

С. Б. Румовская

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗА ПРОБЛЕМНОЙ СИТУАЦИИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Рассмотрены актуальность и перспективы моделирования образа диагностической медицинской проблемы посредством имитации смешанных, интегрированных визуально-образных и вербально-знаковых представлений о проблеме экспертами, а также имитации коллективного реструктурирования редуцированного представления проблемы методами гибридных интеллектуальных систем как систем поддержки принятия диагностических решений с когнитивной визуализацией проблем, встающих перед специалистом-врачом.

The paper considers the topicality and challenges of the approach for improving the quality of diagnosis by modelling of the image of diagnostics medical problem as an imitation of integrated combined visual-figurative and verbal-sign representations of the diagnostic problem by experts, and also by modelling collective restructuring of the reduced representation of the problem according to the conception of the council using hybrid intelligent systems as diagnostic decision support systems with cognitive visualization of medical diagnostic problems.

Ключевые слова: диагностическая проблема, декомпозиция, когнитивная графика, визуальное мышление, психолингвистика, когнитивная лингвистика, гибридные интеллектуальные системы.

Keywords: a diagnostic problem, decomposition, cognitive graphics, imaging thinking, psycholinguistics, cognitive linguistics, hybrid intelligent systems.

Введение

Проблемы — аморфное образование, без предзадания, формулируемое динамически, по ходу решения. Экспериментально установлено [1], что медицинские эксперты представляют проблему как образ тесно связанной и иерархически выстроенной системы задач и обслуживающих их подзадач, предполагающих наличие знания о их решении. Положение дел усугубляется отсутствием в современной когнитивной психологии, лингвистике, компьютерной графике и инженерии медицинских образов заметных результатов по репрезентации образов и механизмов решения задач и проблем предметно-схемными, наглядными изображениями с выдачей вербально-знаковых, предикативных высказываний о диагнозе.

Отсюда актуально исследование когнитивных структур и механизмов человека, специалиста в медицине, которое позволит сделать процессы преодоления диагностической проблемы видимыми, контрастными, а разработка на их основе функциональных гибридных интел-



лектуальных систем (ГиИС) с когнитивным моделированием диагностической проблемы позволит подойти к сглаживанию противоречивых показаний аппаратуры, снизит число врачебных ошибок, повысит качество и, соответственно, безопасность медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия диагностических решений.

Состояние исследований в области субъектно-ориентированного моделирования образа проблемной ситуации

78

Неотъемлемая часть деятельности эксперта-врача — поиск диагностических решений в условиях большого числа показателей состояния здоровья пациента и внешних факторов, неоднозначности в определении критериев оценки состояния объекта диагностики и противоречивости ситуации. Качество моделирования деятельности врача зависит от научной картины мира диагностики, психологии, лингвистики, инфокоммуникаций. Однако исследователи и разработчики зачастую ригидны во взглядах и не соотносят свою работу с новой картиной мира [2], которая подразумевает принципы гетерогенности, неопределенности границ, относительности любой иерархии, дополнительности и сотрудничества, полицентризма, относительности знания, соответствия диагностики сложности объекта. Отсюда возникает необходимость в междисциплинарных подходах, интегрирующих знания по гибридным и синергетическим интеллектуальным системам, системам поддержки принятия решений, визуальному мышлению, психолингвистике, когнитивной лингвистике, когнитивной компьютерной графике (ККГ) и инженерии образов.

Работы по ГиИС написаны такими авторами, как А. Н. Борисов, А. В. Гаврилова, С. Гунэтилэйка, А. В. Колесников, С. Кхеббал, Д. А. Поспелов, В. Б. Тарасов, И. Б. Фоминых и др. Все они связаны с термином «искусственный гетерогенный коллектив» (ИГК) [3], который введен А. В. Колесниковым. ИГК имитируют отдельные линии рассуждений, а также интегрируют их в общее решение, тем самым моделируя работу естественного коллективного интеллекта, которому присущи разнообразие, сотрудничество, дополнительность и относительность знаний. Подобные коллективы гетерогенны и решают проблемы более эффективно.

