

## Советчик врача: технологии и возможности<sup>1</sup>

Е.А. Ващенко, М.А. Витушко, В.С. Переверзев-Орлов, И.И. Стенина

*Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича РАН, Москва, Россия*

Поступила в редколлегию 17.11.2008

**Аннотация**—Рассматривается состояние проекта по созданию Партнерских систем (PS) в медицине и сходных с медициной по трудности формализации областей человеческой деятельности. Уже существующих наработок в технологиях PS достаточно, чтобы существенно облегчить и повысить эффективность профессиональной работы врача, облегчить его доступ к необходимым знаниям, обеспечить возможности проведения научных исследований и распространения собственных знаний. И современной компьютерной техники достаточно для реализации всего этого тоже.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В медицине есть множество возможностей применения компьютерных технологий. Целью наших многолетних исследований было создание методов, технологий и систем, которые могли бы обеспечить врачу интеллектуальную поддержку его профессиональной деятельности на этапах от сбора первичной информации о пациенте и автоматической генерации истории болезни и других медицинских документов до порождения диагностических гипотез, планов обследования и рекомендаций по лечению. Кроме того, должны решаться задачи, связанные с обобщением персонального опыта, получением нового знания и его распространением. В какой-то мере этого удалось добиться, однако многое еще предстоит сделать [1–15].

В первой части реализации проекта основное наше внимание было сосредоточено на методах и инструментах создания автономной системы поддержки решений врача – Советчика или Партнерской системы (PS) – с акцентом именно на методах. Было выяснено, как выявлять язык первичного описания проблемных ситуаций, как выявлять и формализовать врачебные знания, какого рода задачи важны для врача в его реальной работе, и были созданы базовые технологии поддержки достижения всего этого в рамках возможностей, предоставлявшихся персональными компьютерами под управлением DOS.

Выявленные тогда проблемы порождения автономных систем в каком-то смысле можно было называть техническими. Тогда они не считались критическими, так как более важными были иные, связанные с определением профессионального языка описания ситуаций специалистом, выявлением и верификацией необходимых его знаний, формой представления этих знаний, генерацией текстов и разработкой языков программирования диалогов, генератора текстов, записи знаний и управления ими для представления всего этого. Когда же эти проблемы хоть как-то были разрешены, оказалось, что на передний план выходят проблемы создания новых автономных (прикладных) систем, так как в существовавшей тогда технологии на это требовалось обычно от нескольких месяцев до года и больше, поскольку создание каждой новой системы начиналось практически с нуля – язык, знания и т.д. и т.п..

<sup>1</sup> Работа поддержана Грантом Президиума Российской академии наук по программе “Интеллектуальные компьютерные системы”, проект № 2.3.4: “Партнерская система как ядро Усилителя интеллекта специалиста”, 2006–2008 гг.

Это вступало в противоречие и со здравым смыслом и с тем, что среди уже реализованных к тому времени систем для решения частных задач оказались такие, которые, хотя и относились к совершенно различным областям медицины (конкретно – кардиология, нефрология, пульмонология, неврология), но содержали существенные пересечения как по языкам описания исследуемых ситуаций, так и по генерируем ими текстам документов и по базам знаний и диагнозам. Все это позволило сделать вывод, что по мере увеличения количества частных систем область перекрытия используемых ими понятий достаточно быстро должна сойтись к вообще используемому в медицине набору понятий. А если так, то это и должно быть положено в основу создания новых автономных систем. С этой простой идеи и началась вторая фаза проекта.

Во второй части проекта, реализуемой в настоящее время под Windows для настольных и карманных компьютеров, главными являются технологии и методы для более эффективного создания новых автономных систем и для создания (на основе автономных систем) интегральной Партнерской системы (**iPS**), способной как встраиваться в другие компьютерные системы, используемые в клиниках, так и включить в себя в перспективе большую часть медицинских знаний, способствуя одновременно их распространению и порождению.

