

НОВАЯ РУБРИКА

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И ПСИХОЛОГИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЫШЛЕНИЯ ЭКСПЕРТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ.

Е.Л. Вассерман, К.Р. Червинская (Санкт-Петербург)

Аннотация: Рассматриваются психологические аспекты проблемы извлечения экспертных знаний для создания интеллектуальных систем. Приведен обзор исследований, посвященных вопросам проведения экспертизы квалифицированным специалистом, описывается ряд эффектов, наблюдаемых при работе с экспертами, и оказывающих существенное влияние на процесс извлечения знаний. Сформулировано несколько гипотез, возникших в ходе работы авторов по созданию интеллектуальных систем в области психологии, физиологии человека и медицинской диагностики. В рамках этих гипотез обсуждаются роль визуального стимула в процессе извлечения экспертных знаний, стратегии анализа визуальной информации экспертом, влияние опыта эксперта и формулировки вопроса к эксперту на выбор стратегии.

Ключевые слова: инженерия знаний, искусственный интеллект, извлечение знаний, подразумеваемые знания, межполушарная асимметрия.

Моделирование мышления эксперта - одна из центральных задач, решаемых в рамках такого научного направления в области компьютерных наук (Computer Science), как *искусственный интеллект* (Artificial Intelligence). Основная цель этого направления - разработка автоматизированных систем, выполняющих те же функции или решающих те же задачи, что и человек в процессе своей мыслительной деятельности: понимание и синтез речи, анализ и построение изображений, принятие решений в условиях меняющегося окружения и т.д. В настоящее время центральной парадигмой искусственного интеллекта является *концепция знаний*, а интеллектуальной технологией - *обработка знаний*. Суть концепции знаний очень проста: для создания интеллектуальной системы необходимо лишь перенести в компьютер *знания* и *опыт*, накопленные специалистом в той или иной предметной области (врачом, психологом, юристом и т.д.). Однако, разработчики интеллектуальных систем, реализуя на практике такой «перенос», столкнулись с огромным количеством проблем, разрешение которых дало толчок самостоятельному научному направлению - «*инженерии знаний*» [31].

Инженерия знаний (Knowledge Engineering) представляет собой научную дисциплину, изучающую проблемы извлечения, структурирования, представления, формирования, обработки и приобретения знаний с целью построения интеллектуальных систем. Специалиста в предметной области, чьи знания и опыт «извлекаются» инженером по знаниям, называют *экспертом*, а решение экспертом своей профессиональной задачи - *экспертизой*. Под *извлечением знаний*, понимается процедура взаимодействия инженера по знаниям с источником знаний (экспертом, литературой и т.д.), в результате которой становятся явными процесс рассуждений специалистов при принятии решений и структура их представлений о предметной области [6]. По своей сути, инженерия знаний является междисциплинарной наукой, синтезируя исследования как в области *когнитивных наук* (Cognitive Science), в состав которых входят философия, психология и лингвистика, так и в области искусственного интеллекта. Эта статья является обобщением исследований в области инженерии

знаний, касающихся вопросов извлечения знаний и моделирования мышления эксперта, и отражает опыт, накопленный нами в процессе разработки экспертных систем в области психологии, физиологии человека и медицинской диагностики.

Несмотря на то, что вопросы проведения экспертизы специалистом достаточно широко освещены в литературе по психологии [29, 43], извлечение экспертных знаний до сих пор остается «узким местом» (англ. bottleneck - горлышко бутылки [36]) в проектировании интеллектуальных систем [6, 14, 26, 32, 36], что обусловлено некоторыми особенностями мышления эксперта.

Так, общепризнанным является *неосознаваемый характер* экспертного умения: хотя эксперты без ошибок и устойчиво демонстрируют свое умение принимать решения, они не всегда могут объяснить, как это делают и какими правилами при этом руководствуются [15, 30, 38, 43]. Психологические исследования показывают, что такие правила не осознаются, более того, подсознательность этих правил носит фундаментальный характер [41]. Свойство, кажущееся *интуицией* индивида, на самом деле может быть высоко развитой *способностью распознавать образы*. Например, шахматисты высокого класса способны быстро распознавать и восстанавливать в памяти именно игровое расположение фигур на доске, а не случайное [13]. Люди не осознают правила принятия решений, играя в шахматы, формируя впечатления о других людях, в процессе творческого мышления, а также при формировании и распознавании образов, в особенности - невербализуемых. Даже прямые подсказки не позволяют получить от экспертов удовлетворительные объяснения. Описан эксперимент, в котором испытуемые вырабатывали умение быстрее обнаруживать цифры, используя подсказки, спрятанные в условиях задач. Объективная характеристика (время решения задачи) показала, что испытуемые использовали эти подсказки, но они были не способны не только указать на них, но даже установить факт их существования [42]. Из подсознательного характера экспертных знаний следует невозможность их выявления путем *прямого опроса экспертов*.

Известно также, что люди не всегда в состоянии достоверно описать свои мыслительные процессы и только как исключение, а не как правило, человек может объяснить то, что он знает [13]. Описан парадоксальный факт: по мере накопления опыта специалист-эксперт все больше и больше утрачивает умение словесно *выразить, или вербализовать, свои знания* [13].

