

# OSTIS-2015

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ OSTIS

Каешко А.И.\*, Маргунов Е.А.\*\*

\* *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**ondister@gmail.com**

\*\* *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

**margunov@tut.by**

Рассмотрены основные цели клинических систем поддержки принятия решений и их принципиальная структура. Обозначены их основные ограничения и недостатки. Предложены подходы к созданию клинической системы поддержки принятия решений с использованием баз знаний на основе технологии OSTIS.

**Ключевые слова:** медицинская информационная система; система поддержки принятия решений; онтологии

### ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие информатики и удешевление аппаратного обеспечения в конце 20 века явились факторами, обеспечившими создание различных информационных систем. Медицина стала одной из предметных областей, в которой создание и внедрение автоматизированных информационных систем всегда было приоритетной задачей в развитии предметной области [eHealth, 2013]. Начавшаяся в 70-х годах 20 столетия [VistA, 2014], информатизация медицины на каждом этапе своего развития использует новейшие достижения современной науки техники, в том числе и информатики, как для аппаратных, так и программных средств. Стремление медицинских провайдеров к повышению качества и снижению стоимости услуг привело к созданию большого количества разнообразных медицинских информационных систем (МИС). В настоящее время даже их классификация вызывает трудности, так как любая МИС это сложная, комплексная информационная система для автоматизации деятельности, а медицина является широкой и крайне сложно поддающейся формализации предметной областью. Одним из вариантов МИС является клиническая информационная система, состоящая из системы электронных медицинских карт, системы поддержки принятия решений и системы телемедицины [Walderhaug, 2005].

Именно клинические информационные системы обеспечивают накопление и управление информацией о состоянии здоровья пациентов. Клинические МИС должны состоять как минимум из системы управления медицинским документооборотом и системы поддержки принятия решений. Последняя при этом должна являться ключевой, так как именно она обеспечивает достижение конечных целей МИС: улучшение качества оказываемых услуг и уменьшение их стоимости. Эти цели должны достигаться выбором оптимальной тактики ведения пациента, то есть диагностики, лечения и реабилитации. Конечно, важная роль в достижении конечных целей отводится подсистемам прогнозирования и планирования, которые позволяют подготовить материальную базу клиники к оптимальному оказанию услуг, однако, как показывает практика, удешевление оказания услуг достигается именно оптимизацией деятельности медицинского персонала [Kobelt, 1999]. Система управления медицинским документооборотом должна обеспечивать систему поддержки принятия решений (СППР) необходимой информацией.

Системы поддержки принятия решений в клинической медицине можно разделить на два класса: клинических системы принятия решений (СПР) и системы поддержки диагностики (СПД) [Rodríguez-González, 2012]. Системы поддержки диагностики являются аппаратно-программными комплексами и достаточно хорошо развиты. Их

развитие тесно связано с достижениями медицинской физики и химии, компьютерной техники, и, несомненно, с такими направлениями искусственного интеллекта как машинное зрение и машинное обучение. Именно системы поддержки диагностики явились первыми медицинскими системами с искусственным интеллектом (система диагностики инфекций крови MYCIN).

Однако, несмотря на то, что подобные системы в состоянии определить изменение объективных показателей человеческого организма, они не в состоянии установить точный клинический диагноз, так как это требует анализа не только объективных данных, но и данных анамнеза жизни, болезни пациента, и проведения диагностического поиска, который недостижим для современных СПД.

Системы принятия решений в составе клинических медицинских информационных систем гораздо менее распространены. Такие системы должны самостоятельно выбрать оптимальную тактику ведения пациента, предоставив при этом обоснования такого выбора для оператора системы, то есть они не должны быть «черным ящиком», так как ответственность за принятие решения несет оператор медицинской системы – медицинский работник. Система при этом одновременно является и «учителем» для оператора, позволяя минимизировать его ошибки. Таким образом, клинические системы принятия решений являются верхним звеном эволюции медицинских информационных систем.

