



# OSTIS-2012

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.89

## АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Клещев А.С., Черняховская М.Ю., Шалфеева Е.А.

*Институт автоматизации и процессов управления,  
г. Владивосток, Россия*

kleshev@iacp.dvo.ru

chernyah@iacp.dvo.ru

shalf@iacp.dvo.ru

В работе исследуется возможность единого подхода к автоматизации интеллектуальных процессов в отдельно взятой профессиональной области деятельности. Проводится системный анализ различных видов деятельности в медицине. Обсуждаются требования к онтологии всех информационных компонентов, используемых экспертными системами, средствами документирования, системами для обучения, для накопления знаний, интегрируемыми для единых целей.

**Ключевые слова:** знания, интеллектуальный процесс, профессиональная деятельность, онтологии информационных компонентов.

### ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени достигнуты значительные успехи в автоматизации деятельности коммерческих предприятий, в разработке информационных и других систем для более эффективного управления бизнесом [Битек, 2007]. Однако до сих пор не создан инструментарий, позволяющий комплексно автоматизировать сферы экономики, процессы в которых связаны с интеллектуальной деятельностью и использованием постоянно обновляемых знаний. К таковым относятся многие области, финансируемые государством, - медицинское обслуживание, образование, наука, оборонная деятельность и др. К настоящему времени используются разрозненные подходы к автоматизации в таких сферах, как, например, медицина. При автоматизации лечебно-диагностических процессов отдельными средствами автоматизируют взаимодействие между участниками лечебно-диагностического процесса, с акцентом на документирование всех шагов этого взаимодействия. Лечебно-диагностический процесс рассматривают как бизнес-процесс, как технологию информационного взаимодействия, аналогичного любым другим управленческим процессам.

Задачи автоматизации постановки диагноза, назначения и прогнозирования лечения и т.п., если и решаются, то другими средствами. При этом есть проблемы с их полноценным использованием (часто приходится упрощать процессы), а также с их сопровождением. Однако наметилась тенденция к

стандартизации представления используемых документов: введено понятие *электронная история болезни* [ГОСТ, 2008].

К системам, разрабатываемым для автоматизации различных видов профессиональной интеллектуальной деятельности, финансируемых государством, предъявляются требования обеспечения всех специалистов адекватными средствами, повышающими их качество работы. Эти средства должны быть интегрированы друг с другом по управлению и по информации, должны быть адаптивными и управляемыми в силу влияния на деятельность специалистов внешних факторов (таких как изменения в законодательстве), и внутренних (непрерывного усовершенствования знаний).

Целью исследования является идентификация интеллектуальных видов деятельности в отдельно взятой достаточно сложной области профессиональной деятельности, системный анализ различных видов деятельности в медицине, разработка требований к онтологии всех информационных компонентов, необходимых для комплексной автоматизации.

### 1. Идентификация интеллектуальных видов деятельности (на примере медицины)

Особенность медицинской сферы состоит в особой ответственности врача за постановку

диагноза и назначение лечения пациенту. Поэтому медицина нуждается не в автоматизации принятия решений, а в автоматизации поддержки их принятия. Особую роль играют здесь консультации, к которым могут прибегать врачи, чтобы узнать аргументацию других специалистов при постановке диагноза или назначении лечебных мероприятий. Консультирование есть процесс поддержки принятия решения, результатом которого становится объяснение решения (т.е. анализ данных о состоянии пациента на основе экспертных знаний).

Виды профессиональных деятельностей, не затрагивающие обучение профессии и научную составляющую, обычно представляют тремя группами: *основные процессы, процессы управления, обеспечивающие процессы* [Битек, 2007].

Традиционно (в рамках автоматизации коммерческих предприятий медицинской сферы) к основным процессам относят те, исполнителями которых являются лечащий врач и регистратор [Битек, 2007, Каштальян, 2007].