Как правило, опытные специалисты переходят от описания задачи к ее решению без каких-либо явных *промежуточных рассуждений*. В большинстве случаев это решение не только правильное, но и быстрое. Такая стратегия сильно отличается от «обратной» стратегии, которую обычно используют новички: от цели - к подцелям, от задачи - к достижимым промежуточным состояниям [23]. В ряде работ указывается также, что хороший эксперт обладает знанием тысяч *конкретных ситуаций*, число которых, по приблизительной оценке, достигает 30-50 тысяч [46].

Часть знания вообще невозможно воспринять от эксперта не только потому, что он не может его выразить, но и вследствие того, что он не *осознает его важность* в своей деятельности [7, 30]. При наблюдении за процессом решения задач экспертами можно обнаружить, что они систематически обращают внимание на некоторую информацию, о которой *не сообщают ничего*. Этот эффект известен психологам как *слабая корреляция между вербальными сообщениями и ментальным поведением эксперта* [18]. Многие психологи приходят к выводу о *несостоятельности словесной информации* [24, 25].

Известно, что принятие решений происходит в *кратковременной памяти* человека, объем которой ограничен «магическим» числом 7 ± 2 чанка (чанк - информационный факт, или кластер, которым оперирует человек) [17, 45]. Ограничение объема кратковременной памяти оказывает существенное влияние на систему переработки информации человеком и заставляет людей вырабатывать чанки все более емкие и обобщенные [9], поскольку система обработки информации человеком работает, в основном, последовательно во времени и способна перерабатывать одновременно лишь указанное число чанков. Поэтому, например, то, что выглядит для наблюдателя как *классификация объектов* на большое число классов, в действительности представляет собой *совокупность классификаций* на два-три (обобщенных) класса. Это подтверждается и в экспериментах по изучению системы организации памяти эксперта-мнемониста, запоминавшего большое количество цифр [44]. Как показал анализ, эксперт использовал *иерархическую систему хранения информации*. Вообще, использование иерархических схем является одним из приемов, позволяющих избежать чрезмерной нагрузки на кратковременную память при воспроизведении информации и принятии решений [14]. Ограниченный объем кратковременной памяти заставляет эксперта использовать при классификации те значения *диагностических признаков*, которые наиболее характерны для одновременно рассматриваемых двух-трех классов решений. Некоторые авторы, например, отмечают, что врачи-эксперты часто используют только два значения каждого диагностического признака при дифференциальной классификации (два

класса решений) [40].

В ряде работ указывается на некорректность некоторых наиболее распространенных способов получения информации, таких как присвоение *весов признаков*, присвоение *вероятностей* и т.д., поскольку они ведут к противоречиям, смещениям, ошибкам [14, 39, 47].

Определенное влияние на процесс извлечения знаний оказывает существование так называемого *механизма когнитивной защиты* эксперта, который принято объяснять с позиций *теории личностных психологических конструктов* [19, 37]. В соответствии с этой теорией, сложность устройства модели мира субъекта определяется набором сформированных его сознанием конструктов, приспособляемых к реалиям мира, а преодоление механизма *когнитивной защиты* субъекта связывается с выявлением множества личностных конструктов и исследованием его структуры.

Таким образом, можно отметить ряд эффектов, или явлений, наблюдаемых при работе с экспертами и оказывающих существенное влияние на процесс извлечения знаний:

- 1) подсознательный характер экспертного опыта;
- 2) сложность процесса вербализации;
- 3) достаточно высокая скорость решения экспертом профессиональных задач;
- 4) слабая корреляция между вербальными сообщениями и «ментальным поведением» (mental behavior) эксперта;
- 5) ограниченность объема кратковременной памяти;
- 6) некорректность некоторых способов получения информации (например, назначения весовых коэффициентов или экспертных оценок);
- 7) существование механизма когнитивной защиты.

Все эти обстоятельства и сделали извлечение знаний «узким местом», а его «расширение» - наиболее актуальной задачей при создании систем, основанных на знаниях. Более того, эти трудности дали повод мрачным оценкам количества экспертных систем, которые вообще могут быть реализованы. Основанием для этих оценок являлось как число инженеров по знаниям, которых можно обучить для построения таких систем, так и время, требуемое для создания одной системы [18].

Для преодоления описанных выше проблем в рамках инженерии знаний (как в теоретическом плане, так и в результате практических разработок конкретных систем) создаются так называемые *методы извлечения знаний*, позволяющие перейти от непосредственного общения инженера по знаниям с экспертом к некоторой более формализованной процедуре (форме) взаимодействия.

Во многих работах упоминается около 15 «ручных» (неавтоматизированных) методов извлечения знаний и более 20 автоматизированных [5, 6, 28, 31, 33, 34]. В настоящее время это число значительно выросло. Некоторые методы и системы извлечения знаний опираются на теоретические основы и являются частью некоторой методологии процесса построения интеллектуальных систем, другие носят характер *эмпирических приемов и рецептов*, основываются на здравом смысле и *эмпирическом опыте* и не предполагают определенной методологии разработки интеллектуальных систем. Часть мето-

дов создавалась в рамках таких научных дисциплин, как *системный анализ, принятие решений, анализ данных*, и впоследствии была «взята на вооружение» в инженерии знаний, другие - специально разрабатывались для поддержки извлечения знаний.