Создание клинической системы принятия решений является трудноразрешимой проблемой. Если в системах поддержки диагностики возможно применение математических методов и алгоритмов, то клиническая система принятия решений для корректной работы должна обладать знаниями из различных предметных областей медицины, базовыми (нормальная и патологическая анатомии, нормальная и патологическая физиологии, гистология) и клиническими (терапия, хирургия и т.д.). То есть обладать тем же уровнем знаний, что и врач. Но стоит понимать, что обладая только априорными знаниями, такая система будет, по сути, только «врачом-стажером». Для достижения уровня «врача-специалиста» ей необходимы собственные апостериорные знания, то есть необходимы как минимум две базы знаний.

Создание априорной базы знаний не вызывает особых методологических трудностей, хотя и потребует значительных временных затрат. Но создание апостериорной базы знаний требует стандартизации и метаописания всей накапливаемой медицинской информации.

На первый взгляд может показаться, что стандартизация электронного представления медицинских документов не так уж сложна. Достаточно взять утвержденные «бумажные» формы медицинских документов, составить списки их полей, их описание и способы реализации. Но

здесь существует две основные проблемы. Во-первых, форм медицинского учета довольно много и они могут различаться в различных системах здравоохранения. Во-вторых, число форм и их полей всегда конечно, и необходимость добавления или удаления новых полей будет приводить к необходимости изменения стандартов и, следовательно, к изменению архитектуры МИС. Отклонение же от стандартов при построении МИС будет приводить к нарушению интероперабельности между информационными системами. Стоит помнить о том, что стандарты никак не описывают способ и техническую реализацию хранения информации.

С метаописанием хранимых данных дело обстоит гораздо сложнее: для работы системы принятия решений данные, сохраняемые системой документооборота, должны подвергаться машинной обработке, то есть в оптимальном случае, должны помещаться в базу знаний. Сама база знаний должна использовать систему метаданных, контролируемые словари и онтологии для получения новых знаний на основе уже имеющихся. Однако стандарты, использующие систему метаданных, словари и онтологии в настоящее время отсутствуют в странах СНГ. Из переведенных с английского языка в Республике Беларусь широко используется только международная классификация болезней 10-го пересмотра (МКБ-10). В Казахстане и в Российской Федерации идет работа по переводу стандарта обмена медицинской информацией HL7 (Health Level 7) и онтологии клинических терминов SNOMED CT. При этом Эстония уже перешла на МИС на основе стандарта HL7. В Российской Федерации была принята Концепция создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (утверждена приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28 апреля 2011 № 364). В Республике Казахстан принята к реализации Концепции развития электронного здравоохранения на 2013-2020 годы, которая была разработана с учетом ключевых приоритетов отрасли, отраженных в Стратегии «Казахстан-2050» и в государственной программе «Информационный Казахстан-2020» и подразумевает использование в качестве базовых стандартов HL7.

Без гибких стандартов МИС, которые не только будут описывать, что и как хранить, но стандартизировать технологии построения МИС, без контролируемых словарей, классификаций, медицинских онтологий, переведенных на русский язык, которые будут учитывать особенности организации национального здравоохранения, невозможно создать полноценную систему принятия решений. А без нее нельзя говорить о полноценной клинической медицинской информационной системе вообще.

## 1. Системы поддержки принятия решений.

Многообразие входных параметров и сложность формализации предметной области требуют использования СППР, которые позволяют снять со специалистов нагрузку по составлению и поддержке базы знаний, обобщать и классифицировать накопленную информацию, применять правила или алгоритмы выбора пути решения конкретной медицинской задачи. В зависимости от объемов исходных данных, специфичности и изолированности признаков, наличия или отсутствия общепринятых методик диагностики, используются различные подходы при построении таких систем:

- применение нейронных сетей для обобщения и классификации данных;
- применение нечеткой логики;
- использование эвристик и формальных алгоритмов, экспертные системы;
- системы, основанные на базах знаний.

Искусственные нейронные сети (ИНС) применяются в клинических СППР (в основном, СПД) для отнесения представленных признаков к одной из категорий, выделенных на этапе обучения. Нейронные сети обобщают различные входные данные в контексте предыдущей истории обучения на ограниченной эталонной выборке данных и предоставляют клинически значимый выход, к примеру, вероятность определённой патологии или класс биомедицинского объекта. Ввиду значительной вариативности входных данных, ИНС хорошо зарекомендовали себя в анализе образцов крови и мочи пациентов с диабетом, туберкулезом, лейкемией, а также в задачах распознавания снимков тканей и рентгенограмм.

