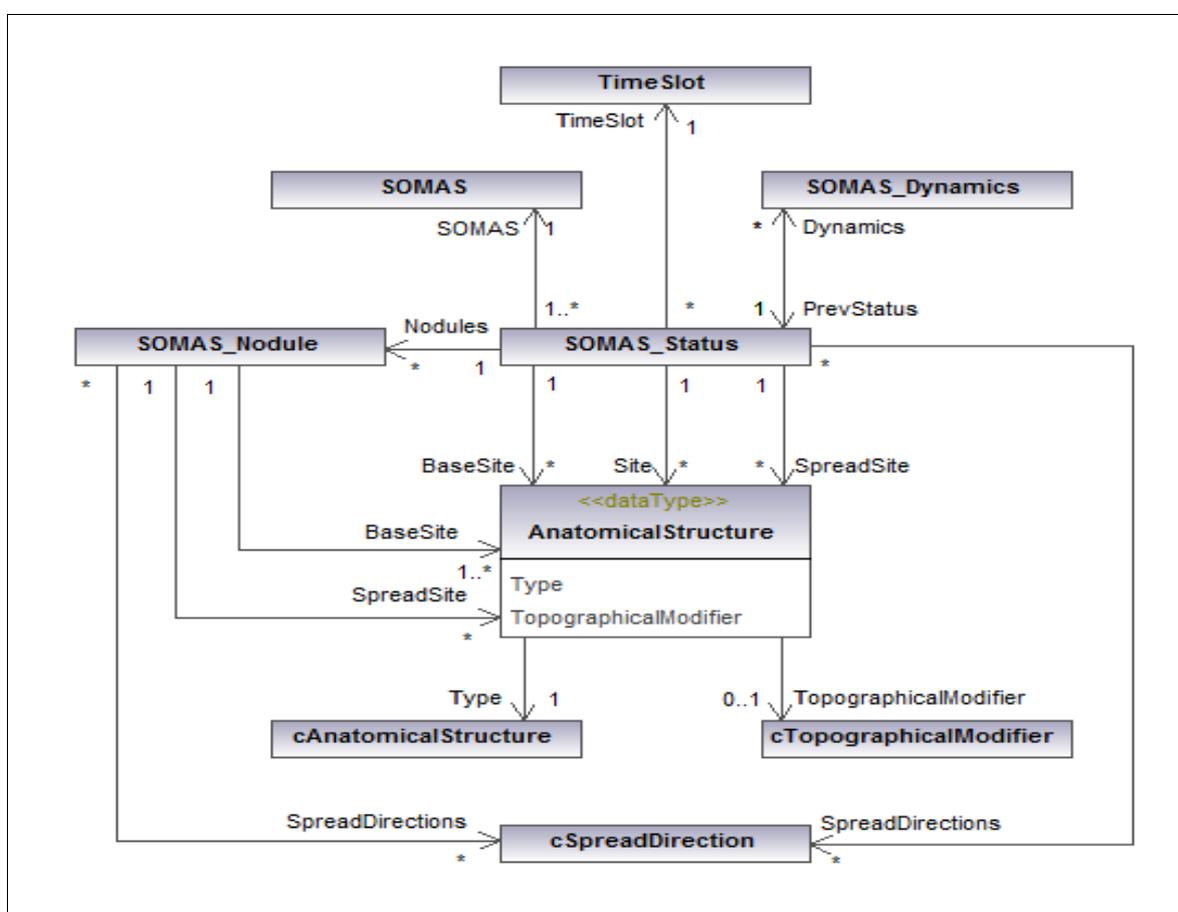


Рис. 3 Диаграмма классов, описывающих состояние и динамику морфологически аномальной структуры

Как видно из диаграммы, исследователь может указать общую локализацию морфологически аномальной структуры (ассоциация **Site**), базовую локализацию (ассоциация **BaseSite**) и локализацию распространения (ассоциация **SpreadSite**), причем каждая локализация может включать

несколько анатомических структур с топографическими модификаторами. Вместо указания анатомических структур, на которые происходит распространение, можно указать направления распространения (ассоциация **SpreadDirections**). Для отдельного узла можно указать базовую локализацию (**BaseSite**), локализацию распространения (**SpreadSite**) и направления распространения (**SpreadDirections**).

Кроме состояний в конкретные моменты времени, важными характеристиками патологических процессов, происходящих в организме, являются события, вызванные этими патологическими процессами. К примеру, наличие артериовенозной мальформации может привести к кровоизлиянию, и исследователю важно знать, когда именно оно произошло. Важно также знать, когда именно возникло то или иное нарушение. Для описания такого рода событий мы выделяем подкласс **HealthManifestationEvent** в классе **HealthRelatedEvent** всех событий, связанных с состоянием здоровья пациента. Для описания событий, которые повлияли или могли, по мнению исследователя, повлиять на состояние здоровья пациента, мы вводим подкласс **HealthInfluenceEvent**. Среди всех событий, являющихся проявлениями состояния здоровья пациента, мы выделяем события, приведшие к качественному изменению состояния здоровья – подкласс **HealthQualityChangeEvent**, а в этом классе два подкласса **Disoder_Onset** и **Disorder_Disapperance** (появление нарушения и возможное исчезновение нарушения, т.е. выздоровление). Среди событий, которые могли повлиять на состояние здоровья пациента, мы выделяем в первую очередь лечение (подкласс **Treatment**), а в этом классе – подклассы **Operation** (операция) и **RadioTreatment** (лучевое лечение). Лучевое лечение мы выделяем среди других видов лечения в силу специфики отделения, для которого разрабатывается система, а операцию – из-за того, что часто лечение бывает комбинированным: вначале пациенту делается операция, а затем его облучают. Чтобы учесть и другие возможные события, имеющие отношения к состоянию здоровья пациента, вводится словарь **cEvent**.

На Рис. 4 изображена описанная иерархия классов-событий, а также связанные с ними классы.