Существует множество самых разных классификаций методов извлечения знаний. В некоторых работах основным классификационным признаком является *источник знаний* (эксперт, книги, примеры) [6, 18]. Поскольку основные трудности при извлечении знаний обусловлены отсутствием методики, позволяющей подобрать способ извлечения, необходимый в каждом конкретном случае, была разработана классификация на основе *структурно-функционального подхода* к описанию организации психики и индивидуального опыта [5]. Классификация систем приобретения знаний также осуществлялась с помощью компьютерной системы, в основе которой лежит так называемый метод репертурных решеток [27].

Некоторые авторы выделяют два класса методов извлечения знаний: *прямые* и *косвенные*. Прямые методы представляют собой такую форму взаимодействия, согласно которой эксперту задаются прямые вопросы и записывается все, что он отвечает. В основе косвенных методов лежит недоверие к способности эксперта изложить собственные знания о предметной области с достаточной степенью достоверности; эти методы предполагают использование определенных «посредников» (компьютерных программ, формализованных процедур и др.) при работе с экспертом [5].

Методы извлечения экспертных знаний, на наш взгляд, имеют прямую аналогию с *методами психологической диагностики*. И там, и здесь необходимо получить от человека некоторую информацию, в том числе и ту, которая самим человеком не осознается. В основе методов психологической диагностики лежит процесс, в ходе которого испытуемому предъявляется заранее созданный набор стимулов, объясняется задание, а результаты выполнения этого задания тщательно анализируются. Диапазон таких методов варьируется от *слабоформализуемых* (типа беседы, наблюдения, проективных методов и др.), позволяющих получать во многом неосознаваемую информацию от человека, до *строго формализованных*, стандартизированных методов (тестов), часто построенных на самооценке и сознательном предъявлении желательной для самого испытуемого информации. Методы извлечения знаний в этом смысле, по-видимому, не отличаются от методов психологической диагностики. Парадокс заключается в том, что методы психологической диагностики, ориентированные на извлечение «скрытой» информации (например, проективные методики), плохо поддаются формализации и, естественно, компьютеризации, а методы извлечения знаний, частично заимствованные из психологической диагностики, в результате которых можно получить неосознаваемые знания, полностью формализованные и реализуемые в виде компьютерных программ (например, репертурные решетки с заданным набором конструктов).

Ниже перечислены основные методы извлечения знаний как формы взаимодействия эксперта и инженера по знаниям, которые также имеют различную степень формализованности.

К наименее формализованным методам относятся: лекции, свободный диалог, наблюдение, интервью, анкетирование, анализ протоколов «мыслей вслух», сортировка карточек, экспертные игры и др., а к наиболее формализованным - структурированное интервью, опросники, компьютерные экспертные игры, манипулирование компьютерными графическими образами, семантический дифференциал, репертуарные решетки, многомерное шкалирование, иерархическая классификация и др.

В проводимых нами экспериментах по извлечению знаний эксперта-психолога в области психодиагностики хорошо зарекомендовал себя *метод сортировки карточек* [5, 12]. Суть его заключается в том, что выписанные на карточки понятия (объекты, факты, явления и т.д.) предметной области подлежат сортировке (или классификации) с целью выявления взаимосвязей между понятиями или установления признаков классификации. В зависимости от цели этот метод имеет два варианта.

Первый вариант предполагает, что формулируются некоторые критерии (общие или характерные для исследуемой предметной области), исходя из различных соображений. После этого дается задание: разложить карточки на группы, руководствуясь этими критериями. Так устанавливается взаимосвязь между понятиями, попавшими в одну группу.

Второй вариант, наиболее распространенный, используется тогда, когда сформулировать критерии классификации невозможно. В этом случае эксперту дается задание разложить карточки на группы в соответствии с *интуитивным пониманием семантической близости* понятий. Этот вариант метода позволяет выявлять классификационные признаки (или критерии классификации) в тех ситуациях, когда система понятий представляет собой в высокой степени разнотипную информацию, а сформулировать взаимосвязи между понятиями эксперт затрудняется.

Для извлечения информации, не осознаваемой экспертом, встает вопрос о разработке методов извлечения знаний или способов работы с экспертом, учитывающих исследования, как в когнитивной психологии, так и достижения в области физиологии мозга.

В последние годы специалистами по искусственному интеллекту широко используется так называемая *метафора левого и правого полушарий*, обязанный своим появлением в инженерии знаний, с одной стороны, данным нейропсихологии, в частности, исследованиям по *функциональной асимметрии больших полушарий* головного мозга, а, с другой стороны, бурному и стремительному развитию компьютеров и информационных технологий, в частности, появлению *когнитивной графики* и систем *виртуальной реальности*, являющихся хорошим инструментом для осознания деятельности правополушарных механизмов и позволяющих формировать единое представление о явлениях, событиях, ситуациях на основе знаний различной модальности (зрительной, слуховой, тактильной и т.д.) [21].

Известные со времен Х. Джексона и В.М. Бехтерева различия в функционировании правого и левого полушарий, в настоящее время являются предметом обширных и разносторонних исследований, которые объединяются общей

проблемой под названием «функциональная асимметрия полушарий» [16 и др.].

В литературе представлен ряд критериев (*дихотомий*), по которым различается процесс переработки информации полушариями головного мозга [3].

1. Дихотомия по принципу «вербальное-невербальное» - доминирование левого полушария (для праворуких) при восприятии речевого (вербального) стимульного материала и доминирование правого полушария при восприятии наглядно-образного (визуального) стимульного материала.