Помимо чисто технических, принципиальные трудности этого этапа связаны с так называемой проблемой смысла, в соответствии с которой смысл воспринимаемый каждым человеком, и слова, которыми он этот смысл выражает, являются в значительной мере индивидуальными и зависящими от личного опыта этого человека. Иными словами, если некто воспринимает нечто и описывает свое восприятие текстом, а кто-то другой (или этот же человек, но через какое-то время) конструирует свое восприятие по этому тексту, то такие восприятия будут различны в тем большей степени, чем больше различаются персональные знания этих людей в этой области (или же – чем большее время прошло).

Далее будут кратко рассмотрены подходы к решению этих двух классов проблем.

## 2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ПАРТНЕРСКАЯ СИСТЕМА (IPS)

Итак, возникло понимание того, что, объединив несколько “зародышевых” **PS** для частных проблем медицины в некое интегральное ядро, можно будет потом из этого ядра, отбрасывая все лишнее, создавать новые **PS** под конкретные задачи, возможно, требующие некоторой их доводки. Но несомненным было то, что такого рода путь создания прикладных **PS** окажется несопоставимо более экономным, чем путь создания с нуля зародышевых систем. Очевидно было, что возникшее интегральное ядро со временем будет расширяться за счет включения в него новых элементов, образующихся при развитии создаваемых прикладных, и это совершенно естественным образом позволит со временем создать такую по объему интегральную **PS**, которая уже в значительной мере или практически полностью сможет охватывать существующее медицинское знание. Таким виделся этот путь в перспективе. Проза жизни оказалась, однако, несколько более суровой и не только потому, что команда, реализующая этот проект, никогда не превосходила четырех–шести человек.

Первый круг выявившихся проблем оказался связан с интерфейсами. В самом деле, пусть интегральное ядро состоит всего лишь из одной прикладной системы, и нам нужно включить в ядро еще одну прикладную систему, точнее – то из нее, чего в существующем ядре еще нет. Т.е. сначала как-то нужно выявить различия между тем, что уже включено в ядро, и тем, что есть во второй системе, а потом добавить в ядро недостающее из второй системы. Казалось бы – в чем проблема? Однако, проблема в том, что и первая система, включенная в ядро и вторая, ожидающая своего включения, оказываются написанными, хотя и по общей технологии создания **PS**, разработанной в первой фазе проекта, но различными людьми или

даже – одним и тем же специалистом, но и в разное время и для разных подобластей его проблемной области, т.е. по сути практически независимо.

В диалогах таких систем сущности описываются косвенно – через задаваемые пользователю вопросы. Такие вопросы ситуационно зависимы, и их форма, включая и варианты ответов, могут в достаточно широких пределах меняться, поэтому совмещение вопросов из разных диалогов должно быть смысловым, а автоматическое оказывается практически невозможным. При этом делать это вручную – хотя и проще чем все заново писать, но все равно достаточно утомительно и сопряжено с большим количеством ошибок, которые в последующем трудно выявлять. То же самое относится и к используемым формализмам и комментариям к ним в базах знаний и генераторах текстов сопрягаемых систем.

Таким образом, проблема совмещения сущностей по их внешним описаниям оказалась первой, которую нам предстояло решить. По смыслу решение оказалось почти тривиальным и связанным с созданием “Базы понятий” (**СВ**) – своего рода справочника по проблемной области. С таким справочником соотносятся все понятия как в интегральном ядре, так и в подключаемых к нему системах. Введение промежуточного элемента такого рода позволяет кардинально уменьшить перебор по совмещению и связанные с ним ошибки, причем все это может достигаться путем использования разного рода смысловых структур и сортировок, что и привычно и достаточно просто в использовании. При этом база понятий становится своего рода стволем или стержнем, вокруг которого организуются все остальные подсистемы **iPS**. Понимая все это, мы, тем не менее, пока не смогли в должном объеме реализовать эту часть технологии.