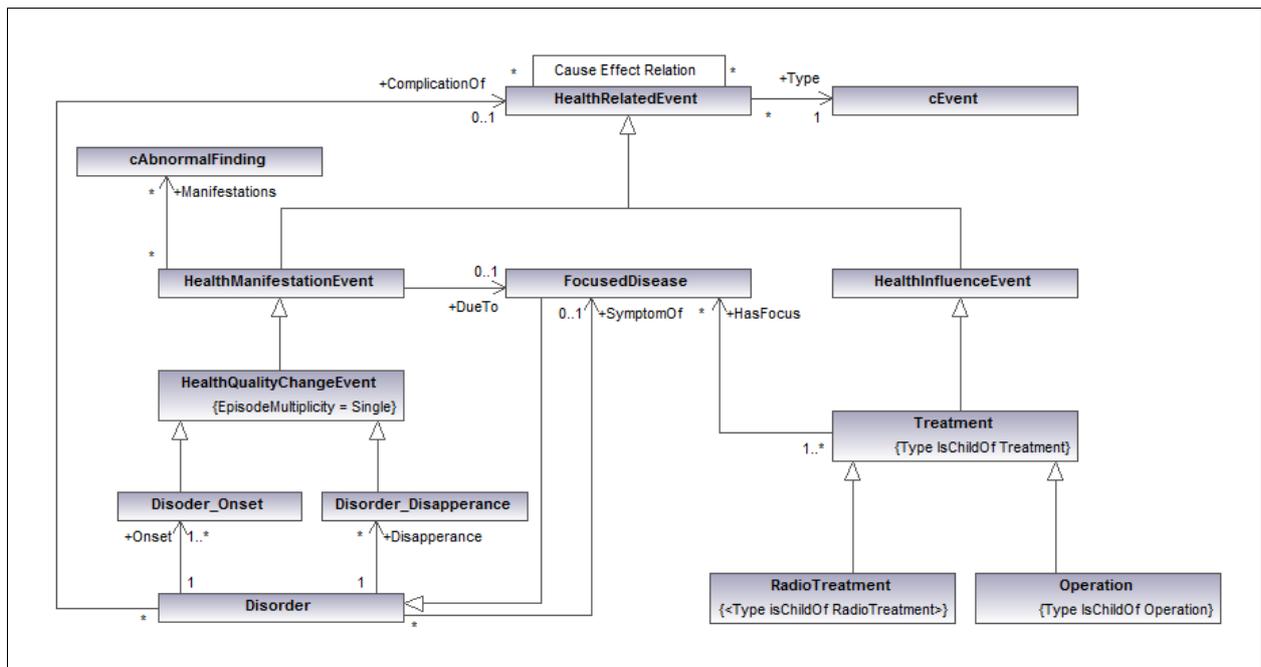


Рис. 4 Диаграмма классов, описывающих события, связанные с состоянием здоровья пациента

Как видно из диаграммы, для события, которое является проявлением состояния здоровья пациента, можно указать, что оно является следствием интересующего исследователя заболевания **FocusedDisease** (ассоциация **DueTo**), а также привести конкретные его проявления из словаря **cAbnormalFinding** (ассоциация **Manifestations**). Для лечения **Treatment** можно указать, на какое заболевание (или заболевания) **FocusedDisease** оно направлено (ассоциация **HasFocus**). С нарушением **Disorder** связаны события его появления и исчезновения **Disorder_Onset** и **Disorder_Disappearance** (ассоциации **Onset** и **Disappearance** соответственно). При этом событий появления и исчезновения может быть несколько. Это сделано для того, чтобы можно было выделять повторные эпизоды заболевания – рецидивы.

Описанные выше объекты являются основными. Свойства этих объектов составляют предмет анализа. Информация о них может быть получена разными способами. Часть информации – это результат диагностических процедур, например МРТ, КТ, биопсии, часть – результат врачебных осмотров, некоторая информация может быть также сообщена пациентом или его родственниками. Мы предполагаем хранить данные об источниках информации в системе, но рассматриваем их как второстепенные и отделяем их от основных данных, которые будут участвовать в анализе. Для хранения данных об источниках информации мы вводим объект **InfoSource**.

На Рис. 5 изображена UML – диаграмма, включающая этот объект и связанные с ним основные объекты.

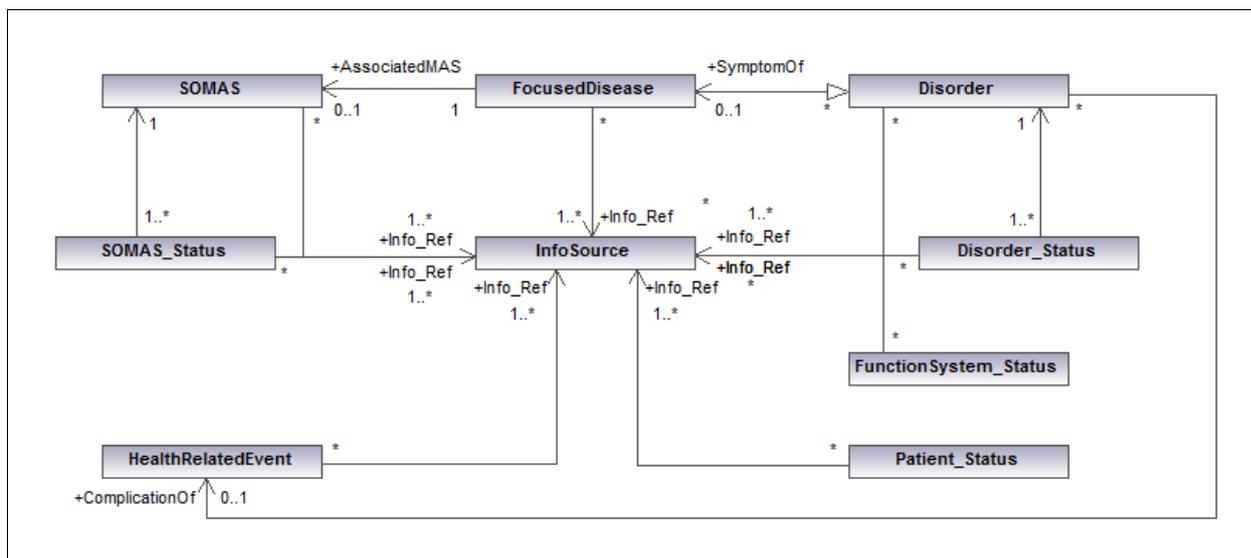


Рис. 5 Диаграмма классов, связанных с классом InfoSource

Как видно из диаграммы, посредством ассоциаций **Info_Ref** основные объекты могут быть связаны с одним или несколькими источниками информации InfoSource. Например, информация о состоянии морфологически аномальной структуры может быть составлена на основании как КТ, так и МРТ. Если для оценки состояния функциональной системы организма дополнительных исследований не проводилось, а все данные получены в результате врачебного осмотра, то для состояния функциональной системы можно не делать ссылку на источник информации, она может быть вычислена через ссылку на источник информации о состоянии пациента, относящемся к тому же промежутку времени. То же относится к состоянию конкретного нарушения (расстройства).

Для объектов динамики мы не вводим дополнительные ссылки на источники информации, поскольку оценка динамики делается на основе сравнения состояний, и поэтому источниками информации для объектов динамики служат источники информации для сравниваемых состояний.

Словари

Прежде чем переходить к детальному описанию введенных объектов, опишем и представим на диаграмме основные словари, которые предполагается использовать в системе.

Для описания элемента словаря мы вводим объект **Concept** – понятие (в основном это будут понятия из области медицины). Мы предполагаем по возможности использовать те медицинские понятия, которые соответствуют понятиям из таблицы Concepts SNOMED CT [9].

Одно и то же понятие может обозначаться разными терминами. Например, термины «АВМ», «артерио-венозная мальформация» и «артериовенозная мальформация» в словаре морфологически аномальных структур служат для обозначения одного и того же понятия. Поэтому, так же как и в SNOMED CT, мы предполагаем возможность наличия нескольких терминов-синонимов для обозначения одного и того же понятия из словаря. Отдельному термину соответствует объект **Term**. Понятие термина в основном соответствует понятию Description из SNOMED CT.

Каждый отдельный словарь является подклассом класса **Concept**, и хотя большинство словарей не имеют дополнительных свойств по сравнению с **Concept**, мы все же выделяем их как отдельные подклассы, поскольку они представляют разные понятия предметной области и служат для описания либо разных свойств основных объектов, либо типов разных основных объектов.

Так же как и в SNOMED CT, словари могут иметь иерархическую структуру, причем одно и то же понятие может входить в несколько иерархий. Таким образом структура словаря представляет собой направленный граф без циклов.