2. Дихотомия по принципу восприятия простых, хорошо знакомых стимулов (левое полушарие) и сложных в перцептивном отношении, трудноразличимых, малознакомых стимулов (правое полушарие).

3. Дихотомия по принципу оценки временных (левое) и пространственных (правое) параметров стимулов.

4. Дихотомия по принципу анализа (левое) и синтеза (правое).

5. Дихотомия по принципу последовательного восприятия стимулов (левое) и одновременного их восприятия (правое).

6. Дихотомия по принципу абстрактного восприятия (левое) и конкретного восприятия (правое).

В рамках метафоры правого и левого полушарий, вводят условные термины «*левостороннее*» и «*правостороннее*» («левополушарное» и «правополушарное») мышление. Конечно, это не означает, что у человека существует как бы две различные системы мышления: мышление - процесс единый, в котором одновременно участвуют оба полушария головного мозга. Специфические же механизмы мышления удобно условно объединять в группы, называемые левосторонними и правосторонними механизмами мышления [20].

С точки зрения метафоры правого и левого полушарий проблема выявления стратегий экспертных рассуждений может получить, в определенном смысле, новое понимание. Знание некоторых гипотез, касающихся функционирования правополушарных механизмов, является предпосылкой для разработки методов извлечения знаний (как компьютерных, так и «ручных») и приемов работы с экспертом, применение которых будет способствовать извлечению информации, неосознаваемой экспертом. Наш опыт по разработке экспертных систем позволяет сформулировать ряд таких гипотез, использование которых существенным образом повлияло на проведение работ по выявлению стратегий экспертных рассуждений.

Первая гипотеза - гипотеза о ведущей роли *визуального стимула* в процессе выявления экспертных рассуждений. Этот феномен хорошо согласуется с положением *гештальт-психологии* [10] о том, что «озарение» («усмотрение», «insight») тесно связано с некоторой особенностью структуры - с тем, что она должна носить оптический, зрительный характер. Практически это значит, что если в предметной области можно найти визуальный образ, с которым работает эксперт в процессе решения профессиональных задач, то именно этот визуальный образ следует использовать в первую очередь в процессе выявления экспертных рассуждений. Суть гипотезы, казалось бы, очевидна,

однако, как показали наши эксперименты в области психодиагностики, эксперт не всегда осознает (или не считает важным отметить), что основным источником понимания ситуации для него является именно «картинка».

В области психодиагностики при создании компьютерных версий тестовых методик, в частности, при построении моделей, реализующих компьютерную интерпретацию результатов исследования, такими «картинками» оказались визуальные представления результатов тестирования испытуемых - «профиль» ММРІ (Миннесотский многошкальный личностный опросник) и «круг типов поведения» в методике Т. Лири [4].

В некоторых предметных областях анализируемые визуальные образы достаточно осознаваемы. В качестве примера можно привести работы по моделированию экспертных рассуждений при создании экспертной системы анализа и интерпретации электроэнцефалограмм [2, 8]. В данном случае понимание того, что эксперт принимает решения на основании просмотра электроэнцефалограммы, не вызывает сомнения, и задача сводится к тому, чтобы на основании визуального восприятия врачом электроэнцефалограммы выработать некоторое вербализуемое представление, общее для всех анализируемых кривых.

Вторую гипотезу можно сформулировать как гипотезу о существовании двух стратегий анализа визуальной информации.

Первая стратегия, которую условно можно назвать *аналитической*, предполагает анализ «картинки» с целью принятия решений путем выделения и обобщения всех значимых *элементарных признаков*. В рамках метафоры левого и правого полушарий такая стратегия характерна для левополушарных механизмов.

Вторая стратегия - *синтетическая*, - основана на интерпретации *целостных образов*. В рамках метафоры левого и правого полушария такая стратегия характерна для правополушарных механизмов.

В связи с этим, интересны эксперименты по исследованию психологических механизмов формирования понятий [22]. Суть экспериментов заключается в том, что субъект сталкивается с новым для него классом объектов и учится выделять его среди прочих. Для проведения эксперимента создается набор многомерных объектов (изображений), каждый из которых представляет собой комбинацию определенных значений признаков: величины, формы, цвета, количества, расположения фигур и т.д. Весь набор разбивается на классы (как правило, на два) по некоторому основанию, которым присваивается какое-нибудь условное название. Объекты двух классов перемешиваются и предъявляются испытуемому в случайном порядке. Анализ результатов экспериментов позволил сделать вывод о том, что человек способен решать задачи распознавания двумя существенно различными способами. Один из них является наглядно-интуитивным (синтетическая стратегия), а другой - словесно-логическим (аналитическая стратегия). Соответствующие внутренние психологические механизмы были обозначены автором как *суммация* и *активный поиск*.

Механизм суммации действует на уровне восприятия, которое постепенно меняется так, что существенные признаки класса становятся

субъективно наиболее сильными. Человек сосредотачивает на них свое внимание, абстрагируясь от несущественных признаков. Этому способствуют объективные условия: существенный признак или набор таких признаков присутствует во всех объектах данного класса, тогда как несущественные признаки варьируют случайным образом.