Вторая проблема, в каком-то смысле несколько более простая, связана с технологией порождения прикладных систем из **iPS** путем отображения **iPS** в проблемную область, интересующую специалиста, решившего создать новую **PS**. И эта проблема решается с помощью неких интерфейсов к базе понятий, позволяющих выбрать из нее требуемые сущности и отобразить их желаемым образом в создаваемую **PS**. Просто выделить в **СВ** и сформировать список интересующих сущностей особых трудностей не представляет, однако такие трудности возникают, когда вместе с отображаемыми сущностями нужно отображать также и связанные с ними структуры подчиненных им сущностей для упрощения синтеза диалогов и необходимые элементы генератора текстов и базы знаний (**КВ**). Собственно, решение, казавшееся единственным, было в том, чтобы сначала создавать заготовку требуемой системы, а потом уже, пользуясь средой разработки исходных систем, доводить такую заготовку до желаемого ее состояния.

Создание диалогов таким образом особых проблем не вызывало, однако, с генераторами текстов и базами знаний порождаемых систем все обстояло много сложнее. В генераторах текстов главные проблемы их создания связаны со связностью и грамматической правильностью порождаемых ими текстов, а в базах знаний проблемы возникают в связи с тем, что входящие в них единицы знаний опираются на часто достаточно далекие по базе понятий и априорно не принимаемые во внимание сущности, выявляемые лишь при более детальном изучении таких единиц знаний. Тем не менее, хоть как-то эти проблемы удалось преодолеть, хотя и не удалось достичь той легкости и изящества, которые исходно ожидалось и которые фактически достигались при синтезе таким образом сценариев диалога для новых систем.

Неожиданное решение, снимающее по сути все эти проблемы, возникло лишь сравнительно недавно, и теперь дальнейшая разработка **iPS** без него уже не мыслится. Суть этого решения заключается в том, что общепроблемное знание в таких областях, как медицина, распадается на ряд сравнительно автономных модулей, внутри которых единицы знаний тесно связаны, а вне – сравнительно слабо, повторяя тем самым синергетичность организации тех сложных систем, к которым эти знания и относятся. Идеи такого рода не новы и в связи с медициной восходят в частности, к работам тридцатилетней давности И.М. Гельфанда с врачами [16],

а в более общем смысле – к более ранним работам И. Пригожина [17], но и врачи этими же идеями пользуются века, организуя таким образом и изучение организма как множества взаимодействующих подсистем и его описание в медицинских книгах и историях болезни.

В нашем случае оказалось, что если создаваемые **PS** рассматривать как композиции неких “смысловых модулей”, связанных со смысловыми модулями описаний сложной системы (организма), ее элементов и функций, то тогда существенно упрощаются все проблемы как создания **iPS**, так и создания на ее основе прикладных **PS**. По сути такие модули становятся элементами конструктора, пользуясь которыми, каждый может собрать ту систему для себя, которую ему хотелось бы иметь. Если же при этом возникают пожелания что-то в таких модулях подправить, упростить или развить и это не требует создания нового смыслового модуля, то сделать это при уже имеющейся технологии создания **PS** оказывается совсем несложным делом, так как в среднем каждый такой модуль будет оперировать всего лишь несколькими десятками первичных сущностей. Это значит, что диалог для их описания в конкретном случае будет включать тоже несколько десятков вопросов, структура сценария диалога будет достаточно простой, простыми же будут и генератор текста и база знаний, что, как теперь уже хорошо известно, кардинально упрощает и их создание и модифицирование. Но и это еще не все – модульность такого рода позволяет и резко упростить взаимодействие пользователя с такого рода системами, открывая возможности для полноценного применения в качестве носителей **PS** уже существующих карманных компьютеров и коммуникаторов с их принципиально небольшими мониторами.

### 3. ПРОБЛЕМА СМЫСЛА

Собственно, к решению проблемы смысла есть два основных подхода: унификация обучения и согласование языков. Исторически и до настоящего времени первый подход доминирует в науке и технологиях. В искусстве и близких к ним видах деятельности доминирует второй подход. Медицина же и сходные с ней виды профессиональной деятельности все в большей мере становятся технологическими, обеспечивая сходство языков в обучении.