Исследования визуального мышления Р. Арнхейна, Д. Пинка, Д. Розма, Д. Сиббета и др. нацелены на развитие правополушарных способностей: совмещение частей в целое, синтез, а не анализ, распознавание отношений между разрозненными предметами, генерация нового посредством слияния разрозненных элементов. Д. Сиббет [4] выделяет свойства работы со зрительными образами и графическими метафорами, помогающие задействовать визуальное мышление. Д. Розм [5] в решении проблемы выделяет шесть компонентов, на множестве которых установлены связи. В основе подхода лежат система координат 6W, которая соотносится с человеческим зрением («кто / что», «сколько», «когда», «где», «как», «почему / зачем»), а также генерация изображений для каждого компонента.



Исследования когнитивной компьютерной графики и инженерии образов связаны с работами А.А. Башлыкова, Ю.Р. Валькмана, А.А. Зенкина, Д.А. Поспелова, Б.А. Кобринского, О.П. Кузнецова, И.Б. Фоминых, В.М. Хачумов и др. Д.А. Поспелов [6] сформулировал три основных задачи когнитивной компьютерной графики: 1) создание моделей представления знаний с единообразием отображения объектов, характерных для логико-математического мышления, и образов-картин, которыми оперирует визуально-пространственный интеллект; 2) визуализация тех человеческих знаний, для которых пока невозможно подобрать текстовые описания; 3) поиск путей перехода от наблюдаемых образов-картин к формулировке гипотезы о тех механизмах и процессах, которые скрыты за динамикой наблюдаемых картин.

Известны прикладные разработки когнитивной компьютерной графики. Так, в работах В.М. Хачумова [7] по когнитивной визуализации состояний контролируемых объектов многомерные данные с помощью ЭВМ соотносятся в когнитивный графический образ в виде интегральных функциональных профилей или сцен. Например, обеспечивается непрерывный контроль состояния пациента посредством визуализации состояния и допустимых пределов процесса трехмерными образами (звездами) для заболевших бронхиальной астмой. При ухудшении дыхания звезда, увеличиваясь, становится более цельной, при росте температуры или частоты пульса концы звезды вытягиваются, в случае увеличения параметров газов в крови звезда увеличивается с возможным изменением общей структуры, но без выраженного эффекта сглаживания или разделения.

Известны работы Б.А. Кобринского [8] над проблемами образных представлений специалистов в медицине и включения визуальных образов в базы знаний интеллектуальных систем. Он подчеркивает актуальность создания гибридных визуализированных баз знаний на основе логико-интуитивно-образных представлений, в которых образные представления могут быть в виде: 1) комплексно описанных ситуаций-аналогов, включая метафорически представленные (диагностически значимые) интегральные проявления патологического процесса; 2) специфических проявлений болезни в форме ассоциирующих признаков; 3) визуализированных проявлений болезни (рисунки, фотографии и др.). Кобринский предлагает включать в базу знаний ряды визуальных образов: аналоги и/или прецеденты дополняют вербализованные понятия и на основе сходства с изображениями (фотографиями) больных при определенных заболеваниях способствуют принятию диагностических решений. При этом визуальные образы будут контекстно зависимы от традиционных вербализованных знаний. Возможна и обратная ситуация — последующая «привязка» традиционных описаний уже к изображениям, включенным в дифференциально-диагностический ряд для принятия окончательного решения.

В работах Э. Варделл с соавторами [9] описана система визуальной поддержки диагностических решений после постановки предварительного диагноза врачом. Система содержит 1212 однозначно определенных диагнозов и 24115 изображений проявлений болезней, нацеле-



на на идентификацию целого ряда заболеваний, включая дерматологические, инфекционные, генетические, метаболические, алиментарные, профессиональные и др. Она сочетает достоверные медицинские знания от узкоспециализированных врачей, надежный механизм поиска и изображения высокого качества для предоставления информации быстро и в удобном формате.