Недостатками нейронных сетей являются необходимость в обучающей выборке, собственно процессе обучения системы, ограниченность предметной области конкретной системы.

Недостатками нейронных сетей являются необходимость в обучающей выборке, собственно процессе обучения системы, небольшое число результирующих классов (предметная область конкретного классификатора не может быть широкой). Нейронная сеть представляет собой "серый" ящик: во-первых, топология сети здесь задается исходя из эвристических соображений и, во-вторых, в натренированных сетях со сложной топологией веса сотен и тысяч межнейронных связей не поддаются анализу и интерпретации человеком. Нейронные сети позволяют обобщить множество входных параметров, классифицировать вектор признаков на основании ограниченного набора альтернатив, для которых производилось обучение нейронной сети, а также (в зависимости от конкретного вида нейронной сети) оценить вероятность отнесения конкретного вектора признаков к тому или иному классу. Достоинством и

недостатком нейронной сети является получение результата без выделения решающих правил: с одной стороны, это позволяет принимать решения только на основании прецедентов, без глубокого анализа, с другой стороны, невозможно выделить решающее правило системы при получении ответа. Тем более это критично при условии, что практически невозможно достичь стопроцентной эффективности метода [Amato, 2013].

Системы, основанные на нечёткой логике, используют общую идею моделирования процесса постановки диагноза или классификации объекта специалистом. При этом существует определенная последовательность или набор признаков, необходимых для правильной классификации, а сами признаки можно разделить на несколько категорий. Так, например, Holzmann и другие рассматривают три категории признаков: ассоциативные, неассоциативные и исключающие, каждый признак может иметь собственный вес и отражает вклад в общую меру принадлежности признака тому или иному классу [Holzmann, 1988]. Модель принятия решений в данном случае является иерархической, первичная классификация выборки предоставляет набор промежуточных состояний, которые также могут иметь свой набор признаков. Последовательные переходы от одного состояния к другому определяются процедурой диагностики и в результате сводятся к одному из результирующих состояний.

Применение нечеткой модели позволяет использовать некантованные значения шкалы состояния того или иного признака, опираться при оценке на субъективную информацию о состоянии, полученную непосредственно от пациента. При этом необходимо подчеркнуть, что ввиду нелинейности такой модели принятия решений, результат в задачах диагностики в значительной степени зависит от текущего состояния пациента. Важным преимуществом модели по сравнению с ИНС является возможность проследить последовательность действий, приводящих к тому или иному результату, скорректировать процесс поиска решения без полного переобучения системы.

Системы, основанные на формальных алгоритмах диагностики, используют заранее известный набор критериев и четкие правила их распознавания, полученные от специалиста в прикладной области. Но здесь проявляется теперь общеизвестный парадокс - чем выше квалификация специалиста, тем менее он способен объяснить свои рассуждения. Поэтому данный подход применим лишь в частных случаях, однако он имеет и ряд достоинств:

- для каждого критерия можно предоставить исчерпывающую информацию по его оценке, включая фото, видео, статистические данные, возможные отклонения;
- поскольку процедура строго формализована, результат диагностики в меньшей

степени требует высокой квалификации проводящего оценку персонала;

- процедура диагностики в большей степени специфична для конкретного случая, позволяет оценить прогресс заболевания и предоставить при необходимости конкретные рекомендации после каждого шага диагностики.

В качестве иллюстрации можно рассмотреть автоматизированную ИС на базе Гентских критериев диагностики синдрома Марфана [Рудой, 2012]. Подобные системы могли бы широко использоваться для автоматизации рабочего места как врача общей практики, так и врача-специалиста, если бы существовал стандарт реализации алгоритмов в виде программных компонентов.

Несмотря на то, что развитие клинических СППР началось в 1970-х годах, к настоящему времени эта область научных разработок находится в самом начале своего развития. Однако появление суперкомпьютера IBM Watson, прошедшего стадию клинической апробации, и объявление IBM о начале разработки мобильных приложений для врачей и пациентов начинает революцию в этом сегменте. База знаний «медицинской части» Watson включает в себя как априорные знания (3 469 книг, 69 руководств, 247 460 статей журналов), так и апостериорные знания (605 000 обоснований диагнозов, 2 млн. страниц историй болезней, 25 000 учебных случаев и 14 700 часов настройки точности принятия решения) [Forbes, 2013]. Эти две базы знаний используют свыше 30 медицинских классификаций, онтологий, а также более 10 мапингов между ними и внешними данными, для поддержки принятия решений в онкологии (первоначально тактики лечения рака легких). Точность предлагаемой тактики лечения пациента достигает 90%. При этом решение основывается на «доказательной медицине». Учитывая тот факт, что основным реселлером Watson на рынке является медицинская страховая компания WellPoint, становится понятна основная роль этой системы – удешевление медицинских услуг путем повышения их эффективности.