При рассмотрении видов *интеллектуальной деятельности* (требующих принятия ответственных решений) целесообразно обратиться к известной классификации. При разработке систем, основанных на знаниях, принято выделять следующие классы интеллектуальных задач: *классификации, диагностики, интерпретации, мониторинга, управления, планирования, прогноза, ремонта, проектирования* [Уотермен, 1989]. Кроме того, сюда включают и такие задачи как: *поддержка принятия решения; обучение*.

К интеллектуальным (и тесно связанным с ними) задачам медицинской деятельности в рамках текущего исследования отнесены следующие.

К «основным, интеллектуальным» процессам относятся:

- *установление диагноза* пациента (это пример задачи диагностики);
- *назначение лечения* пациенту (это пример задачи ремонта);
- *опрос пациента* (это пример задачи получения недостающей информации – установить, значения каких признаков необходимы);
- *до-обследование* (это пример задачи получения недостающей информации с помощью лабораторных исследований – установить, значения каких признаков необходимы);
- *планирование дальнейших обследований и очередного посещения* врача (это пример задачи управления процессом обследования - за какими признаками надо наблюдать, и в какие моменты времени);
- *коррекция лечения*, которая включает в себя коррекцию назначения лечения, если прежняя схема лечения не дала прогнозируемых изменений

состояния, и коррекцию диагноза, если изменилось представление о состоянии пациента, (это пример задачи управления на основе результатов задачи мониторинга);

- *прогнозирование* результата лечения / развития болезни (это пример задачи прогноза) и

- *проведение инструментального обследования / функциональной диагностики* (это пример задачи интерпретации).

Автоматизация этих видов деятельности состоит в построении соответствующих экспертных систем. Программно-технические системы реального времени для проведения *инструментального обследования* остаются за рамками автоматизации интеллектуальной деятельности, однако вербальное представление их результатов врачами должно быть рассмотрено как часть автоматизируемого интеллектуального процесса – это вербально представление является входной информацией для других автоматизируемых видов деятельности.

К «обеспечивающим, интеллектуальным» процессам относятся:

- обучение проведению обследования (осмотра),
- обучение интерпретации результатов функциональной диагностики,
- обучение диагностике (и, возможно, необходимому для нее управлению до-обследованием),
- обучение назначению лечения.

Автоматизация деятельности состоит в построении тренажеров, проверяющих знания.

К числу «основных, неинтеллектуальных» процессов относится *ведение истории болезни* (это пример задачи документирования).

Задача выполнения лабораторного обследования (пример задачи интерпретации) рассматривается с точки зрения получения результатов в вербальном виде.

Автоматизация деятельности состоит в построении АРМов.

К числу научных (также «интеллектуальных») процессов относятся:

- формирование знаний о диагностике заболевания,
- формирование знаний о схеме лечения заболевания,
- формирование знаний о лекарствах и лечебных мероприятиях.

Автоматизация деятельности состоит в построении редакторов знаний и программ индуктивного формирования знаний [Клешев и др., 2011b] Использование результатов этих научных задач означает переход на качественно новый уровень в медицинской сфере, при этом

формируемые знания (вместе с их объяснением на конкретных фактах) должны проходить цикл критики и подтверждения в медицинском сообществе и только потом могут быть допущены к процессу обучения специалистов и к практике.

Сообщество создаваемых экспертных систем для консультирования и других вышеперечисленных программных средств обеспечивает систематическую поддержку принятия решений, направленных на выздоровление пациентов, и расширяет возможности обращения врачей к опыту и знаниям экспертов «от медицины».

## 2. Взаимосвязи подзадач в интеллектуальной профессиональной деятельности

Многие задачи **медицинской деятельности**, решаемые на протяжении периода взаимодействия пациента со специалистами медицинского учреждения, на сегодняшний день автоматизированы. Для них созданы поддерживающие принятие решений ЭС (или исследовательские прототипы) в соответствии с классами интеллектуальных задач (диагностики, ремонта и т.д.).