Активный поиск протекает на уровне логического мышления. В простейшем случае человек поступает следующим образом. Выбрав один из признаков, который присутствовал в образце, он дает положительный ответ, если вновь предъявляемый объект содержит его (т.е. относит его к тому же классу) и отрицательный - если не содержит (т.е. относит к другому классу). Когда гипотеза не подтверждается, выбирается другой признак, и так продолжается до тех пор, пока не будет найдено правильное решение.

На основании использования моделей были сделаны, а затем эмпирически проверены разные предсказания о характере мыслительных действий испытуемого. Модель суммации предполагает постепенное формирование ассоциаций и, соответственно, постепенный рост доли правильных ответов. Субъективным критерием выступает ощущение похожести. Встречались испытуемые (особенно часто - дети), которые, выйдя на уровень практически безошибочных действий, сразу по окончании опыта затруднялись сформулировать принцип или указывали на несущественные признаки. При модели активного поиска переход из одного состояния в другое происходит скачком. Отличается и степень вербализации принципа: проверка гипотез целиком протекает на сознательном уровне, а в ходе опыта испытуемый часто невольно высказывает свои гипотезы вслух. Решив задачу, он без колебаний называет отличительный признак класса.

Для иллюстрации использования этих стратегий (а также их сочетания) приведем некоторые методы диагностики в медицине, окончательное заключение по данным которых дается врачом на основании анализа визуальной информации. К таким методам относятся, прежде всего, электрофизиологические (в их классическом варианте с использованием различных самописцев) и лучевые (формирующие изображение, легко соотносимое со структурой органов и частей тела человека). И в том, и в другом случае, анализ графически представленной прибором информации может производиться двумя различными, но взаимодополняющими путями: выделением, анализом и обобщением всех значимых элементарных признаков (аналитический путь) или интерпретацией целостных визуальных образов (синтетический путь). По тому, как и в каком соотношении используется в своей работе специалист эти два пути (две стратегии), задачи по анализу данных можно условно разделить на три группы: требующие использования преимущественно аналитической стратегии, требующие использования преимущественно синтетической стратегии и требующие использования определенного сочетания этих стратегий.

Примером задачи первого типа является анализ электрокардиограммы. На кривой выделяются два или три одиночных и три формирующих комплекс «зубца» (одно-, двух- или трехфазные волны), следующих друг за другом в определенной последовательности, опреде-

ляемой фазами сердечного цикла. Известны диапазоны значений элементарных признаков (длительности, амплитуды и формы волн и периодичности их появления), соответствующих как вариантам нормы, так и различной патологии. Целостные визуальные образы легко воспринимаются специалистом, но анализ производится на уровне отдельных признаков, набором которых исчерпывающе описываются образы. В процессе обучения студентов опытный специалист также оперирует отдельными признаками, лишь в некоторых случаях прибегая к образности.

Пример задачи второго типа - анализ рентгенограммы. Элементарными признаками в этом случае являются интенсивности окрашивания (обычно по черно-белой шкале) в каждой доступной разрешению прибора точке изображения. Анализ рентгенограммы осуществляется на уровне образов, соотносимых с анатомическими структурами. Выделение отдельных признаков производится специалистом в очень редких случаях, так как при разложении на признаки на рентгенограмме уже не могут быть распознаны диагностически значимые образы и, следовательно, рентгенограмма не может быть проинтерпретирована. При обучении студентов также используются лишь визуальные образы и их словесное описание.

Пример задачи третьего типа - анализ электроэнцефалограммы. Элементарными признаками, как и в электрокардиографии, здесь являются длительность, амплитуда и форма волн. Существуют, однако, признаки второго, третьего и больших порядков, причем часто именно они несут основную диагностически значимую информационную нагрузку. К таким признакам относятся различные сочетания волн, образующие «ритмы», «комплексы» и т.д., имеющие более или менее четкое признаковое описание, но распознаваемые специалистом уже как целостные визуальные образы; паттерн электроэнцефалограммы в целом также воспринимается опытным специалистом как некий образ. Эти образы поддаются описанию элементарными признаками без потери значимости, но чем сложнее образ, тем труднее специалисту формализовать его описание. Обучение электроэнцефалографии происходит так: и опытный специалист, и студент оперируют, преимущественно, признаками низкого порядка, но в дальнейшем, по мере накопления опыта, молодой специалист все более активно использует в работе вторую, синтетическую стратегию, что приводит и к существенной экономии времени, и, в ряде случаев, к диагностически более ценным выводам.

Интересно, что для студентов на начальных этапах обучения наиболее простым оказывается восприятие, анализ и интерпретация сложнейшего (по количеству элементарной информации) из изображений - рентгенограммы, вероятно, потому, что при этом используется только одна стратегия (синтетическая), а воспринимаемые и анализируемые рентгеновские образы легко соотносятся с также визуальными анатомическими образами. Более сложным является обучение анализу (преимущественно, с использованием аналитической стратегии) сравнительно простого электрокардиографического сигнала, а наибольшие трудности вызывает обучение решению задач третьего типа - как в электроэнцефалографии, когда опытный специалист в работе

использует преимущественно синтетическую стратегию, а начинающий - аналитическую.

Мы попытались оценить объем информации, содержащейся в одной электрокардиограмме, рентгенограмме и электроэнцефалограмме, принимая значимые для диагностики и необходимые для их исчерпывающего формализованного описания признаки за элементарные, как это указано выше. Процедура расчета объема информации заключается в том, что каждому элементарному признаку ставится в соответствие необходимое для его измерения количество *бит* (единиц количества информации). При таком подходе электрокардиограмма содержит до 10 килобит, рентгенограмма - порядка сотен мегабит, электроэнцефалограмма - порядка одного мегабита.