Российская МИС Socmedica [Socmedica, 2014] так же претендует на революционность благодаря своей Объединенной Базе Медицинских Знаний (УМКВ). Это семантическая модель представления знаний, где используются боковые связи между признаками, весовые мультивариантные отношения между концептами, принцип нечёткой логики и сочетание нескольких уровней семантических систем, что в совокупности позволяет представлять сложные слабо формализованные медицинские знания [УМКВ, 2014].

Компанией Socmedica были разработаны новые медицинские классификаторы, что было продиктовано отсутствием единообразно построенных классификаторов медицинских терминов, понятий, критериев и нозологий. Эти классификаторы структурированы и активно

наполняются знаниями, между ними формируются определенные связи [Бледжанц, 2013].

Для наполнения классификаторов и структурирования связей между ними была разработана система модерации, наполнение осуществляется по принципам краудсорсинга, что решает проблему доверия к знаниям семантической сети. Система распределяет задачи среди экспертов – врачей и биологов, а из поступающих фрагментов информации формирует семантическую сеть. Информация в систему вводится не только в текстовом виде на разных языках, но и в виде логических связей с той или иной вероятностью. За счет этого система может усреднять мнения неограниченного количества врачей, создавая «коллективный разум».

Сегодня общее количество медицинских признаков (терминов без учета синонимов), представленных в УМКВ, составляет более 850 тысяч. И более двух миллионов родовидовых отношений, формирующих структуру классификаторов. Это соизмеримо с клинической классификацией медицинских терминов SNOMED CT. Система классификаторов УМКВ является динамической и может постоянно обновляться за счет добавления новых элементов и формирования медицинских признаков. Также создатели системы анонсировали возможность анализа электронных медицинских карт любой структуры для создания апостериорных баз знаний.

СППР, построенная на такой базе знаний сможет полноценно решать задачи прогнозирования рисков заболеваний, ранней диагностики и планирования лечения, то есть определять тактику ведения пациента. При этом создатели системы не ограничивают ее применение какой-либо одной клинической областью.

## **2. Недостатки и ограничения современных клинических систем поддержки принятия решений, на основе баз знаний.**

Применение баз знаний решает основную проблему СППР – их узкую направленность на решение конкретных, как правило, диагностических задач. Наличие и наполнение апостериорных баз знаний добавляет системе возможность обучения.

Осознавая преимущества и возможности СППР на основе баз знаний, необходимо учитывать ограничения их применения, в первую очередь это скорость работы системы. Также неясно, как будет осуществляться диалог СППР-врач-пациент и непонятно, стоит ли предоставлять право использования СППР пациенту непосредственно, например, предоставлять онлайн консультации без участия врача. В отдельных случаях, согласно статистике, точность постановки диагноза, например, Watson, на треть выше, чем у опытных врачей [Forbes, 2013], что оставляет открытым

вопрос, как же поступать в случаях несогласия врача-эксперта с предложениями СППР по тактике ведения пациента.

С учетом развития технологической и законодательной базы, можно определить основную роль СППР в осуществлении всеобъемлющей информационной поддержки при постановке клинического диагноза и выборе тактики лечения пациента. При этом уровень интеллектуальности системы будет определяться ее способностью к синтезу новых знаний на основе априорной и апостериорной баз знаний.

Если ограничения СППР носят временный характер, и являются препятствием их применения, то недостатки препятствуют развитию таких систем.