Однако автоматизация интеллектуальной профессиональной деятельности в комплексе требует интеграции поддержки принятия решений всех интеллектуальных и связанных с ними задач, а также задач обучения и формирование знаний.

Поддержка принятия решений специалистов-медиков на протяжении периода выздоровления пациента с точки зрения «автоматизации в комплексе» наиболее близка задачам теории управления сложными системами [Грибова 2010].

Если обратиться к терминологии, выработанной теорией управления, то *объектом управления* оказывается **пациент**, *целью управления* становится **отсутствие** (устранение) **заболевания**, она достигается за счет *управляющих воздействий* – **лечения** (которое пациенту назначено и которое он с большой вероятностью проведет). *Управление* – **выработка** этих *управляющих воздействий*, включающая мониторинг состояния (обследование и до-обследование), обработку информации (диагностика), принятие решений (назначение лечения).

*Система управления* состоит из управляющего объекта (медперсонала) и объекта управления (пациента). *Функцией управляющего объекта* является совокупность его действий (скорее, не-«однородная по некоторому признаку») – *сбор информации, установление диагноза пациента, назначение лечения, планирование, коррекция, прогнозирование лечения\развития, обследование, ведение истории болезни*, - подчиненных общей цели управления.

У пациента *протекают* процессы в организме, *проявлениями* которых являются значения

наблюдений признаков в различные моменты времени (они *составляют* дневник наблюдений – важную *часть* истории болезни). На основе значений наблюдений и собственных знаний о признаках заболеваний и их динамике врач ставит диагноз; далее на основе информации об особенностях пациента и собственных знаний о схеме лечения заболевания и знаний о лекарственных средствах и других лечебных мероприятиях готовит план лечебных мероприятий, которые должны воздействовать на больного – вести его к выздоровлению. В процессе выздоровления осуществляется слежение за изменением состояния пациента и, в случае отклонений от прогнозируемого изменения, могут быть скорректированы лечебные мероприятия или даже диагноз.

Примечание. Задачи обучения врачей и формирования новых знаний непосредственно к схеме управления состоянием пациента не относятся (скорее, к управлению медперсоналом). Но получаемые с их помощью знания являются важной информационной составляющей всего комплекса интеллектуальных профессиональных задач. Знания, приобретаемые в процессе обучения, являются основой правильных решений врачей. А наличие формализованных знаний повышает возможность каждого отдельного врача знать как можно больше (владеть более глубокими и/или широкими знаниями). Индуктивное формирование знаний приводит к новым знаниям о признаках заболеваний - по архивам историй болезни; к новым знаниям о схемах лечения - по протоколам корректировок планов лечебных мероприятий; к новым знаниям о лекарственных средствах\мероприятиях – по фрагментам дневников наблюдений от начала применения этих средств\мероприятий.

## 3. Структура и характеристики различных видов интеллектуальной деятельности (на примере медицинской)

Некоторые из видов деятельности могут рассматриваться как составные (состоящие из множества задач):

**Основная деятельность = 1..\*{задача},**

где **задача = 1..\*{[под]задача}**.

Любая интеллектуальная деятельность связана, как правило, с использованием существующих знаний и может рассматриваться как получение искомой\результатирующей информации на основе имеющейся входной. Особенность различных видов *интеллектуальной деятельности* медицинской сферы такова, что они подразумевают возможность, а иногда и необходимость консультирования, главным результатом которого является *объяснение (обоснование)* принимаемых решений. Это объяснение является дополнительной входной информацией для специалиста при принятии им

решения. Автоматизация консультирования связана с формализацией знаний (для выполняемой деятельности) и их использованием при построении объяснения.

Поэтому структура *основной интеллектуальной деятельности* (или каждой из ее подзадач) может быть представлена так, как на рис. 1.