Такое распределение описанных методов по объему содержащейся информации перекликается с результатами исследований Г. Саймона [44] и хорошо согласуется с отражающими функциональную асимметрию полушарий дихотомиями (дихотомия по принципу восприятия простых, хорошо знакомых стимулов для левого полушария и сложных в перцептивном отношении, трудноразличимых, малознакомых стимулов - для правого, а также дихотомия по принципу последовательного восприятия стимулов для левого полушария и одновременного их восприятия - для правого) [3].

Описанные выше примеры также позволяют нам сформулировать гипотезу о влиянии опыта эксперта на выбор стратегии анализа визуальной информации.

Психологические исследования по изучению человеческого опыта на основании сравнения когнитивных структур новичков и опытных специалистов показали, что когнитивные структуры профессионалов мало чем различаются между собой и сильно отличаются от когнитивных структур новичков [13]. По-видимому, эти различия в значительной мере обусловлены выбором стратегии, используемой в своей деятельности опытным специалистом.

В связи с этим, приобретает особую важность описанный выше метод «сортировки карточек». Если карточками считать «картинки» электроэнцефалограмм, то использование второго варианта метода, предполагающего сортировку «картинок» в соответствии с интуитивным пониманием семантической близости (в данном случае - «похожести» кривых на уровне восприятия), может существенно облегчить выявление паттернов, имеющих диагностическое значение, особенно если такую работу выполняет опытный специалист, использующий в своей деятельности синтетическую стратегию.

Интересно, что, по словам проф. Е.А. Жирмунской, одного из опытейших российских нейрофизиологов, создание получившей широкое распространение классификации электроэнцефалограмм [11] начиналось с разложения архивных кривых по группам на основании «похожести» целостного паттерна ЭЭГ (выступление на симпозиуме «Традиционная и компьютерная электроэнцефалография: тенденции взаимодополнения», Санкт-Петербург, 10-12 октября 1995г.). Оптимальный подход, с помощью которого производилась классификация, был выбран интуитивно и не отождествлялся с известным теперь в области инженерии знаний методом «сортировки карточек». Этот факт еще

раз подчеркивает ценность метода сортировки карточек (даже если он применяется неосознанно) и отчетливо показывает, как старые методы извлечения знаний могут обрести новый смысл в свете формулируемых нами гипотез, учитывающих отражающие функциональную асимметрию полушарий дихотомии.

Четвертой важной гипотезой, которую можно использовать в инженерии знаний, является гипотеза о влиянии формулировки вопроса на процесс выявления экспертных рассуждений.

Смысл этой гипотезы заключается в том, что на выбор стратегий экспертных рассуждений может оказывать влияние не только опыт эксперта или сама задача, как это было показано выше, но и *формулировка вопроса*, заданного эксперту во время анализа визуальной информации. Вероятно, хорошее владение естественным языком, умение использовать некоторые специальные языковые приемы столь же важно для инженера по знаниям, сколь это важно, например, для психолога или врача [1].

В экспериментах по исследованию психологических механизмов формирования понятий [22] были раскрыты факторы, обуславливающие преобладание одной или другой стратегии. Эти факторы можно отнести к трем классам: *стимульные, ситуационные и субъективные*. Простота объектов и дискретность признаков благоприятствуют активному поиску. Увеличение числа признаков, их качественная неопределенность создают условия для проявления механизма суммации. Существенным моментом явилось то, что с помощью предварительной инструкции (формулировки задания или вопроса) можно было избирательно направлять поиск по одному из двух путей. В зависимости от установки, определяемой формулировкой вопроса, происходил «запуск» либо механизма суммации, либо механизма активного поиска.

В наших экспериментах в области психодиагностики, проводимых по извлечению стратегий рассуждений эксперта при интерпретации «профиля» личности по ММРП, существенной оказалась формулировка вопроса, заданная эксперту в тот момент, когда он рассматривал рисунок очередного «профиля». И если раньше спрашивалось, что можно сказать о такой конфигурации профиля (естественно, эксперт мог сказать многое, но не основное), то вопрос, способствующий выявлению *основного гештальта* эксперта звучал следующим образом: «Что можно увидеть на профиле?». Интересно, кстати, что глагол «видеть» (в английском языке - «to see») имеет значение не только видеть, но и понимать.

В заключение отметим, что в этой статье мы изложили лишь одну из точек зрения на проблему извлечения знаний и опыта эксперта, отражающую те трудности, с которыми сталкиваются специалисты в инженерии знаний при разработке интеллектуальных систем в области психологии, физиологии человека и медицинской диагностики. Сформулированные в работе гипотезы могут способствовать более глубокому пониманию инженером по знаниям мышления эксперта, вопросов проведения экспертизы, созданию на этой основе методов извлечения знаний, применение которых позволит извлекать неосознаваемую экспертом информацию, и, тем самым, разрешению проблемы моделирования

экспертных рассуждений, построению адекватных моделей в различных предметных областях и успешному проектированию интеллектуальных систем.