Основной недостаток существующих СППР состоит в их полной обособленности от систем медицинского документооборота. Для наполнения апостериорной базы знаний им необходим конвертор электронных медицинских записей в семантическую сеть. Компании-разработчики СППР создают такие компоненты, кроме того, используются компоненты экспорта линейных медицинских текстов в базу знаний. И если проект Watson использует данные электронных медицинских карт, основанные на определенных стандартах представления медицинских данных (например, HL7), которые используют онтологии, классификаторы и контролируемые словари, то система Socmedica выбирает данные из различных баз (и линейного текста), и адаптирует их под собственную систему метаданных.

В обоих случаях для работы СППР используется семантическая сеть, полученная путем предварительной обработки данных. При такой архитектуре в первую очередь появляется проблема согласованности систем метаданных, справочников, классификаций и онтологий внешней МИС и СППР в условиях постоянного их изменения. При этом адаптируются, как правило, разработчики СППР, так как они предоставляют продукт разработчикам и пользователям сторонних МИС. Таким образом, такой подход не решает проблему стандартизации представления медицинских данных, а усугубляет ее.

Если рассматривать процесс разработки любой СППР, то можно заметить ряд серьезных недостатков современных информационных технологий. К числу таких недостатков, в частности, относятся:

- Отсутствие общего унифицированного решения проблемы семантической совместимости компьютерных систем, что порождает высокую трудоемкость создания комплексных интегрированных компьютерных систем.

- Высокая степень зависимости архитектур компьютерных систем от платформ, на которых они реализованы и в результате большая трудоемкость

переноса компьютерных систем на новые платформы.

- Отсутствие хорошо продуманной методики конструктивного использования опыта завершенных разработок компьютерных систем, что порождает высокую степень дублирования разработок различных компонентов этих систем.

- Отсутствие хорошо продуманной унифицированной методики обновления, изменения и развития разработанных компьютерных систем в процессе их сопровождения, что порождает высокую трудоемкость такого процесса [Голенков 2013].

Таким образом, главной технической проблемой является трудоемкость наполнения базы знаний. Из-за отсутствия единого стандарта проектирования и закрытости большинства существующих систем их развитие происходит слишком медленно, а возможность интеграции баз знаний различных СППР отсутствует. На сегодняшний день существует множество подходов реализаций СППР основанных на базах знаний, однако общей чертой клинических СППР является отсутствие единой технологии их создания.

### 3. Подход для создания клинической системы поддержки принятия решений на основе технологии OSTIS

Для устранения основных недостатков современных СППР, основанных на базах знаний, необходимо использовать технологию, которая позволит создать единую систему включающую систему документооборота и СППР на основе единой базы знаний. Создание системы документооборота подразумевает введение электронной медицинской карты пациента, которая будет содержать в себе всю доступную на текущий момент информацию о пациенте, включая записи обследований у конкретных специалистов, результаты анализов (как графические, так и текстовые) и данные о здоровье предоставленные самим пациентом или его доверенными лицами (например, родителями). Обобщенная модель такой системы представлена на рисунке 1:

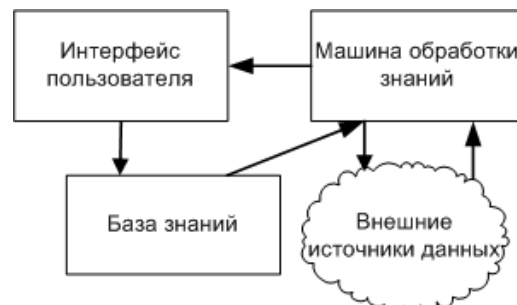


Рисунок 1 – Модель клинической МИС на основе единой БЗ

Ключевая роль в представленной модели отводится базе знаний. Она состоит из двух частей: априорной и апостериорной. Однако наполнение ее апостериорной части не обеспечивается работой

конверторов и трансляторов данных из баз данных и линейных текстов, а осуществляется напрямую врачебным персоналом при заполнении электронных медицинских карт. Для этой цели интерфейс пользователя предоставляет доступ к базе знаний.

Главное требование к пользовательскому интерфейсу в контексте данной системы это возможность его простой адаптации под конкретную группу пользователей (пациент, врачебный персонал, средний и младший медицинский персонал, регистраторы), а так же под любые формы медицинского учета. Эта гибкость достигается за счет того, что пользовательский интерфейс сам по себе является частью базы знаний.

За процесс принятия решений отвечает машина обработки знаний. База знаний также содержит ссылки на внешние источники данных. Стоит отметить, что эти данные служат источником информации только для человека и в машинной обработке не участвуют.