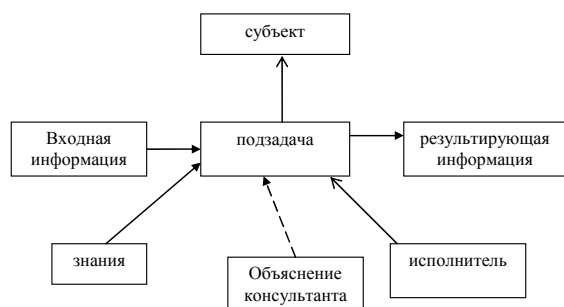


Рисунок 1 – Структура интеллектуальной деятельности.

Пунктирная стрелка означает, что «объяснение консультанта» может использоваться при принятии решения ответственным специалистом.

Для «основных» видов деятельности и подзадач медицинской сферы (*диагностика заболевания, назначение лечебных мероприятий, прогнозирование выздоровления, коррекция лечения*) основным субъектом является пациент, а информационным компонентом (входным и результирующим) является сложно устроенный документ *история болезни пациента*. Содержание этого документа расширяется в процессе выполнения различных подзадач медицинской деятельности.

Структура подзадачи «диагностика заболевания» до автоматизации такова (значком % помечены необязательные составляющие).

Субъект: **пациент;**

Входная информация:

**история болезни** (уточненная значениями лабораторных исследований);

Знания:

Персональные:

Теоретические знания о признаках заболеваний и их динамике;

%Собственная база прецедентов признаков заболеваний;

Общедоступные: методическая литература (книга, инструкция);

Исполнитель: **врач;**

%Объяснение консультанта: объяснение диагноза, выполненное консультантом (другим врачом, консилиумом);

Результирующая информация: **диагноз.**

При автоматизации этой деятельности

(разработке и внедрении справочных средств и диагностической ЭС) структура подзадачи «*диагностика заболевания пациента*» становится такой, как на рис. 2:



Рисунок 2 – Структура автоматизируемой интеллектуальной деятельности.

В том случае, когда разрабатывается «автоматизированный консультант» (ЭС) в помощь специалисту, «объяснение» формируется автоматически. Содержание некоторых элементов структуры подзадачи уточняется следующим образом.

Знания (общедоступные):

формализованные: Компьютерная база знаний о заболеваниях и норме;

текстовые: методическая литература.

Объяснение консультанта: **объяснение диагноза,** выполненное диагностической экспертной системой.

Инструмент или средство:

компьютерная база знаний о заболеваниях и норме,

диагностическая экспертная система.

Аналогично представляется структура подзадач *назначение лечебных мероприятий, прогнозирование выздоровления, коррекция лечения*, подобным образом - *до-обследование* и *выполнение функциональной диагностики*.

#### 4 Требования к онтологии информационных компонентов деятельностей

Как следует из анализа совокупности основных медицинских процессов, информационными компонентами различных видов интеллектуальной деятельности в медицине являются:

история болезни пациента,

формализованные знания о заболеваниях,

формализованные знания о лекарствах и других лечебных мероприятиях,

формализованные знания о схемах лечения заболеваний,

объяснение диагноза,  
лечебные мероприятия (план лечения),  
объяснение плана лечения,  
объяснение коррекции лечения.

Комплексная автоматизация медицинской профессиональной деятельности требует разработки онтологии для каждого информационного компонента, поскольку все они используются во множестве решаемых задач.

«История болезни» должна включать в себя не только паспортную часть, особенности пациента, его жалобы на первичном приеме, результаты обследования врачом на первичном приеме, но и дневник наблюдений (жалобы и результаты обследования врачом на каждом следующем приеме), диагноз, а возможно еще и объяснение диагноза консультанта, план лечения, дневник лечения и план контрольных посещений врача, план дообследования.

Схематически *история болезни* может рассматриваться как:

паспортная часть +  
особенности пациента +  
жалобы +  
дневник наблюдений +  
диагноз

[+ дневник лечебных мероприятий].