Большинство словарей, которые мы предполагаем использовать в системе, должны иметь возможность расширения. В частности, это касается словаря **cAbnormalFinding**. Ясно, что список возможных жалоб и конкретных проявлений заболеваний весьма широк, даже в применении к определенному классу заболеваний, поэтому он не может быть заранее составлен полностью.

На Рис. 6 представлена детальная диаграмма, включающая следующие словари:

- **cMAS** – общий словарь морфологически аномальных структур;
- **cSOMAS** – словарь «объемных морфологически аномальных структур», подсловарь словаря морфологически аномальных структур, включающий такие понятия как «астроцитомы», «анапластическая астроцитомы», «артериовенозная мальформация»;
- **cCytologicAtypia** – словарь клеточных атипий, подсловарь словаря морфологически аномальных структур (пример: «полиморфизм»);

- **cSOMAS_Condition** – словарь состояний морфологически аномальной структуры, включающий такие понятия как «частично удалена» для опухоли, «эмболизирована» для артериовенозной мальформации;
- **cSOMAS_Dynamics** – словарь выражений, описывающих динамику объемной морфологически аномальной структуры, включающий такие понятия как «контроль опухоли достигнут», «локальная прогрессия», «диссеминация»;
- **cTopographicalModifier** – упомянутый выше словарь топографических модификаторов;
- **cSpreadDirection** – упомянутый выше словарь направлений распространения;
- **cClinincalFinding** – общий словарь медицинских утверждений о больном («медицинских фактов»);
- **cAbnormalFinding** – упомянутый выше словарь отклонений от нормы, подсловарь словаря «медицинских фактов»;
- **cDisoder** – упомянутый выше словарь нарушений (расстройств, заболеваний), подсловарь словаря «медицинских фактов»;
- **cFocusedDisease** – словарь заболеваний, на которых специализируется данное медицинское учреждение, подсловарь словаря нарушений cDisoder;
- **cOrganFunctionSystem** – упомянутый выше словарь функциональных систем организма;
- **cAnatomicalStructure** – упомянутый выше словарь анатомических структур;
- **cSeverityScale** – словарь шкал, используемых для оценки выраженности нарушений (пример: шкала Хауса-Бракмана оценки нарушений лицевого нерва);
- **cSeverity** – словарь оценок выраженности нарушений;
- **cChangeValue** – словарь выражений, описывающих изменения, включающий такие понятия как «регресс», «стабильность», «нарастание симптоматики», «уменьшение», «увеличение»;
- **cEvent** – словарь возможных событий, связанных с состоянием здоровья пациента;
- **cTreatment** – словарь видов лечения, подсловарь словаря событий, связанных с состоянием здоровья пациента;
- **cDiagnosticMethod** – словарь диагностических методов;
- **cSurgicalAction** – словарь хирургических методов.

Для детального описания лучевого лечения понадобятся дополнительные специфические словари, которые будут представлены далее на диаграмме объектов, описывающих хирургическое и лучевое лечение.

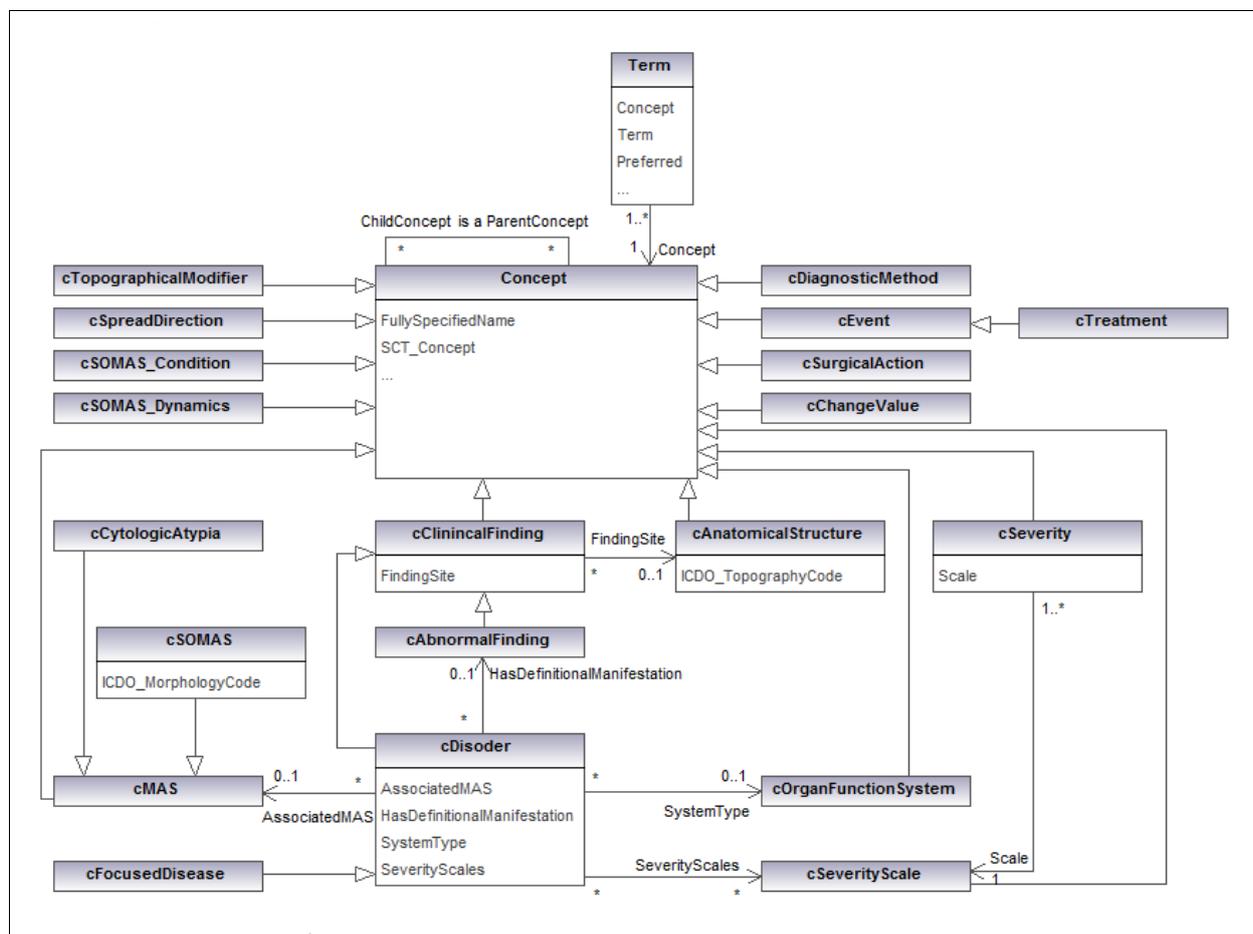


Рис. 6 Детальная диаграмма классов, описывающих словари

Как видно из диаграммы, объект Concept имеет следующие свойства:

- FullySpecifiedName – название, по которому однозначно определяется данное понятие;
- SCT_Concept – ссылка на понятие из SNOMED CT (64-битовый код ConceptID) [9].

Поскольку не для всех понятий, которые будут содержаться в наших словарях, может быть найдено соответствие в SNOMED CT, этот код будет присутствовать не всегда, и для идентификации элементов словарей мы будем использовать свои коды.