Среди основных тенденций в области визуализации Ф. Рассом [10] выделяет разработку сложных видов диаграмм, повышение уровня взаимодействия с визуализацией пользователя, увеличение размеров и сложности структур данных, представляемых визуализацией. Данные тенденции характерны и для медицинских информационных систем. К. Плэйсэнт с соавторами [11] и Т. Вонг [12] в своих работах описывают информационные системы *LifeLines* и *LifeLines2*, в которых медицинские записи разделены по присущим им аспектам — таким, как проблемы, симптомы, обследования / результаты, диагнозы, лечение и лекарственные препараты и т.д., а цвет используется для обозначения тяжести или типа заболевания. Уровень детализации механизма позволяет масштабировать историю болезни пациента. Известны и другие ее приложения в работах Н.М. Кривдюка, В.И. Терехова, В.М. Хачумова, А.Е. Янковской, А.В. Яшманова, В. Эйнера, Д. Хелла, Дж. Ли, С. Мьюзил, Р. Машлин, Б. Шнайдермана, А. Снайдер, М. Челиги, З. Чжана и др.

В психологии, психолингвистике и когнитивной лингвистике понятия «решение проблемы», «решение задачи», «механизм мышления», «образ», «восприятие», «ментальный опыт» рассматриваются в работах В.Ф. Спиридонова, О. Зельца, М. Вертхеймера, М. Бунге, В.В. Мартынова, Д.А. Ошанина, Л.Г. Мориной, Б.Б. Коссова, Э.С. Серебряного, В.П. Зинченко, Г.К. Середы, М.А. Холодной и др. Представления об образе многогранны, данное понятие Г.К. Середой и М.А. Холодной [13] рассматривается в совокупности с понятием «ментальный опыт». М. Вертхеймер [14], подробно описавший процесс решения одной геометрической проблемы, указывал, что новая идея появилась у него не как некое предполагаемое предложение или утверждение, а как проникновение взглядом в структуру проблемы, природу ее внутренних связей. Он заметил [14], что после долгой непрерывной работы у него развилась способность визуализировать сложные пространственные образы, мысленно объединять и сопоставлять их. Аналогично у М. Бунге [15], который представлял интуицию как воображение. В.Ф. Спиридонов [1] в своих работах исследовал особенности функционирования мышления человека, методы активизации и развития, а также методы решения задач и проблем, в том числе эвристические. Группа ученых во главе с Д.А. Ошаниным [16] исследовала гапτικο-визуальные образы в процессах диагностики, зависимость качества диагноза от образов (формируемых, ранее сформированных и накопленных), а также от их вертикальной структуры — теоретической подготовки врача.

В настоящее время инфокоммуникационные науки, а также психологи совместно с медиками, судя по публикациям, не выработали единого понимания феноменов образа и образного мышления — в частности, образа состояния организма человека и отдельных его систем. Та-



ким образом, проблематика решения сложных (включая медицинские диагностические) задач заключается в следующем: 1) наличие противоречия между свойствами объективной реальности, диагностическими процессами и особенностями объекта диагностики — организма пациента — и научной картиной мира как частью мировоззрения ученых и специалистов, работающих в информатике, проектировании и медицине; 2) нерелевантность архитектур ГиИС составу и структуре интеллекта эксперта-врача, проявляющаяся в отображении, как правило, только логико-математического интеллекта (левостороннего); 3) неразвитость технологий гибридизации и инструментальных средств поддержки принятия диагностических решений; 4) большой разброс визуализирующих программных продуктов по анатомии человека без интеллектуальных элементов.

Актуальность и перспективы репрезентации образов и механизмов решения задач и проблем предметно-схемными, наглядными изображениями с выдачей вербально-знаковых, предикативных высказываний о диагнозе

Актуальность исследования обусловлена тем, что от оперативности реакции врача на возникающую проблемную диагностическую ситуацию зависит безопасность принимаемых решений. В среднем около половины граждан РФ сталкивались с ошибками врачей, и примерно в 35 % случаев имеет место расхождение поликлинического и клинического диагнозов, а в 21,6 % прижизненный диагноз неверен. Эксперты по психологии мышления [17] считают, что два способа представления информации — символичный и картинно-образный, а также работа с ними и соотнесение их относительно друг друга — обеспечивают феномен человеческого мышления. Образная система характеризуется высокой скоростью обработки образов, которая особенно поразительна, если учесть низкие скорости передачи сигналов в мозге, и целостностью образных представлений («гештальтов»). Оба эти свойства не имеют аналогов в рамках компьютерной парадигмы. Визуализация позволяет перевести во внешне замечаемый план те содержания (образы, представления) и, соответственно, процессы с ними, которые происходят у специалиста (врача) «в голове», сделать их видимыми, фиксируемыми и легко управляемыми как для него самого, так и для тех с кем он взаимодействует по этому поводу. Таким образом, исследования когнитивных структур и механизмов человека важны для искусственного интеллекта, так как могут привести к новым интеллектуальным технологиям.