Согласно национальному стандарту РФ «электронная история болезни» от 2008-01-01 [ГОСТ, 2008] каждая персональная медицинская запись включает в себя:

дату и время события (осмотра пациента, проведения манипуляции, забора биоматериала для анализа и др.),

автора данной медицинской записи,

медицинское содержание (результаты анализов или обследований, статус, эпикриз, назначение лекарств и т.д.) - текст или файл (медицинские изображения, графические материалы, тексты в различных форматах и т.д.) или построенные формализованные данные, позволяющие производить отбор и фильтрацию, проводить статистическую обработку, формировать отчеты.

Поэтому *дневник лечебных мероприятий* должен охватывать информацию о *назначенных лекарственных препаратах*, о *проведении манипуляций / процедур*, а *дневник наблюдений* – не только информацию об *инструментальных обследованиях (функциональной диагностике)*, но и о *результатах обследований узкими специалистами*.

*Дневник наблюдений / лечения* = \* {запись}

**Запись** =

момент +  
дата и время записи,  
автор записи,  
медицинское содержание.

Примеры области значений *медицинского содержания записи*: скалярное - *результат опроса (характер боли,...)*, *результат осмотра (цвет кожи,...)*, числовое значение - *результат объективного инструментального измерения (пульс, давление)*, таблица - *анализ крови*, изображение и текст - *результат функциональной диагностики (флюорография, УЗИ)*.

Для различных видов профессиональной деятельности (таких, как медицина), характерно использование единой терминологии при представлении данных и знаний. Явное представление ее в отдельном ресурсе, от которого зависят ресурсы-данные и ресурсы-знания, гарантирует и согласованность при сотрудничестве всех специалистов, и согласованность элементов данных, которыми оперирует прикладная логика программных компонентов, автоматизирующих или поддерживающих деятельность всех этих специалистов.

Онтология (структура) всех информационных ресурсов (документов) должна обеспечивать их эффективное использование экспертными системами, системами для обучения, средствами накопления знаний, средствами документирования, интегрируемыми для единых целей. Работа в этом направлении уже привела к получению *онтологии наблюдений* в медицине и *онтологии знаний о заболеваниях* [Клещев и др., 2011с, Клещев и др., 2011d]. Одним из языков, ориентированных на единообразное представление информационных ресурсов и их онтологий для создаваемых сообществ программных систем, является декларативный язык, разрабатываемый в ИАПУ ДВО РАН [Клещев и др., 2011а].

Онтологии вышеперечисленных информационных компонентов должны обеспечивать повторную используемость формируемых документов при создании сообществ экспертных систем, систем для обучения, средств накопления знаний и других инструментов при комплексной автоматизации медицинской профессиональной деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные модели интеллектуальной профессиональной деятельности и онтологии необходимых ей информационных ресурсов являются основой концепции комплексной автоматизации процессов в медицинской области, цель которой - систематическая поддержка принятия ответственных решений. Показано, что совокупность решаемых задач на протяжении периода достижения главной цели (выздоровления

пациента) близка теории управления сложными системами.

Модели видов деятельности и онтологии ресурсов дают основную схему для формирования методологии системного анализа и моделирования произвольных сфер деятельности с интеллектуальными процессами. В свою очередь методология позволяет построить единую онтологию профессиональной деятельности специалистов, на базе которой могут быть разработаны технология и инструментарий автоматизации интеллектуальной профессиональной деятельности.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 10-07-00089-а и ДВО РАН № 12-III-A-01И-006.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

[Битек, 2007] «Процессно-организационная бизнес-модель стоматологической клиники, занимающейся лечением зубов, пародонта, зубопротезированием, имплантологией, исправлением прикуса и профилактикой.» / материалы открытого семинара-практикума «Совершенствование системы управления предприятием на основе описания и оптимизации бизнес-процессов», 5-7 ноября 2007 г., компания «БИТЕК», Москва // Информационный портал Betec.Ru. <http://www.betec.ru/secure/index.php?id=5&sid=14&tid=03>.