Два понятия могут быть связаны отношением «is a» – «является», при этом одно понятие является родительским (ParentConcept), а другое – дочерним (ChildConcept), и это отношение является отношением «много-ко-много». Таким образом одно и то же понятие может входить в несколько иерархий.

Здесь мы следуем SNOMED CT, однако из всех вариантов отношений между понятиями, которые имеются в SNOMED CT, на верхнем уровне иерархии словарей мы используем только это.

С понятием Concept могут быть связаны один или несколько терминов Term, один из которых выделяется как «предпочтительный». Предполагается, что при вводе данных пользователь системы может использовать любой из терминов, соответствующих понятию.

Элементы словарей cSOMAS и cAnatomicalStructure имеют дополнительные свойства ICDO_MorphologyCode и ICDO_TopographyCode соответственно. ICDO_MorphologyCode – это морфологический код опухоли, а ICDO_TopographyCode – топографический код по классификации ICD-O (Международной классификации болезней для онкологии) [10]. Поскольку не все морфологически аномальные структуры, на которые направлено лечение в отделении радиологии, являются опухолями, морфологический код имеет смысл (и следовательно, будет задан) не всегда.

Элемент словаря cSeverity оценок выраженности нарушений имеет дополнительное свойство Scale, которое является ссылкой на элемент словаря cSeverityScale шкал выраженности нарушений. Ясно, что оценка выраженности не имеет смысла без привязки к конкретной шкале, поэтому свойство Scale является обязательным.

Элемент словаря медицинских сведений о больном cClinicalFinding имеет дополнительное свойство FindingSite (локализация), которое является ссылкой на элемент словаря анатомических структур cAnatomicalStructure. Это свойство имеет смысл не всегда и поэтому не является обязательным. Элемент словаря нарушений (расстройств, заболеваний) cDisoder имеет, кроме унаследованного от cClinicalFinding свойства FindingSite, дополнительные свойства:

- AssociatedMAS – ассоциированная морфологически аномальная структура (ссылка на элемент словаря cMAS);
- HasDefinitionalManifestation – проявление, которое является определяющим для данного заболевания (ссылка на элемент словаря отклонений от нормы cAbnormalFinding);
- SystemType – функциональная система организма, к которой относится данное нарушение (ссылка на элемент словаря cOrganFunctionSystem);

Дата рождения используется для вычисления возраста пациента в разные моменты времени, дата смерти нужна для вычисления времени дожития.

Объект Disorder (нарушение, расстройство, заболевание) имеет следующие основные свойства:

- Type – ссылка на элемент словаря нарушений cDisorder;
- Site – локализация (может включать в себя несколько анатомических структур);
- SymptomOf – ссылка на основное заболевание, симптомом которого возможно является данное нарушение;
- ComplicationOf – ссылка на событие, которое вызвало данное нарушение (таким событием, в частности, может быть лечение);
- Onset – ссылки на события появления нарушения (их может быть несколько, поскольку возможны рецидивы);
- Disapperance - ссылка на возможные события исчезновения нарушения.

Среди этих свойств обязательным является только Type. Остальные могут либо быть неизвестными, либо не иметь смысла для данного типа нарушений.

Как уже отмечалось выше, класс FocusedDisease является подклассом класса Disorder и, следовательно, обладает теми же свойствами, что и Disorder. К унаследованным свойствам добавляется ссылка AssociatedSOMAS на объемную морфологически аномальную структуру SOMAS, которая имеется у данного пациента.

Объект SOMAS имеет свойство Type (тип), которое является ссылкой на элемент словаря объемных морфологически аномальных структур cSOMAS.

На Рис.8 представлена детальная диаграмма классов, при помощи которых описывается состояние пациента и систем его организма, а также их динамика: TimeSlot, Patient_Status, Patient_Dynamics, FunctionSystem_Status, FunctionSystem_Dynamics, Disorder_Status, Disorder_Dynamics, AbnormalFinding.

Объект TimeSlot (временной промежуток) имеет следующие основные свойства:

- Patient – ссылка на пациента;
- Start – начало промежутка, которое может быть точно не известно, и поэтому представляет собой интервал между первой и последней возможными датами начала;

- `Finish` – конец промежутка (интервал между первой и последней возможными датами окончания);
- `Description` – описание промежутка (например, «катамнестический осмотр»);
- `Before` – ссылка на событие, которому предшествовал данный промежуток времени (например, перед лечением);
- `InTheCourseOf` – во время (ссылка на событие);
- `After` – ссылка на событие, которое было до данного временного промежутка (например, после лечения);
- `Patient_Age` – возраст пациента, относящийся к данному промежутку времени (возраст может быть вычислен, поскольку должна быть известна дата рождения пациента).

Свойства `Start` и `Finish` представляют собой структуры, состоящие из двух элементов типа «дата»:

- `FisrtPossibleDate` – первая возможная дата;
- `LastPossibleDate` – последняя возможная дата.

Например, если известно, что начало промежутка относится к 2001-му году, то `Start.FisrtPossibleDate = «01.01.2001»`, `Start.LastPossibleDate = «31.12.2001»`.

Свойства `Patient` и `Start` являются обязательными.

Объект `Patient_Status` (состояние пациента) имеет следующие основные свойства:

- `TimeSlot` – ссылка на временной промежуток, к которому относится состояние пациента;
- `PostEventState` – ссылки на типы событий (элементы словаря `sEvent`), которые оказали существенное влияние на данное состояние пациента (например, «состояние после операции и курсов химиотерапии»);
- `KarnofskyPerformanceStatus` – индекс Карновского (общая оценка тяжести состояния больного и его способности к жизнедеятельности);
- `Dynamics` – ссылки на объекты `Patient_Dynamics`, описывающие динамику текущего состояния по отношению к некоторым предыдущим.

Обязательным свойством является только `TimeSlot` (временной промежуток).