С учетом описанных в предыдущем разделе недостатков существующих СППР основанных на базах знаний для создания такой системы мы предлагаем использовать открытую семантическую технологию проектирования интеллектуальных систем (OSTIS) [Голенков, 2013]. Использование инструментов Semantic Web, несмотря на свою популярность, в данном случае имеет ряд недостатков. В первую очередь они связаны с тем, что инструменты Semantic Web изначально были нацелены на машиноориентированное описание информационных ресурсов в web-пространстве без учета комплексного решения проблем семантического представления с точки зрения теории искусственного интеллекта.

В противоположность инструментам Semantic Web инструменты проекта OSTIS имеют строгую теоретико-множественную трактовку и не привязаны к конкретной прикладной области. Что обеспечивает более компактное и формально точное представление информации [Голенков, 2011].

Это определяется рядом свойств, которые позволяют говорить о языковых средствах проекта OSTIS, как наиболее предпочтительном средстве интеграции знаний из различных источников:

- как и в языках Semantic Web в технологии OSTIS отдается предпочтение бинарным отношениям, однако существует возможность представления отношений любой арности;
- отношения представляются в виде узлов семантической сети, что позволяет характеризовать их свойства;
- экземпляры отношений выделяются как отдельные узлы семантической сети, что дает возможность характеризовать каждый экземпляр отношения уникальным образом;

- в алфавите ключевых узлов и дуг имеются элементы для описания нечетких, негативных и нестационарных объектов.

Помимо той предметной области, на которой специализируется СППР она должна содержать в базе знаний также общие знания наличие которых обусловлено необходимостью не только уметь решать задачи в заданной предметной области, но и эффективно взаимодействовать как с конечными пользователями, так и с разработчиками.

Таким образом, база знаний любой интеллектуальной системы, в том числе и нашей разрабатываемой клинической СППР представляет собой результат интеграции фактически нескольких баз знаний, каждая из которых описывает свою предметную область. К числу таких баз знаний относятся:

- база знаний, описывающая основную предметную область, в которой "специализируется" данная интеллектуальная система;
- система баз знаний, описывающих внешние языки и/или воспринимаемые образы внешней среды;
- база знаний, описывающая пользовательский интерфейс;
- семейство баз знаний, описывающих пользователей как субъектов, взаимодействующих с системой (как партнеров диалога);
- база знаний, описывающая процесс (в том числе историю) взаимодействия системы с внешней средой (в частности, с пользователями).

Технология OSTIS позволяет использоваться уже готовые разработки таких "общих" баз знаний в качестве ip-компонентов, что значительно ускорит процесс разработки нашей информационной системы.

Несмотря на то, что технология OSTIS в данный момент находится в процессе разработки, ее использование уже на данном этапе позволит решить ряд общих проблем разработки информационных систем и обеспечит определенные преимущества:

- использование совместимых компонентов (ip-компонентов) значительно ускорит разработку системы;
- технология OSTIS продолжает и развивает идею Semantic Web о представлении данные в виде семантической сети, что позволяет хранить в базе знаний любые данные, будь то текстовая информация о пациентах или графические результаты инструментальной диагностики;
- открытость и универсальность технологии позволит упростить интеграцию данных, повысить масштабируемость системы;
- проект планируется развивать так же за счет краудсорсинга, что привлечет новые идеи и позволит пополнять библиотеку ip-компонентов с помощью сторонних разработчиков.

С использованием технологии OSTIS на первом этапе будет создана система медицинского документооборота. В ее основе будет находиться априорная база знаний с системой метаданных, а так же с данными, импортированными из формата RDF свободных словарей и медицинских классификаций, например МКБ-10 и связями между ними. Помимо этого в базе знаний будут находиться ссылки на понятия из проекта DBPedia, направленного на извлечение структурированной информации из данных хранящихся в RDF-формате, созданных в рамках проекта Википедия.

Онтологии, построенные с использованием модели RDF, имеют богатые возможности описания знаний, но обладают весьма ограниченными средствами вывода следствий из имеющихся знаний. В RDF все знания должны храниться явно в виде триплетов (фактов, аксиом).