Литература

1. Вассерман Е.Л. О речевой культуре врача//Экология человека. - 1996. - № 1. - С.31-33.
2. Вассерман Е.Л., Геппенер В.В., Голубев А.Б., Осипов К.Л. Применение структурного метода при автоматическом анализе электроэнцефалограмм//Новые диагностические технологии. Организация службы функциональной диагностики: Материалы I республиканской научно-практической конференции по функциональной диагностике 8-10 октября 1996 г. - М., 1996. - С. 103.
3. Вассерман Л.И., Дорофеева С.А., Меерсон Я.А. Методы нейропсихологической диагностики. - СПб: Стройлеспечать. 1997. - 304 с.
4. Вассерман Л.И., Дюк В.А., Иовлев Б.В., Червинская К.Р. Психологическая диагностика и новые информационные технологии. - СПб.: Стройлеспечать. 1997. - 203 с.
5. Волков А.М., Ломнев В.С. Классификация способов извлечения опыта экспертов//Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. - 1989. - № 5. - С. 34-44.
6. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. - М.: Радио и связь. 1992. - 200 с.
7. Гельфанд И.М. Обзор некоторых задач медицинской диагностики и прогнозирования//Вопросы кибернетики. Применение математических методов и вычислительной техники в кардиологии и хирургии. - М. 1983.
8. Геппенер В.В., Голубев А.Б., Вассерман Е.Л. Использование иерархического подхода при построении экспертной системы интерпретации энцефалограмм человека//Известия ГЭТУ: Сб. н. тр. - СПб. - 1995. - Вып. 489. - Структуры и математическое обеспечение специализированных вычислительных средств. - С.69-72.
9. Грановская Р.М. Восприятие и проблемы памяти. - Л.: Наука. 1974.
10. Ждан А.И. История психологии: от античности к современности. Учебник для студентов психологических факультетов университетов. - М.: Российское педагогическое агентство, 1997. - 442 с.
11. Жирмунская Е.А., Лосев В.С. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. - М.: Наука, 1984. - 81 с.
12. Иовлев Б.В., Червинская К.Р., Щелкова О.Ю. Формальная методология стадии концептуализации на примере системы АВТАНК-ЛИП//II Всесоюзная конференция «Искусственный интеллект-90». Круглые столы. - Минск. 1990. - С. 66-70.
13. Кук Н.М., Макдональд Д. Формальная методология приобретения и представления экспертных знаний//ИИЭР. - Т.74. - N 10. - 1986. - С.145-155.
14. Ларичев О.И. Моргоев В.К. Проблемы, методы и системы извлечения экспертных знаний: Обзор//Автоматика и телемеханика - 1991. - № 6. - С. 3-27.
15. Ларичев О.И. Компьютерная имитация человеческих рассуждений в задачах классификации//ИТИ. - Сер.2 / ВИНТИ. - 1996. - № 9. - С. 1-4.
16. Лурья А.Р. Основы нейропсихологии. -

М.: Изд-во МГУ, 1973. - 376 с.

17. Миллер Д. Магическое число семь плюс или минус два//Инженерная психология. - М.: Прогресс, 1964. - С. 192-225.
18. Осипов Г.С. Информационные технологии, основанные на знаниях//Новости искусственного интеллекта. - 1993. - № 1. - С. 7-41.
19. Петренко В.Ф. Психосемантика сознания. - М.: Изд-во МГУ. 1988. - 208 с.
20. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь. 1989. - 184 с.
21. Поспелов Д.А., Литвинцева Л.В. Как совместить левое и правое//Новости искусственного интеллекта. - 1996. - № 2. - С. 66-71.
22. Соловьев А.В. Когнитивная психология и искусственный интеллект (научно-аналитический обзор). М.: ИНИОН РАН, 1992. - 77 с.
23. Atkinson R.L., Atkinson T.G., Smith E.E, Bem F.G. Introduction to Psychology. - Fort Worth: Harcourt D. Jovanovich College Publ, 1993.
24. Bainbridge L. Verbal reports as evidence of the process operator's knowledge//International Journal of Man-Machine Studies. - 1979. - V. 11. - № 4. - P. 411-436.
25. Bainbridge L. Asking questions and accessing knowledge//Future Computing Systems. - 1986. - V. 1. - № 2. - P. 143-149.
26. Boose J.N. Expertise Transfer for Expert System Design. - N-Y.: Elsevier, 1986. - 312 p.
27. Boose, J.H.. A survey of knowledge acquisition techniques and tools//Knowledge Acquisition. - 1989. - V. 1. - № 1. - P. 39-58.
28. Broadbent D.E. et al. Implicit and explicit knowledge in the control of complex system//British J. of Psychology. - 1986. - V. 77. - P. 33-50.
29. Collins H.M. Replication and Induction in Scientific Practice. - London.: Sage Publication, 1985.
30. Dixon N. Preconscious Processing. - Chichester (UK): John Wiley & Sons, 1981.
31. Feigenbaum, E. Knowledge engineering: the applied side of artificial intelligence//Stanford: Stanford University, Department of Computer Science. STAN-CS-80-812, 1980.
32. Feigenbaum E.A., McCorduck P. The 5-th Generation. Massachusetts. - Addison Wesley, 1983.
33. Gammack J.G., Young R.M. Psychological techniques for eliciting expert knowledge//Research and Development in Expert Systems/Ed. M.A. Bramer. Cambridge: Cambridge University Press. - 1984. - P. 105-112.
34. Hart A. Knowledge Acquisition for Expert Systems. - London: Kogan Page, 1986.
35. Hawkins D. An analysis of expert thinking//Int. J. of Man-Machine Studies. - 1983. - V. 18. - № 1. - P. 1-47.
36. Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. Ed. Building Expert Systems. - Massachusetts: Addison-Wesley, 1983.
37. Kelly G.A. The Psychology of Personal Constructs. - N-Y.: Norton, 1955.
38. Kihlstrom J. The Cognitive unconscious//Science. - 1987. - V. 237. - P. 1445-1451.
39. Larichev O., Moshkovich H., Rebrik S. Systematic research into human behavior in multiattribute object classification problems//Acta Psychologica. - 1988. - V. 68. - P. 171-182.
40. Lemieux M., Bordage G. Professional ver-