С этим прекрасно согласуется и описание проблемных областей смысловыми модулями и разбиение сложных интеллектуальных систем на адекватные таким частям смысловые модули **PS**. Таким образом, можно считать, что проблема смысла и связанная с ней проблема согласования знаний (knowledge matching) в медицине при применении **PS**, конструируемых из смысловых модулей, в значительной мере утрачивает свою остроту. Одновременно модульность таких **PS** и связанная с ней модульность используемых знаний способствует и соответствующему обучению, закрепляющему такого рода принцип, и явно тем самым способствует более эффективному переносу знаний и унификации языка его представления.

### 4. АКТИВНЫЙ ДИАЛОГ

Использование смысловых модулей позволяет не только упростить сборку новых **PS**, но и попутно решает еще одну принципиальной важности проблему – организацию удобного для взаимодействия с пользователем интерфейса. В организации такого взаимодействия – несколько проблем, связанных с тем, что одновременно нужно обеспечить и возможность достаточно детального описания исследуемой ситуации, включающего не десятки, а сотни или даже тысячи свойств, описываемых вопросами сценария диалога, и простоту и естественность ориентации пользователя в этом множестве информации, затрудняемых к тому же ограниченностью размера экрана монитора **PS**, аналогичного в этом случае узкому окошку, через которое пользователь должен получать доступ к нужному в множестве первичных описаний, используемых в диалоге с **PS**.

В исходных версиях **PS** это в какой-то мере достигалось с помощью древовидной структуризации сценария диалога, обеспечивающей и достаточно быстрое привыкание пользователя к такой структуре и достаточно быструю навигацию по ней. Однако, при усложнении решаемых задач достаточно быстро стало ясно, что только этого – абсолютно недостаточно, и требуется что-то еще. Выход был найден в создании над сценарием двумерной панели пиктограмм, соответствующих различным смысловым разделам сценария и обеспечивающим прямой переход на них. По разным оценкам число такого рода пиктограмм (разделов) должно достигать нескольких сотен, если речь идет о достаточно полном описании пациента. Вполне очевидно, что число это достаточно велико, чтобы и матрицей пиктограмм тоже было удобно пользоваться. Переход же к более высокоуровневым структурам над такими матрицами, упрощая что-то с одной стороны, приводит и к дополнительным усложнениям вывода диалога в желаемые смысловые разделы.

Принципиальным решением, позволившим качественно изменить эту ситуацию, но заодно и породившим дополнительные проблемы, оказался переход к “активному” диалогу с **PS**. При активном диалоге задаваемые **PS** вопросы управляются уже не только сценарием диалога, но и теми решениями и готовностью принять решения, которые формируются в базе знаний **PS** на основе уже полученных ею ответов пользователя с описаниями исследуемой ситуации. В активном диалоге **PS** фокусируется на главных гипотезах, не оставляя без внимания и менее явные. А дополнительные проблемы связаны с тем, чтобы получающийся в результате диалог выглядел для пользователя похожим на возможный в совместном исследовании этой же ситуации с коллегой по работе. Эти тонкости по существу лежат уже не в проблемной области специалиста, а в сфере общения, и требуют соответствующего изучения и исследований. Тем не менее, вполне приемлемые результаты уже получены.

Понятно, что всем этим дело не закончится, и потребуются дальнейшие исследования в области создания эффективных интерфейсов с **PS**. В частности, прорабатывается возможность речевого общения пользователя с **PS**. Возможность эта представляется вполне реалистичной в связи с тем, что в каждый момент диалога он касается лишь очень ограниченной области с очень небольшим числом описываемых сущностей. В этих условиях обычно непростые задачи распознавания речи становятся вполне решаемыми при минимальных требованиях, предъявляемых к дикторам.

## 5. АКТИВНЫЕ СПРАВОЧНИКИ И УЧЕБНИКИ

Хотя исходно **PS** задумывалась и создавалась как система, позволяющая порождать осмысленные гипотезы относительно исследуемой специалистом ситуации, достаточно быстро стало ясно, что она же может быть использована и для двух других целей – в качестве “разумного” справочника и обучающей системы, в частности – учебника. И в каждом из этих двух случаев дело сводится лишь к некоторой доработке интерфейса с **PS**, поскольку все остальное в ней (в виде баз понятий, прецедентов и знаний) для такого рода применений или уже имеется или необходимым образом может быть пополнено.