Предлагаемый подход — разработка функциональных гибридных интеллектуальных систем с двумя типами гетерогенных полей (гетерогенными модельным полем и полем образов проблемной ситуации медицинской диагностики), над которыми формируются интегрированный метод решения диагностической проблемы как искусственный коллективный интеллект с функциональной асимметрией, наследующей асимметрию функций головного мозга (лево- и правополушарные функции). Он будет иметь следующие преимущества.



1. Возможность интегрировать разнородные знания экспертов. Модели рассуждений экспертов, обрабатывающие разнородную информацию (результаты опроса, клинических и функциональных исследований и др.) о состоянии здоровья пациента для постановки релевантного диагноза, комбинируются в искусственную гетерогенную диагностическую систему по принципу консилиума [18]. При этом модели рассуждений базируются не только на точном анализе и логико-математическом подходе к моделированию, но и на техниках моделирования правосторонних механизмов рассуждения, благодаря чему формируются вербально-гапτικο-визуальные образы диагностической проблемы и состояния объекта диагностики — текущего, нормы, прошлых из опыта предыдущих сессий диагностики. Именно такие образы (за исключением вербальных, так как диагностический этап «Сбор анамнеза» не рассматривался в ходе психологических экспериментов) формируются в процессах диагностики, согласно исследованиям психологов Д. А. Ошанина, Л. Г. Мориной, Б. Б. Коссова, Э. С. Серебряного и пр. Множества элементов гетерогенных полей зависят от результата коллективного переструктурирования декомпозированного представления диагностической проблемы.

2. Возможность рассматривать характеристики объекта диагностики как в совокупности, так и в отдельности за счет комбинирования логико-математических (левополушарных) и визуально-пространственных (правополушарных) представлений, что даст более полную картину наблюдения за объектом.

3. Наблюдение за процессом решения отдельных диагностических задач и обсуживающих их подзадач виртуальным индивидом в контексте наблюдения за поведением искусственного коллективного интеллекта, что поможет получить новые знания о феномене естественного коллективного интеллекта, обнаружить и предотвратить ошибки в диагностических решениях экспертов, корректируя тем самым заключительный диагноз коллектива.

4. Снижение информационной и когнитивной нагрузки на врача, диагностирующего пациента, которое позволит выявлять и воспринимать значимые связи и показатели быстрее.

В рамках данного подхода на первом этапе предполагается: 1) разработка языка схем ролевых визуальных отношений для репрезентации вербально-гапτικο-визуального образа «состояние органов и систем человека»; 2) с учетом того, что медицинские эксперты представляют проблему как образ [1] сети системы задач и обслуживающих их подзадач, включающих «предметное решение» (конкретные действия, результатом которых является достижение поставленной цели), «диагностические задачи» (более крупные), «диагностические подзадачи» (более мелкие задачи, связанные с решением крупной), «диагностические решения-связки» (действия, учитывающие конкретные условия «если... , то...») и «скомпенсированные затруднения» (трудности, для которых найдено типовое решение), необходимо разработать язык схем ролевых визуальных отношений репрезентации постановок объектов мышления «диагностическая проблема» и элементов ее декомпозиции:



«предметное решение», «диагностическая задача», «диагностическая подзадача», «диагностические решения-связки» и «скомпенсированные затруднения»; 3) требуется разработать метод редукции диагностической проблемы, учитывающий когнитивную визуализацию ее элементов, определить множества отношений и способы их репрезентации в иерархической структуре декомпозиции с горизонтальными связями.