Таким образом, нужно осуществить трансляцию RDF данных в SC-код поддерживаемый технологией OSTIS. Уже разработан и используется транслятор позволяющий осуществлять трансляцию RDF графов в SC-конструкции [Каешко, 2014]. Транслятор обладает высокой скоростью работы, обеспечивает полную семантическую и логическую эквивалентность исходных RDF-графов и получаемых SC-конструкций и является полностью автоматизированным.

С наличием данного транслятора можно говорить о реально существующей совместимости технологий Semantic Web и OSTIS на уровне линейных форматов представления знаний.

Наполнение априорной базы знаний для системы медицинского документооборота будет производиться как автоматизированным способом (трансляция данных из существующих баз знаний), так и вручную.

Пользовательский интерфейс, справочная информация, описание стандартов описания информации будет являться частью априорной базы знаний.

Апостериорная база знаний будет состоять из клинической информации, накапливаемой в процессе работы МИС. В ее основе будет находиться концепция шаблонов полей и документов с использованием классификаторов, справочников и системы метаданных априорной базы знаний. Принцип работы с такой системой будет напоминать «бумажные» формы, которые так привыкли заполнять врачи, но с удобными средствами автозаполнения и подсказок. Однако ввод линейного текста без метаописания будет практически недоступен.

Наполнение такой базы знаний позволит перейти ко второму этапу – созданию СППР на основе базы знаний, то есть созданию машины обработки знаний для принятия клинических решений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на начавшиеся еще в 70-х годах прошлого века работы по созданию клинических СППР, в настоящее время не существует технологии для их создания и работы в широких областях медицины. Существуют отличные примеры решения частных диагностических и клинических задач посредством применения технологий машинного обучения, нечеткой логики, линейных алгоритмов. Созданная на основе баз знаний система Watson демонстрирует великолепные результаты в онкологии и в немедицинских предметных областях, что позволяет сделать вывод о том, что область применения данной системы зависит только от состава базы знаний.

Российский проект Socmedica демонстрирует схожие идеи, однако, оба проекта позиционируют себя как компоненты для работы с внешними медицинскими данными. Более того, оба проекта используют значительное число разнообразных технологий для своей работы.

Представленная в статье модель клинической МИС позволит решить проблемы стандартизации и представления медицинской информации, а так же в дальнейшем, по мере накопления знаний в апостериорной базе знаний позволит создать СППР, которая будет сама являться частью базы знаний.

Использование технологий проекта OSTIS позволит решить ряд общих проблем создания СППР и перейти к новому виду клинической информационной системы, основанной на знаниях, в которой не будет существовать искусственных разграничений между системой документооборота и СППР.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [eHealth, 2013] eHealth и имена интернет-доменов в области здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA66/A66\\_26-ru.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA66/A66_26-ru.pdf). – Дата доступа: 30.12.2014
- [VistA, 2014] Veterans Health Information Systems and Technology Architecture [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: 2014<http://www.ehealth.va.gov/VistA.asp>. – Дата доступа: 30.12.2014
- [Walderhaug, 2005] Ståle Walderhaug, Marius Mikalsen MDA Support for Military Medical Crisis Information Systems (MMCIS) Joint OMG/HL7 Workshop on Interoperability among Healthcare Services, Washington DC, October 25-27, 2005
- [Kobelt, 1999] Kobelt G. Методы фармакоэкономического анализа: минимизация затрат // Клиническая фармакология и терапия. - 1999. - №2. - С. 50-51.
- [Rodríguez-González, 2012] Alejandro Rodríguez-González and others. Analysis of a Multilevel Diagnosis Decision Support System and Its Implications: A Case Study Computational and Mathematical Methods in Medicine Volume 2012 (2012), Article ID 367345, 9 pages
- [Amato, 2013] Filippo Amato and others. Artificial neural networks in medical diagnosis. Journal of applied biomedicine. 11: 47-58, 2013
- [Рудой, 2012] А.С.Рудой, А.Г.Горустович, А.Н.Полторан. Автоматизированная информационная система диагностики синдрома Марфана. Военная медицина: научно-практический рецензируемый журнал. - 2012. - N 4. - С. 86-91
- [Holzmann, 1988] Carlos A.Holzmann, Claudio A.Perez & Eduardo Rosselot. A fuzzy model for medical diagnosis/ Medical Progress through Technology 13: 171-178 (1988).