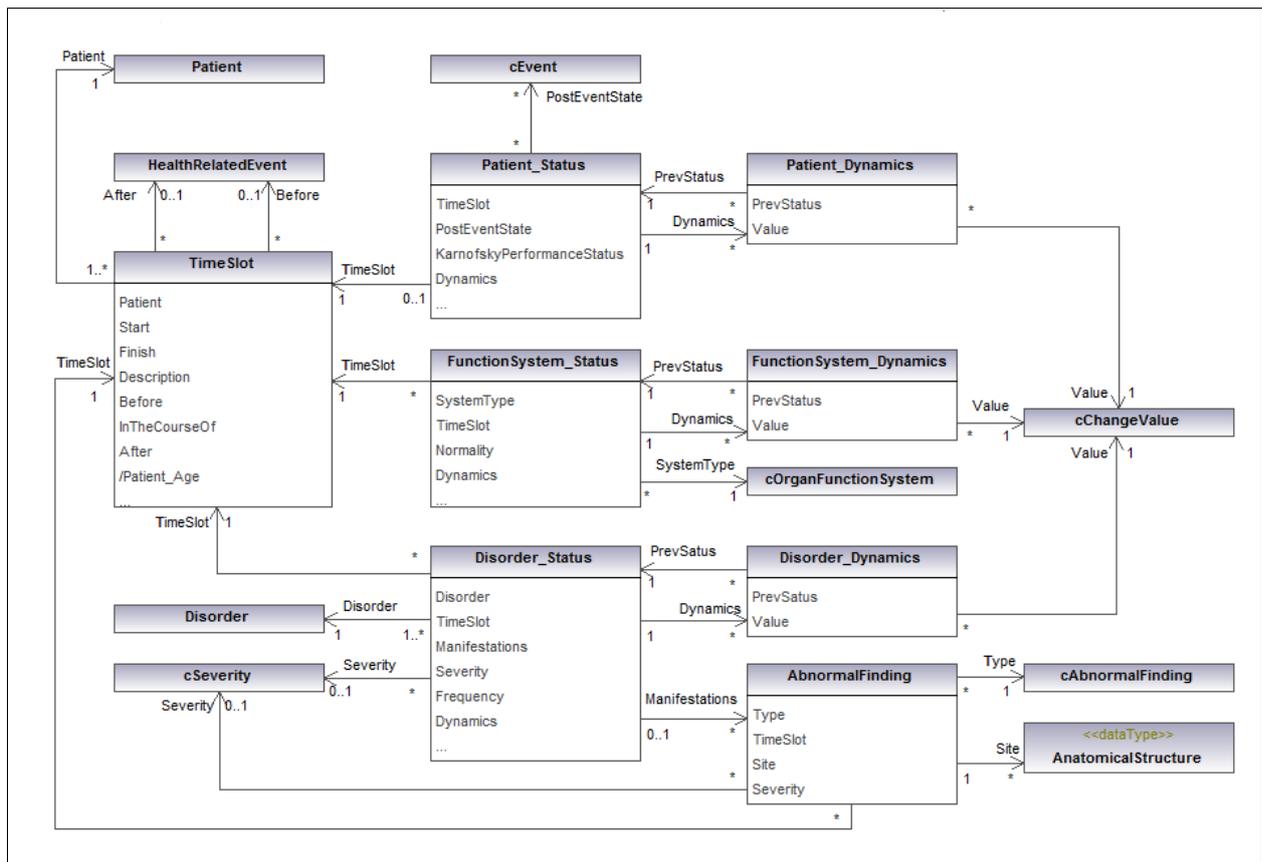


Рис. 8 Детальная диаграмма классов, описывающих состояние организма и динамику состояний

Объект `FunctionSystem_Status` (состояние функциональной системы организма) имеет следующие основные свойства:

- `SystemType` – тип функциональной системы (ссылка на элемент словаря `cOrganFunctionSystem`);
- `TimeSlot` – ссылка на временной промежуток, к которому относится данное состояние;
- `Normality` – общая оценка: нормально или нет функционирует данная система организма;
- `Dynamics` – ссылки на объекты `FunctionSystem_Dynamics`, описывающие динамику текущего состояния по отношению к некоторым предыдущим.

Обязательными являются свойства `SystemType`, `TimeSlot`, `Normality`.

Объект `Disorder_Status` (состояние нарушения, расстройства, заболевания) имеет следующие основные свойства:

- `Disorder` – ссылка на нарушение (расстройство, заболевание), состояние которого описывает данный объект;
- `TimeSlot` – ссылка на временной промежуток, к которому относится данное состояние;

- Manifestations – проявления данного нарушения (ссылки на объекты AbnormalFinding);
- Severity – выраженность нарушения (ссылка на элемент словаря cSeverity);
- Frequency – частота проявлений (для некоторых нарушений выраженность может оцениваться через частоту проявлений, например, для эпилепсии – через частоту эпилептических припадков);
- Dynamics – ссылки на объекты Disorder_Dynamics, описывающие динамику текущего состояния по отношению к некоторым предыдущим.

Обязательными являются свойства Disorder и TimeSlot. Свойство Frequency (частота проявлений) представляет собой структуру, включающую элементы:

- MinCount – минимальное число;
- MaxCount – максимальное число;
- TimeUnit – единица измерения времени (выбирается из списка возможных единиц измерения времени).

MinCount, MaxCount – целые числа.

Чтобы не усложнять диаграмму, структуру Frequency и список единиц времени мы на ней не показываем.

Объект AbnormalFinding (отклонение от нормы) имеет следующие свойства:

- Type – ссылка на элемент словаря возможных отклонений от нормы cAbnormalFinding;
- TimeSlot – ссылка на временной промежуток;
- Site – локализация отклонения от нормы (одна или несколько структур AnatomicalStructure);
- Severity – выраженность отклонения от нормы (ссылка на элемент словаря cSeverity).

Объекты динамики Patient_Dynamics, FunctionSystem_Dynamics, Disorder_Dynamics имеют следующие основные свойства:

- PrevStatus – ссылка на предыдущее состояние (Patient_Status, FunctionSystem_Status или Disorder_Status соответственно);
- Value – ссылка на элемент словаря оценок изменений cChangeValue.

На Рис. 9 представлена детальная диаграмма классов, при помощи которых описывается состояние и динамика объемной морфологически аномальной структуры: SOMAS_Status, SOMAS_Nodule, SOMAS_Dynamics.

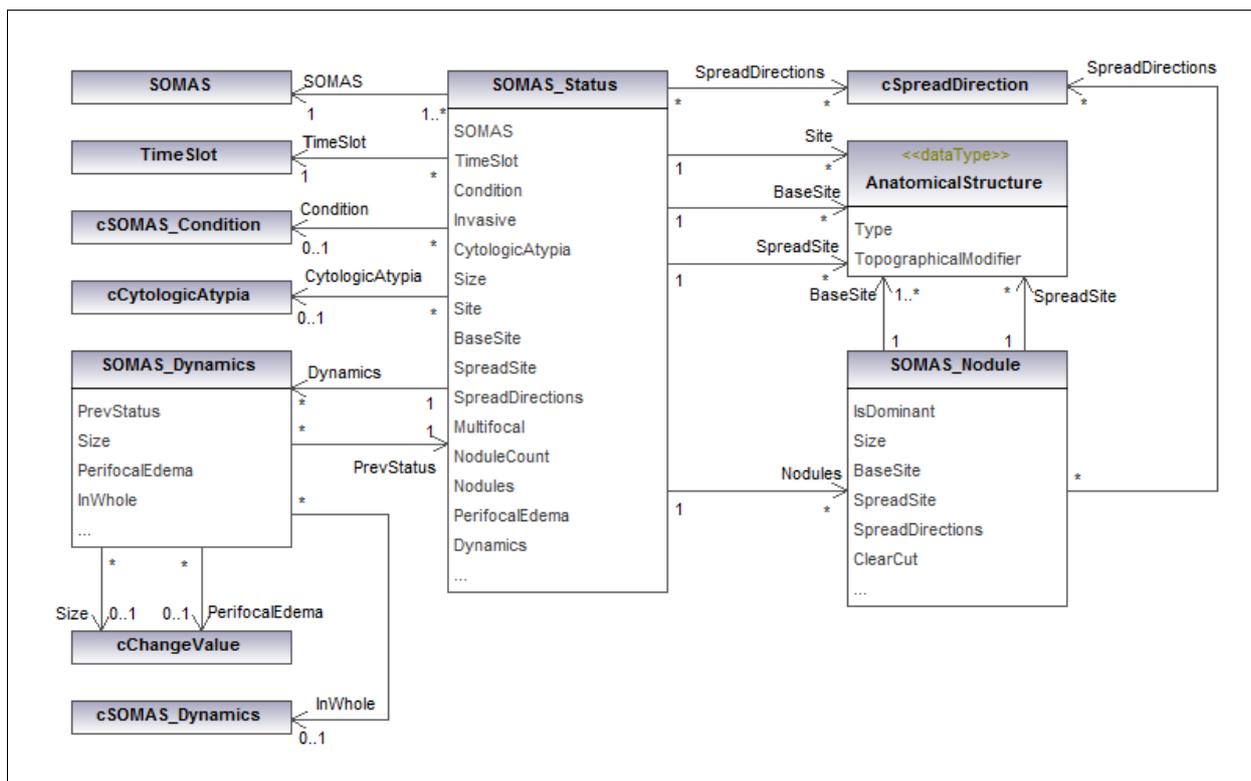


Рис. 9 Детальная диаграмма классов, описывающих состояние и динамику морфологически аномальной структуры