Таким образом, будет разработан метод когнитивного моделирования решения диагностической проблемы ролевыми визуальными отношениями и использованием схем ролевых визуальных отношений для конструирования изображений — постановок задач разного типа (элементов проблем), проблем — аналогов форм взаимодействия эксперта с неопределенностью диагностической ситуации, а также образа «интегрированный метод решения диагностической проблемы» — аналога эвристического механизма решения проблем динамическим переструктурированием их как целого в систему-декомпозицию связанных задач.

Заключение

Моделирование интегрированного, смешанного визуально-образного и вербально-знакового представления диагностической проблемы снизит информационную и когнитивную нагрузки на врача, диагностирующего пациента, позволит выявлять и воспринимать значимые связи и показатели быстрее. Перспективной представляется разработка нового класса функциональных гибридных интеллектуальных систем с гетерогенными модельным полем и полем образов проблемной ситуации медицинской диагностики, базирующимся на декомпозированном представлении диагностической проблемы — достаточно четкой и разветвленной системы диагностических задач разного типа в виде сети, вершины которой — образы-схемы задач, а дуги — отношения разного типа, задающие связи между задачами, представленные как визуально, так и текстологически.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-07-00250А.

Список литературы

1. Спиридонов В. Ф. Психология мышления: Решение задач и проблем : учеб. пособие. М., 2006.
2. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / под ред. А. В. Колесникова. М., 2011.
3. Колесников А. В. Гетерогенные естественные и искусственные системы // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте : сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-техн. конф. М., 2013. Т. 1. С. 86 — 103.
4. Сиббет Д. Визуализируй это! Как использовать графику, стикеры и интеллект-карты для командной работы / пер. с англ. П. Ракитина. М., 2014.
5. Розм Д. Практика визуального мышления / пер. с англ. П. Миронова. М., 2014.
6. Искусственный интеллект : в 3 кн. : справочник / под ред. Д. А. Поспелова. М., 1990. Кн. 2 : Модели и методы.



7. Хачумов В.М., Виноградов А.Н. Разработка новых методов непрерывной идентификации и прогнозирования состояния динамических объектов на основе интеллектуального анализа данных // Математические методы распознавания образов : доклады XIII Всерос. конф., посвящ. 15-летию РФФИ. СПб., 2007. С. 548–550.

8. Кобринский Б.А. Значение визуальных образных представлений для медицинских интеллектуальных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №3. С. 3–8.

9. Vardell E., Bou-Crick C. VisualDx: A Visual Diagnostic Decision Support Tool // Med. Ref. Serv. Quarterly. 2012. Vol. 31, iss. 4. P. 414–424.

10. Рассом Ф. Тенденции программного обеспечения в области визуализации данных для бизнес-пользователей // BPM World. 2000. URL: <http://iso.ru/ru/press-center/journal/1831.phtml> (дата обращения: 11.04.2019).

11. Plaisant C., Mushlin R., Snyder A. et al. LifeLines: Using Visualization to Enhance Navigation and Analysis of Patient Records // AMIA Annual Fall Symposium. Bethesda, 1998. P. 76–80.

12. Wang T. Interactive Visualization Techniques for Searching Temporal Categorical Data : PhD Dissertation. 2010.

13. Артищева Л.В. Проблема образа психического состояния и субъективного (ментального) опыта человека в отечественной и зарубежной литературе // Матер. V Зимней школы по психологии состояний / под ред. М.Г. Юсупова. Казань, 2011. С. 5–9.

14. Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа: исследование деятельности зрительной системы. М., 1969.

15. Бунге М. Интуиция и наука. М., 1962.

16. Ошанин Д.А. Предметное действие и оперативный образ: Избранные психологические труды. М. ; Воронеж, 1999.

17. Майоров А.А. Пространственное когнитивное моделирование // Перспективы науки и образования. 2014. №1. С. 33–37.

18. Румовская С.Б., Колесников А.В., Кириков И.А. Моделирование коллективных решений виртуальным консилиумом // Искусственный интеллект и принятие решений. М., 2018. №4. С. 20–31.

Об авторе

София Борисовна Румовская — канд. техн. наук, науч. сотр., Калининградский филиал Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН; ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

The author

Dr Sophiya B. Rumovskaya, Research Fellow, Kaliningrad Branch of the Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences; Assistant Professor, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: sophiyabr@gmail.com