Действительно, с формальной точки зрения какая-то исследуемая ситуация (например – конкретный пациент) ничем не отличается от уточнения смысла какого-то понятия, например – конкретного синдрома или особенностей применения какого-то препарата, поскольку во всех этих случаях требуемое решение-понятие-представление уточняется в диалоге, обеспечивающем получение от пользователя необходимой информации. Причем, в случае справочника активный диалог оказывается ровно тем, что нужно. Аналогичная ситуация и с учебниками, в которых опора на принцип активности диалога позволяет превратить процесс обучения в игру. Это направление нами было лишь частично разработано, но представляется чрезвычайно перспективным.

Понимая все это, в какой-то момент мы осуществили несколько такого рода экспериментов на нескольких кафедрах для студентов и врачей, повышающих свою квалификацию, и в каждом случае были получены практически одни и те же по качеству результаты: резкое увеличение интереса обучаемых к предмету и повышение качества обучения при сокращении его сроков.

Эти эксперименты были связаны с кардиологией, неврологией и пульмонологией - достаточно разнородными дисциплинами, что позволяет считать, что такого рода подход перспективен и оправдан, хотя и требует определенной доработки в интерфейсной части **PS**. Стало ясно, что на этой основе могут быть кардинально изменены и процесс обучения, превращающий обучение в исследовательскую игру, и сами обучающие пособия в виде учебников и справочников, приобретающие черты интеллектуальной активности.

Предварительно было исследовано несколько вариантов такого рода игр, направленных как на изучение первичных понятий на уровне симптомов, так и обобщений на уровне синдромов. Их рассмотрение показало, что создание учебников на этой основе – вполне реальное дело, не требующее непомерных затрат. Аналогичная ситуация возникает и со справочниками, но там акцент делается на приближенный к смысловому поиску нужного, естественно реализуемый в **PS**.

**PS** без существенных натяжек можно считать интеллектуальной системой. Действительно, она обладает знаниями, может вести содержательный диалог, может порождать связные обобщающие тексты и наконец может открывать привязанный к смыслу обсуждаемого справочный материал. Остается еще кое-что в смысле расширения ее языковых возможностей и тогда **PS** сможет обрести черты, открывающие возможности для создания “цифровой копии личности”, представляющей интересы личности в сети и осуществляющей, например, смысловой поиск. Но это – более далекая перспектива.

## 6. НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

С помощью технологий знаний, создаваемых в ИППИ РАН, нами с высококвалифицированными специалистами Главного военного клинического госпиталя им. Бурденко, Первого и Второго медицинских институтов, Института педиатрии и детской хирургии, 52-ой клинической больницы было разработано несколько десятков **PS** для конкретных задач различной сложности и различных областей медицины, включая кардиологию, пульмонологию, нефрологию и неврологию. Эти разработки имели в основном исследовательский характер и были использованы при подготовке докторских и кандидатских диссертаций по соответствующим специальностям. Однако широкого практического применения они пока не нашли, поскольку создавались как автономные системы для помощи врачу в решении лишь некоторых из возникающих перед ним исследовательских задач.

В настоящее время возникала возможность создания на этой основе комплексных решений, обеспечивающих врачам полноценный сбор клинической информации о пациенте, автоматическую генерацию на естественном профессиональном языке истории болезни и других медицинских документов, порождение гипотез, объясняющих наблюдаемое состояние пациента, выдвижение гипотез о рекомендуемых обследованиях и терапии с учетом в том числе и противопоказаний. Причем все это справедливо как для клинических врачей, так и для врачей общей практики.