Объект **SOMAS_Status** (состояние объемной морфологически аномальной структуры) имеет следующие основные свойства:

- **SOMAS** – ссылка на объемную морфологически аномальную структуру, состояние которой описывает данный объект;
- **TimeSlot** – ссылка на временной промежуток;
- **Condition** – ссылка на элемент словаря состояний объемных морфологически аномальных структур **cSOMAS_Condition**;
- **Invasive** – булево свойство, показывающее, является ли морфологически аномальная структура инвазивной;
- **CytologicAtypia** – ссылка на элемент словаря клеточных атипий **cCytologicAtypia**;
- **Size** – размер, который представляет собой структуру, включающую аксиальный, коронарный и сагиттальный размеры, а также объем;
- **Site** – общая локализация;
- **BaseSite** – базовая (или основная) локализация;
- **SpreadSite** – локализация распространения;
- **SpreadDirections** – направления распространения;
- **Multifocal** – булево свойство, показывающее, содержит ли морфологически аномальная структура несколько очагов (узлов);

- NoduleCount – число очагов (узлов);
- Nodules – очаги, или узлы (ссылки на объекты типа SOMAS_Nodule);
- PerifocalEdema – булево свойство, показывающее, имеется ли перифокальный отек по границе морфологически аномальной структуры;
- Dynamics – множество ссылок на объекты типа SOMAS_Dynamics, описывающих динамику текущего состояния по отношению к предыдущим состояниям.

Обязательными для объекта SOMAS_Status являются свойства SOMAS и TimeSlot. Также должна быть задана хотя бы одна из локализаций, Site (общая) или BaseSite (базовая). Линейные размеры и объем имеют тип числа с плавающей точкой, а NoduleCount – целого числа.

Объект SOMAS_Nodule (очаг или узел морфологически аномальной структуры) имеет следующие основные свойства:

- IsDominant – булево свойство, показывающее, является ли данный очаг (узел) доминантным;
- Size – размер, так же как и для морфологически аномальной структуры в целом включающий аксиальный, коронарный и сагиттальный размеры, а также объем;
- BaseSite – базовая (или основная) локализация;
- SpreadSite – локализация распространения;
- SpreadDirections - направления распространения;
- ClearCut – булево свойство, показывающее, являются ли границы очага четкими.

Обязательным свойством для объекта SOMAS_Nodule является свойство BaseSite.

Объект SOMAS_Dynamics, описывающий изменение морфологически аномальной структуры по сравнению с предыдущим состоянием, имеет следующие основные свойства:

- PrevStatus – ссылка на объект типа SOMAS_Status, описывающий предыдущее состояние;
- InWhole – динамика морфологически аномальной структуры в целом (ссылка на элемент словаря cSOMAS_Dynamics);
- Size – динамика размеров (ссылка на элемент словаря cChangeValue; возможные значения: «уменьшение», «без изменений», «увеличение»);
- PerifocalEdema – изменение перифокального отека (ссылка на элемент словаря cChangeValue; возможные значения: «уменьшение», «без изменений», «увеличение»).

Обязательным является свойство PrevStatus (ссылка на предыдущее состояние). Кроме того должно быть задано хотя бы одно из свойств, InWhole (динамика в целом) или Size (динамика размеров).

На Рис. 10 представлена детальная диаграмма классов, описывающих события, связанные с состоянием здоровья пациента. Она включает базовый класс HealthRelatedEvent, а также производные от него классы:

- HealthManifestationEvent (класс событий – проявлений состояния здоровья пациента);
- HealthQualityChangeEvent (класс событий качественного изменения здоровья пациента – подкласс HealthManifestationEvent);
- Disorder_Onset (класс событий появления нарушения, расстройства, заболевания – подкласс HealthQualityChangeEvent);
- Disorder_Disapperance (класс событий появления нарушения, расстройства, заболевания – подкласс HealthQualityChangeEvent);
- Death (смерть пациента – подкласс HealthQualityChangeEvent);
- HealthInfluenceEvent (класс событий, оказавших влияние или, возможно, оказавших влияние на состояние здоровья пациента);
- Treatment (класс событий лечения – подкласс HealthInfluenceEvent).

Объект HealthRelatedEvent (событие, имеющее отношение к состоянию здоровья пациента) имеет следующие основные свойства:

- Type – ссылка на элемент словаря событий сEvent;
- TimeSlot – временной промежуток, в течение которого происходило данное событие (ссылка на соответствующий объект);
- Multiplicity – свойство, показывающее, рассматривается ли данное событие как единичное или как множественное (состоящее из множества эпизодов);
- EpisodeCount – число эпизодов;
- EpisodeFrequency – частота эпизодов (так же как и частота проявлений нарушения, она представляет собой структуру из трех полей MinCount, MaxCount и TimeUnit).

Обязательными являются свойства Type, TimeSlot и Multiplicity. EpisodeCount имеет тип целого числа.

Объект HealthManifestationEvent (событие проявления состояния здоровья) наследует свойства от HealthRelatedEvent и имеет следующие дополнительные:

- DueTo – ссылка на основное заболевание, которое, возможно, вызвало данное событие;

- Manifestations – конкретные проявления (ссылки на элементы словаря отклонений от нормы сAbnormalFinding).

Оба этих свойства не являются обязательными.