sus structural semantic analysis of medical diagnostic thinking//Cognitive Science. - 1992. - V. 16. P. 198-204.

41. Lewicki P., Hill T., Czyzewska M. Non-conscious acquisition of information//American Psychologist. - 1992. - June. - P. 796-801.

42. Ling C.X., Marinov M.A. Symbolic model of the nonconscious acquisition of information//Cognitive Science. - 1994. - V. 18. - P. 595-621.

43. Nisbett R.E., Wilson T.D. Telling more than we can know: verbal report of mental processes//Psychological Review. - 1977. - V. 84. - P. 231-259.

44. Richman H., Staszewski J., Simon H. Simulation of expert memory using EPAM IV//Psychological Review. - 1995. - V. 102. - № 2. - P. 305-330.

45. Simon H.A. How big is a chunk?//Science. - 1974. - V. 183. - P. 482-488.

46. Simon H. A. Information-processing theory of human problem solving//Handbook of Learning and Cognitive Processing. - 1978. - V. 5: Human Information Processing. - P. 271-295.

47. Tversky A., Kaheman D. Judgment under uncertainty: heuristic and biases//Science. - 1974. - V. 185. - P. 1125-1134.

PSYCHOLOGICAL ASPECTS of MODELING of THINKING of the EXPERT at the DECISION of TASKS of the ANALYSIS and INTERPRETATION of the VISUAL INFORMATION.

E.L. Vasserman, K.R. Chervinskaja (St.-Petersburg)

The summary: The psychological aspects of a problem of extraction of expert knowledge for creation of intellectual systems are considered. The review of the researches devoted to questions of realization of examination by the qualified expert is given a line of effects noticed at work with the experts, and rendering essential influence on process of extraction of knowledge is described. Some hypotheses which have arisen during work of the authors on creation of intellectual systems in the field of psychology, physiology of the man and medical diagnostics are formulated. Within the framework of these hypotheses are discussed a role of visual stimulus during extraction of expert knowledge, strategy of the analysis of the visual information by the expert, influence of experience of the expert and formulation of a question to the expert on a choice of strategy.

Key words: Knowledge engineering, artificial intelligence, extraction of knowledge meant knowledge, brainasymmetry.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОСМЫСЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ В ОБРАЗОВАНИИ

Т.Г. Бохан, Н.В. Козлова (Томск)

Аннотация: Обсуждаются особенности инновационных подходов к образованию и теоретические основания их психологической экспертизы. Постулируются принципы личностного подхода к участникам образовательного процесса. Теоретически осмысливаются пути гуманизации и гуманитаризации образования. Ставится проблема валидности психологической экспертизы и ее критериальных оснований.

Ключевые слова: Психологическая экспертиза, инновация, личностный принцип, образовательные ценности, творчество, продуктивность.

Отталкиваясь от общепринятого мнения, что конец XX века - это период «глобальных инноваций» во всех областях культуры, экономики, техники, общественной и индивидуальной жизни, обращение к проблеме педагогических инноваций следует считать достаточно актуальным. В российском образовании провозглашен сегодня принцип вариативности, который дает возможность педагогическим коллективам выбирать и конструировать учебный процесс по любым инновационным моделям, включая авторские. Это, несомненно, прогресс образования: разработка различных вариантов его содержания, использование современных достижений психолого-педагогической культуры, научная и практическая разработка инновационных идей и технологий. Инновационное обучение трактуется с позиции современного образования как обучение, ориентированное на создание готовности личности к быстро наступающим переменам в обществе, готовности к неопределенному будущему за счет развития способностей к творчеству, к разнообразным формам мышления, а также способности к сотрудничеству с другими людьми.

Необходимость личностной ориентации обусловлена, как требованиями развития общества в целом, так и негативными результатами традиционной школы: социальное отчуждение; отход учеников от ценностей образования во все более раннем возрасте; низкая психологическая готовность к позитивным переменам в обществе и противостоянию деструктивным позициям (более 70% детей и подростков не имеют психологической защиты перед соблазнами алкоголизма и наркомании); все больший процент детей не завершает среднего образования, снижается готовность к обучению в высшей школе, выпускники заканчивают школу с отклонениями в психическом и соматическом здоровье.

Стратегии инновационного обучения, призванные раскрепостить личность и учителя и учащихся, подкрепленные реальным и адекватным психолого-педагогическим участием, могут явиться гарантом сохранения здоровья школьников, их психологической полноценности и успешности в мире. Наиболее перспективный личностный тип, с нашей точки зрения, - это человек, имеющий знания об окружающей действительности и умеющий познавать мир, имю-