[Forbes, 2013] IBM's Watson Gets Its First Piece Of Business In Healthcare [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/bruceupbin/2013/02/08/ibms-watson-gets-its-first-piece-of-business-in-healthcare/>. – Дата доступа: 21.12.2014

[UMKB, 2014] Объединенная база медицинских знаний [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://umkb.ru/>. – Дата доступа: 21.12.2014

[Socmedica, 2014] Экспертные системы для клинической практики [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.socmedica.com/>. – Дата доступа: 21.12.2014

[Бледжянц, 2013] Г.А. Бледжянц и др. Будущее информатизации здравоохранения: когнитивные системы. Здравоохранение: научно-практический рецензируемый журнал. – 2013. – N 8.

[Голенков, 2013] Открытый проект, направленный на создание технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. – В кн Междунар. научн.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2013). Материалы конф. [Минск, 21-23 февр. 2013 г.]. – Минск: БГУИР, 2013, с. 55-77.

[Каешко, 2013] А.И.Каешко, Д.Г.Колб. Принципы интеграции содержимого RDF-хранилищ в проект OSTIS – В кн Междунар. научн.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2014). Материалы конф. [Минск, 20-22 февр. 2014 г.]. – Минск: БГУИР, 2013, с. 55-77.

[Клешев, 2011] Клешев А.С., Черняховская М.Ю., Москаленко Ф.М. Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика». Часть 1. Неформальное описание и определение базовых терминов / Журнал НТИ - Серия 2. #12, 2005. - [http://www.iacr.dvo.ru/is/publications/Article1-Moskalenko-IACP\(NTI-2005\).rtf](http://www.iacr.dvo.ru/is/publications/Article1-Moskalenko-IACP(NTI-2005).rtf)

[Янковская, 1994] Тестовые распознающие медицинские экспертные системы с элементами когнитивной графики / Янковская А.Е. // Компьютерная хроника. – 1994. –С. 61-83.

[Кобринский, 2009] Кобринский Б.А. Нечеткий образный ряд в клинической медицине / Б.А. Кобринский // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сб. науч. тр. V-й Международной научно-практ. конф. Т.1. – М.: Физматлит, 2009. – С.121-127.

## PRINCIPLES OF CONSTRUCTION CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON OSTIS TECHNOLOGY

Kayeshko A.I. \*, Marhunou Y.A. \*\*

*\* Belorussian state university of informatics  
and radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

**ondister@gmail.com**

*\*\* Belorussian state university of informatics  
and radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

**marhunou@tut.by**

In the article authors reviewed main goals of clinical decision support systems and their basic structure. Marked their main limitations and drawbacks. The approaches to the creation of a clinical decision support system using knowledge bases based on OSTIS technology was proposed.

## INTRODUCTION

Despite the rapid evolution of informational technologies and dynamical designing of health information system which was started at the end of 20th century, there was no universal intelligent clinical decision support system (DSS) created. Different

standards of storing and transferring the medical data, the lack of common technologies and complexity of the problem raise a lot of issues for developers.

The main idea of the article is a creation of health information system based on knowledge base, which will allow accumulating necessary amount of knowledge to build an intelligent clinical expert system.

## MAIN PART

There are several ways how a DSS system could be implemented: artificial neural networks; using of fuzzy logic; expert system (formal and heuristic algorithms) and systems based on knowledge bases. Although, all of them have their advantages and disadvantages, systems based on knowledge look more preferable in the context of DSS systems mostly because of their flexibility and scalability.

The main drawback of the existing DSS is their complete isolation from the medical workflow systems. To fill a posteriori knowledge they need to convert electronic medical records to the semantic network. Therefore, the DSS developers have to create such components and, in addition, use nonlinear medical texts to export components in the knowledge base.

To address the main drawbacks of modern DSS based on knowledge bases, it is necessary to use the technology, which will create a document management system (DMS) and decision support system based on a common knowledge base.

## CONCLUSION

The model of clinical health information system, presented in this paper solves the problems of standardization and reporting of health information. Based on the OSTIS technology and model the decision support system will be created, which itself will be a part of a knowledge base. That will let us go to a new kind of clinical information system based on the knowledge that will allow to get rid of artificial distinction between the DMS and DSS.