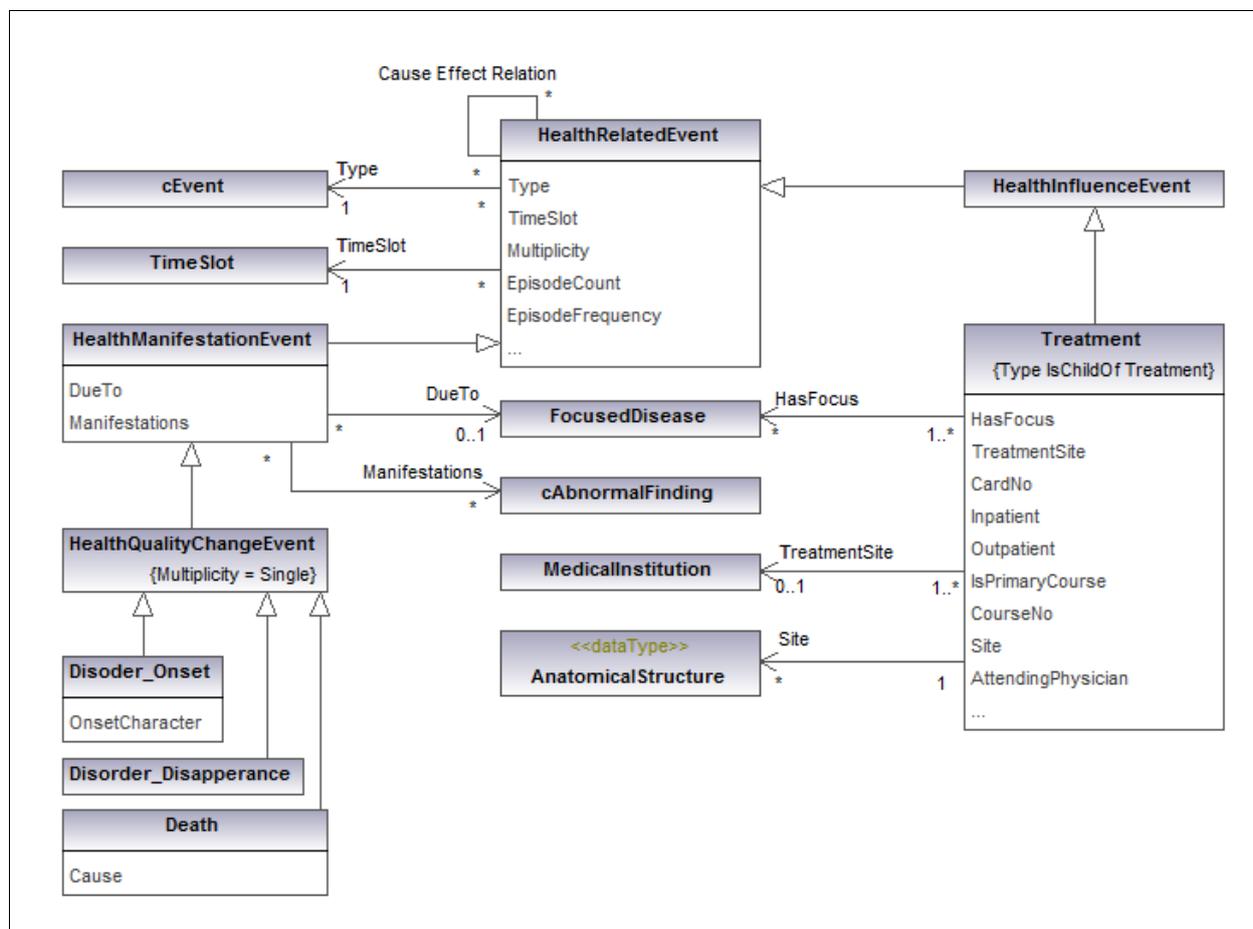


Рис. 10 Детальная диаграмма классов, описывающих события, связанные с состоянием здоровья пациента

Объект HealthQualityChangeEvent, производный от HealthManifestationEvent, дополнительных свойств не имеет. Он выделяется семантически, а также условием-ограничением единичности события {Multiplicity = Single}.

Объект Disoder_Onset (событие появления нарушения, начала заболевания), производный от HealthQualityChangeEvent, имеет дополнительное свойство OnsetCharacter – характер начала, принимающее два значения: «острое» или «постепенное». Это свойство не является обязательным, поскольку не всегда можно точно охарактеризовать начало заболевания как «острое» или «постепенное», а иногда характер начала может быть неизвестен.

Объект Disorder_Disapperance (исчезновение нарушения, выздоровление) дополнительных свойств по сравнению с родительским объектом

HealthQualityChangeEvent не имеет. Он выделяется только семантически. Объект Death (смерть пациента) имеет дополнительное свойство Cause – причина смерти.

Объект HealthInfluenceEvent дополнительных свойств по сравнению с родительским объектом HealthRelatedEvent не имеет. Он выделяется только семантически.

Объект Treatment (лечение) имеет следующие дополнительные свойства к тем, которые он наследует от HealthInfluenceEvent:

- HasFocus – заболевания (их может быть несколько), на которые направлено данное лечение (ссылки на объекты типа FocusedDisease);
- TreatmentSite – медицинское учреждение, которое производило лечение (ссылка на объект MedicalInstitution, который мы подробно описывать не будем);
- CardNo – номер истории болезни в данном медучреждении;
- Inpatient – булево свойство, показывающее, было ли лечение стационарным;
- Outpatient – булево свойство, показывающее, было ли лечение амбулаторным;
- IsPrimaryCourse – булево свойство, в котором отмечается, был ли данный курс лечения первичным;
- CourseNo – номер курса лечения;
- Site – локализация лечения (анатомические структуры, на которые оно было направлено);
- AttendingPhysician – лечащий врач.

Все перечисленные дополнительные свойства не являются обязательными.

На Рис. 11 представлена детальная диаграмма классов, описывающих хирургическую операцию (Operation) и лучевое лечение (RadioTreatment).

Объект Operation (хирургическая операция) имеет следующие дополнительные к унаследованным от объекта Treatment свойства:

- Methods – хирургические методы, использованные при проведении операции (ссылки на элементы словаря сSurgicalAction);
- Surgeon – хирург, производивший операцию.

Первое из этих свойств является обязательным.

Объект RadioTreatment (лучевое лечение) имеет следующие, дополнительные к унаследованным от объекта Treatment свойства:

- IntegralRadiationDose – суммарная очаговая доза;

- HospCardNo – номер стационарной истории болезни;
- HospDepNo – отделение стационара, в котором находился больной (если лечение было стационарным);
- SOMAS_Status_Before – состояние объемной морфологически аномальной структуры непосредственно перед облучением (ссылка на соответствующий объект типа SOMAS_Status);
- FixationType – метод фиксации (ссылка на элемент словаря возможных методов фиксации cFixation);
- Radiosurgery – булево свойство, показывающее, являлось ли данное лечение радиохирургией, т.е. было ли однофракционным;
- Device – аппарат, при помощи которого производилось облучение (ссылка на элемент словаря аппаратов облучения cRTDevice);
- Physicist – физик, планировавший облучение (лечащий врач наследуется от Treatment);
- Targets – объекты облучения (ссылки на объекты типа RTTarget, описанного ниже);
- CriticalStructures – критические структуры, затронутые облучением (ссылки на объекты типа RTCriticalStructure, описанного ниже);
- RTPlan – план облучения, состоящий из отдельных этапов, представленных объектами типа RTPlanUnit.

Обязательным является свойство IntegralRadiationDose. Остальные могут быть неизвестны, если лечение происходило в другом медучреждении.

Объект **RTTarget** (объект облучения, мишень) имеет следующие свойства:

- TargetType – тип объекта облучения (один из вариантов:
 - вся морфологически аномальная структура
 - очаг или узел морфологически аномальной структуры
 - анатомическая структура);
- SOMAS – ссылка на объект типа SOMAS_Status (состояние морфологически аномальной структуры); задается в случае, если объект облучения – вся морфологически аномальная структура;
- SOMAS_Nodule – ссылка на объект типа SOMAS_Nodule (очаг или узел морфологически аномальной структуры); задается в случае, если объект облучения – очаг или узел морфологически аномальной структуры;
- AnatomicalStructure – анатомическая структура, которая может представлять объединение нескольких анатомических структур; задается в случае, если объект облучения – анатомическая структура;

- GTV – Gross Tumor Volume (макроскопический объем морфологически аномальной структуры или ее узла);
- CTV – Clinical Target Volume (клинический объем мишени);
- PTV – Planning Target Volume (планируемый объем мишени).