Одновременно с системами для врачей разрабатывались и системы для пациентов, позволяющие им еще до контакта с врачом сориентироваться в возникшей ситуации, принять кое-какие меры и уже после этого направленно обращаться за более квалифицированной помощью. Такие возможности применений в настоящее время существенно облегчаются тем, что

начавшие широко распространяться так называемые карманные компьютеры и коммуникаторы по своим возможностям уже вполне пригодны для применения **PS**.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переверзев-Орлов В.С., Ващенко Е.А., Витушко М.А., Гервазиева В.Б., Жирова С.Н., Калманова В.П., Стенина И.И., Чикина Е.Ю., “Система комплексной поддержки профессиональной деятельности врача-аллерголога: этап 2”, В трудах конференции “*Фундаментальные науки – медицине*” по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН, 27–29 ноября 2006 года.
2. Ващенко Е.А., Витушко М.А., Мачинский А.Н., Стенина И.И., Переверзев-Орлов В.С., Интегральная партнерская система: состояние проекта. *Международная конференция “Информационные и телекоммуникационные технологии в охране здоровья”*, ИТГНС 2005, Russia, Moscow, October 25–27, 2005, p. 148.
3. Ващенко Е., Витушко М., Переверзев-Орлов В., Усиление интеллекта как альтернатива Искусственному интеллекту. *1ая Международная конференция “Системный анализ и информационные технологии”*, САИТ-2005, 13–15 сент. 2005.
4. Vaschenko E., Vitushko M., and Pereverzev-Orlov V., Potentials of Learning on the Basis of Partner System. “*Pattern Recognition and Image Analysis*”, 2004, vol. 14, no. 1, pp. 84–91.
5. Vitushko M., Gurov N. , and Pereverzev-Orlov V., A Syndrome As a Tool for Presenting Concepts, “*Pattern Recognition and Image Analysis*”, 2002, vol. 12, no. 2, pp. 194–202.
6. Ключев В.М., Саблин В.М., Мальцев Э.Г., Переверзев-Орлов В.С., Стенина И.И., Перспективы развития компьютеризации в Главном военном клиническом госпитале. *Труды научной конференции “Медицинская кибернетика в клинической практике”*, 1999, Стр. 3–15.
7. Vashchenko E.A., Vitushko M.A., Gurov N.D., Pereverzev-Orlov V.S., Stenina I.I., Knowledge and Data Cooperation. “*Pattern Recognition and Image Analysis*”, 1998, vol. 8, no. 2, pp. 25–41.
8. Belikova T.P., Stenina I.I., Yashunskaya N.T., Image Processing and Syndrome Features Analysis for Enhancement of Expert Diagnostic Abilities. “*Pattern Recognition and Image Analysis*”, 1995, vol. 5, no. 3, pp.402–409.
9. Pereverzev-Orlov V.S., Stenina I.I., Trunov V.G.. Syndrome Analysis of Data. *Pattern Recogn. and Image Anal.*, 1993, vol. 3, No. 4, pp. 500–507.
10. Pereverzev-Orlov V., Partner System and Ideas of Pattern Recognition Learning. “*Pattern Recognition and Image Analysis*”, 1992, vol. 2, no. 4, pp. 429–451.
11. Ратнер М.Я., Зубкин М.Л., Балакирев Э.М., Стенина И.И., *Прогнозирование сроков потребности в активных методах лечения при хронической почечной недостаточности. Методические рекомендации*. МЗ СССР, М., 1991, 12 стр.
12. Переверзев-Орлов В., *Советчик специалиста: опыт создания партнерской системы*. Наука, Москва, 1990. стр. 133.
13. Переверзев-Орлов В., Проблемы внедрения партнерских систем в медицине. В *тр. Всесоюзной конференции “Проблемы разработки и внедрения экспертных систем”*, ВНИИНС, Москва, Июнь 1989.
14. Игнатова М., Харина Е., Боровикова М., Переверзев-Орлов В., Возможности предварительной диагностики заболеваний органов мочевой системы при использовании данных селективного скрининга. *Урология и нефрология*, 1986, № 1, 12 стр.
15. Казеровская Э., Переверзев-Орлов В., *Проблемы создания “Советчика врача” на примере задачи формирования диагностических гипотез и плана обследования детей с недифференцированной задержкой психофизического развития*. Препринт ИППИ РАН, 1986, 31 стр.
16. Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Шифрин М.А., *Очерки о совместной работе математиков и врачей*. Серия “Синергетика: от прошлого к будущему”. Изд. 2., 2004, 320 с.
17. Пригожин И., Стенгерс И., *Порядок из хаоса*. М., 1986, с. 50.