[ГОСТ, 2008] «Электронная история болезни. Общие положения» (). / ред. Гелемеева О.В. // ГОСТ Р 52636-2006. Дата введения 2008-01-01.

[Грибова, 2010] Грибова В.В., Клещев А.С., Шалфеева Е.А. Управление интеллектуальными системами // Известия РАН. Теории и системы управления. 2010. № 6. С. 122-137.

[Каштальян, 2007] Каштальян А.А. Анализ затрат труда врачей амбулаторно-поликлинического приема (по материалам хронометражного исследования) // Журнал «Медицинские новости», 2007, С. 71—74. - <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=204>.

[Клещев и др., 2011а] Клещев А.С., Грибова В.В., Крылов Д.А. Контекстно-зависимые грамматики искусственных языков. - Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2011. 30 с.

[Клещев и др., 2011б] Клещев А.С., Смагин С.В. Алгоритм формирования баз знаний по обучающим выборкам для онтологии медицинской диагностики, приближенной к реальной / Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. – 2011. – 48 с. - <http://www.iacp.dvo.ru/is/publications/2011-Kleshev.Smagin-ExperThree.pdf>

[Клещев и др., 2011с] Клещев 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.iacp.dvo.ru/is/publications/Article1-Moskalenko-IACP\(NTI-2005\).rtf](http://www.iacp.dvo.ru/is/publications/Article1-Moskalenko-IACP(NTI-2005).rtf)

[Клещев и др., 2011д] Клещев А.С., Черняховская М.Ю., Москаленко Ф.М. Модель онтологии предметной области "медицинская диагностика". Часть 2. Формальное описание причинно-следственных связей, причин значений признаков и причин заболеваний / Журнал НТИ, Серия 2, №2, 2006.

[Уотермен, 1989] Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. под ред. В. Л. Стефанюка. — М.: «Мир», 1989: — 388 с.

## THE ANALYSIS OF MEDICAL INTELLECTUAL PROFESSIONAL ACTIVITY FROM THE VIEWPOINT OF AUTOMATION

Kleschev A. , Chernyahovskaya M., Shalfееva E.

*The Institute of Automation and Control Processes, Vladivostok, Russia*

**kleschev@iacp.dvo.ru**

**chernyah@iacp.dvo.ru**

**shalf@iacp.dvo.ru**

The possibility of the uniform approach to automation of intellectual processes in some professional sphere is investigated in this work. The system analysis of various activities in medicine is carried out. The requirements to ontology of all information components used by expert systems, documentation programs, coursewares, knowledge-mining systems, integrated for the common purposes, are offered.

## INTRODUCTION

Considerable successes in automation of commercial enterprises, in development of information systems for more efficient control business are reached by now. However there are no toolkits for a complex automation in professional spheres with intellectual activities and constantly updated knowledge.

The goal of this position paper is identification of intellectual activities in some complex area of professional work (in medicine), the system analysis of various activities, forming of requirements to ontology of all necessary information components.

## MAIN PART (REPORT THESES)

The examples of intellectual medical activities (within current research) are that: diagnostics of the patient, appointment of treatment to the patient, additional inspection, planning of control inspections and the next visiting of the doctor, prediction of result of treatment evolution, functional diagnostics.

Automation of these activities consists in construction corresponding expert systems. Commonly expert systems in medicine are used in decision support: reminding information or options to an experienced decision maker.

Complex automation of intellectual professional activity demands the integration of supporting of all intellectual decision-making tasks and also training and formation of knowledge.

## CONCLUSION

The intellectual professional activity models and ontology of necessary information resources are a basis of the medical processes complex automation conception which purpose is to systemetically support all of the critical decision making. It is shown that set of tasks solved during convalescence of the patient is close to the control theory of complex systems.