GTV, CTV, PTV должны быть представлены числами с плавающей точкой. Обязательными свойствами являются TargetType (тип объекта облучения) и PTV. Кроме того должно быть задано хотя бы одно из следующих свойств: SOMAS, SOMAS_Nodule, AnatomicalStructure.

Объект **RTCriticalStructure** (критическая структура) имеет следующие свойства:

- StructureType – тип критической структуры (ссылка на элемент словаря критических структур сCriticalStructure, который является подсловарем словаря анатомических структур сAnatomicalStructure);
- Volume – объем критической структуры, затронутый облучением.

Оба свойства являются обязательными. Volume должен быть числом с плавающей точкой.

Объект **RTPlanUnit** (этап курса лучевого лечения) имеет следующие свойства:

- TimeSlot – временной промежуток, в течение которого происходил данный этап лучевого лечения;
- BreakDays – число дней перерыва в лечении (0, если перерыва не было);
- Technique – методика облучения (ссылка на элемент словаря методик облучения сRTTechnique);
- NFractions – число фракций данного этапа облучения;
- FractionDose – доза облучения за одну фракцию;
- IsodosePercentile – изодозная процентиль, к которой относится указанная доза;
- TargetPlans – планы облучения по отдельным мишеням (ссылки на объекты типа RTTargetPlan);
- StructureDoses – дозы облучения, относящиеся к отдельным критическим структурам (ссылки на объекты типа RTStructureDose).

Обязательными являются все перечисленные свойства. BreakDays, NFractions, IsodosePercentile – это целые числа, FractionDose – число с плавающей точкой.

- **MarginLevel** – пограничный объем в процентах от объема, подвергнутого облучению;
- **DRef** – доза, относящаяся к указанной в свойстве **IsodosePercentile** объекта **RTPlanUnit** процентилю;
- **DoseVolumeHistogram** – гистограмма «доза-объем», представляющая собой множество объектов типа **RTTargetDoseVolume**.

Все перечисленные свойства являются обязательными. **Margin** – число с плавающей точкой, **MarginLevel** – число с фиксированной точкой, **DRef** – число с плавающей точкой.

Объект **RTTargetDoseVolume** имеет следующие свойства:

- **IsodosePercentile** – изодозная процентилю;
- **VolumePercent** – процент от общего объема облучения, соответствующий данной процентилю.

Эти свойства, естественно, являются обязательными.

IsodosePercentile – целое число, **VolumePercent** – число с фиксированной точкой.

Объект **RTStructureDose** имеет следующие свойства:

- **Structure** – подвергнутая облучению критическая структура (ссылка на объект типа **RTCriticalStructure**);
- **DMax** – максимальная доза, поглощенная данной структурой;
- **DoseVolumeHistogram** – гистограмма «доза-объем», представляющая собой множество объектов типа **RTStructureDoseVolume**.

Все эти свойства являются обязательными.

Свойство **DMax** должно быть представлено числом с плавающей точкой.

Объект **RTStructureDoseVolume** имеет те же свойства, что и объект **RTTargetDoseVolume**.

Соответствие предлагаемой модели сформулированным требованиям

Требование 1 (Удобство для дальнейшего расширения и модификации)

На наш взгляд, предлагаемая модель содержит все необходимые бизнес-объекты верхнего уровня. Объекты, которые могут понадобиться в дальнейшем, будут либо производными объектами от тех объектов, которые уже имеются в модели, либо их свойствами. Поэтому появление новой информации не потребует перестройки модели.

Расширение во многих случаях может производиться за счет расширения словарей. Например, при появлении нового типа событий. Хотя такой способ расширения может сказаться на скорости выполнения запросов к базе

данных, для медицинской системы эта скорость все равно останется приемлемой, поскольку число записей в основных таблицах такой системы небольшое (порядка нескольких тысяч).

Для удобства дальнейшего расширения мы предполагаем также ввести у основных объектов, кроме перечисленных свойств, дополнительные свойства:

- Notes – свободный текст для комментариев врача-исследователя;
- Advanced – свойство в формате XML для дополнительных структурированных данных.

Требование 2 (Отсутствие дублирования данных для повторных больных)

Во многих медицинских системах данные выстраиваются вокруг конкретного курса лечения. Есть данные, относящиеся к анамнезу, к самому курсу лечения и к катамнезу. Однако для повторных больных понятия анамнеза и катамнеза становятся относительными. Катамнестические данные по отношению к первому курсу лечения являются анамнестическими по отношению ко второму. Эти данные приходится либо вводить заново, либо копировать из одних структур в другие. Чтобы не заставлять пользователя проделывать эту лишнюю работу, мы отказались в нашей модели от понятий анамнеза и катамнеза. Точнее эти понятия существуют, но только как производные понятия: то, что было до конкретного курса лечения – это анамнез, а то, что после – катамнез.

Требование 3 (Пригодность для компьютерного анализа)

Соответствие этому требованию обеспечивается тем, что в нашей модели все данные, которые предполагается анализировать, по типу либо логические, либо числовые, либо даты, либо представляют собой ссылки на элементы словарей.

Литература

1. **И. М. Гельфанд, Б. И. Розенфельд, М. А. Шифрин.** *Очерки о совместной работе математиков и врачей.* Москва : Едиториал УРСС, 2005.

2. *Электронная история болезни НИИ нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко: концепция, разработка, внедрение. Проблемы разработки и внедрения информационных систем в здравоохранении и ОМС.* **Шифрин М.А., Калинина Е.Е., Калинин Е.Д.** Белгород : Материалы конференции «Информационные технологии в медицине», 2004 г.

3. **Фаулер, Мартин.** *UML. Основы. 3е издание.* Санкт-Петербург : Символ, 2005.
4. IHTSDO: SNOMED CT. [В Интернете] <http://www.ihtsdo.org/snomed-ct/>.
5. SNOMED CT Style Guide: Clinical Findings. [В Интернете] http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user_upload/Docs_01/Copenhagen_Apr_2008/SNOMED_CT_Style_Guides/IHTSDO_Modeling_StyleGuide-ClinicalFindings-20080415_v1-07.pdf.
6. HL7 Standards. [В Интернете] <http://www.hl7.org/implement/standards/index.cfm>.
7. **Paolo Terenziani, Richard T. Snodgrass.** Reconciling Point-based and Interval-based Semantics in Temporal Relational Databases: A Proper Treatment of the Telic/Atelic Distinction. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(5), May 2004. [В Интернете] <http://www.cs.arizona.edu/projects/stagg/papers/TR-60.pdf>.
8. **Падучева, Елена Викторовна.** Терминативность и инкрементная тема. *Russian Linguistics*. [В Интернете] <http://www.springerlink.com/content/14139w34n6562707/fulltext.pdf?page=1>.
9. SNOMED Clinical Terms® Technical Reference Guide. [В Интернете] http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user_upload/Docs_01/SNOMED_CT_Publications/SNOMED_CT_Technical_Reference_Guide_20090131.pdf.
10. SEER Training: Structure & Format of ICD-O, Third Edition. [В Интернете] <http://training.seer.cancer.gov/coding/structure/>.