

Подходы к построению когнитивных лингво-образных моделей представления знаний для медицинских интеллектуальных систем

Велю – станут образу метки.
В. Хлебников

Аннотация. В интеллектуальных медицинских системах традиционные лингво-логические модели не обеспечивают однозначного сопоставления между когнитивным представлением эксперта и отображением в базе знаний в лингвистической форме холистических визуальных образов заболеваний, отвечающих определенным понятиям. В то же время в медицинской диагностике, в частности при наследственных заболеваниях, нередко важное значение имеет внешний вид больного. Однако следует отметить отсутствие глубоко проработанных методов и средств поддержки специальных моделей, обеспечивающих использование в рамках единого формализма знаний, представляемых в вербальной и образной формах. Представленные в настоящее время отечественные и зарубежные исследования и разработки в данной сфере, в большинстве своем, направлены на решение частных задач, ориентированных на какую-либо одну сторону данной проблемы. Между тем, клиническая генетика является той областью, где создание систем, основанных на сочетании вербализованных и образных знаний, может обеспечить выход на качественно новый уровень диагностики. Осознание указанных факторов является причиной повышенного интереса в последние годы к анализу изображений в медицине в ведущих странах мира. Однако эти разработки не ориентированы на использование экспертных знаний. В то же время, возможным решением может быть построение гибридных лингвистических и образных фреймворков или онтологических моделей, интегрирующих качественные и визуально-образные индикаторы для формального описания клинических проявлений заболеваний, имеющих диагностическое значение.

Ключевые слова: инженерия знаний, когнитивные образы, когнитивные лингво-образные модели, фрейм, онтология, база знаний, интеллектуальная система, медицинская диагностика, наследственные болезни.

Введение

В поддержке диагностических решений используются разнообразные подходы, в том числе основанные на знаниях. Однако при наследственных заболеваниях, относящихся к редкой (орфанной) патологии, ряд клинических проявлений плохо поддается вербальному описанию. В то же время, визуально наблюдаемые холистические черепно-лицевые дефекты и другие дизморфизмы обладают высокой информативностью и нередко позволяют выдвинуть первичную диагностическую гипотезу.

Некоторые системы в этой предметной области были созданы в 80-90-х гг. XX в., однако они имели определенные ограничения. Австра-

лийская диагностическая система по наследственным болезням POSSUM [1] и английские LDD и LND [2] были реализованы с использованием математического аппарата, оценивающего сходство по совпадающим признакам при необходимости указания их значимости пользователем. Однако это не позволяло решать задачу радикального сужения диагностического ряда и в последующем эти системы были модифицированы. Большей эффективностью обладала французская экспертная система (ЭС) GENDIAG [3], использующая нечеткие отношения и древовидную структуру поиска диагноза на основе функций доверия. В российской ЭС ДИАГЕН [4], обладавшей сходной с [3] эффективностью и построением решающих правил, авторами была предложена псевдове-

роятностная мера и реализован учет различных взаимосвязей признаков на основе взвешенного древовидного графа, что являлось ее характерным отличием от других систем. При этом в перечисленных системах врачу представлялись фотографии больных, но только после выдачи диагностической последовательности.

В целях снижения числа врачебных ошибок, выявленных в процессе опытной эксплуатации, при вводе данных о фенотипических (внешних) проявлениях в ЭС ДИАГЕН требовалось указать характер визуально наблюдаемых изменений в заглубленной форме (например, необычная форма носа, а не конкретные особенности его формы). Затем, в процессе формирования диагностических гипотез, за счет анализа связи с другими контекстно-зависимыми проявлениями, автоматически осуществлялось уточнение этих признаков (например, нос сливовидный, бульбообразный и др.). В последующем в российской интеллектуальной системе ГЕНРОСТ [5] были сформированы комплексы признаков, относительно независимые от конкретных диагнозов, но характерные для группы нозологических форм. Это позволяло для каждой болезни указать один или несколько таких комплексов, среди которых обязательно должен был проявиться хотя бы один признак заболевания (например, комплекс "Лицевые аномалии", включал такие сходные характеристики, как "монголоидный разрез глаз" и "косой разрез глаз", "большой нос" и "выступающий нос" и др.). Введение таких конструкций позволило описывать заболевания, указывая характерные для них комплексы признаков, однако и в этом случае отсутствовала возможность представления истинного вида целостного визуального образа.

В начале XXI в. в Великобритании были созданы модели, обеспечивающие визуализацию вариаций 3D форм лица (трехпространственная лицевая морфология) для распознавания синдромов по деталям или характерным особенностям внешнего вида при различных наследственных болезнях [6,7], используемые автономно, без включения в системы поддержки решений. В этот же период в качестве диагностических индикаторов для распознавания дисморфологических болезней было предложено использовать визуально наблюдаемые характерные кожные проявления [8]. Инструмент визуальной диагностической поддержки

VisualDx, база данных которого включает более 24000 изображений для помощи при выявлении различных заболеваний, в том числе генетической природы, создан в США [9]. Однако VisualDx, предоставляя врачу возможность просмотра изображений после постановки предварительного диагноза, не обеспечивает интеллектуальной поддержки диагностического процесса. Решение, предложенное группой английских ученых [10], включает сочетание трех подходов: обучение алгоритма компьютерного зрения автоматическому аннотированию 36 характерных точек лица на фотографии, активные вероятностные модели дисморфизмов лица в пределах нозологических групп в многомерном пространстве и машинное обучение с использованием метода ближайшего соседа. Кластеры пациентов в пространстве известных синдромов облегчают генерацию диагностических гипотез. База данных включает 2878 изображений, в том числе 1515 здоровых и 1363 фотографии восьми известных вариантов нарушений развития. По данным авторов предложенный подход способствует сокращению пространства поиска потенциальных диагнозов в 27,6 раза при подозрении врача на нарушения развития. В экспертной системе, реализованной в Дельфтском университете (Нидерланды), анализ когнитивных процессов сочетается с предоставлением оптимального контекста для эффективной интраоперационной визуализации информации [11], но также без поддержки процесса принятия решения.

В то же время, у врача, особенно обладающего выраженным образным мышлением, в процессе формирования диагностических гипотез, ассоциативно возникают «всплывающие» визуальные образы клинических проявлений сходных заболеваний, иногда «тянущие» за собой другие патологические проявления, уже относящиеся к вербально характеризваемым признакам. Образы – часть целого в целостной картине болезни, иногда некие вехи или знаки, указывающие путь к диагнозу. За каждым образом скрывается понятие. Раскрывая его смысл, можно попытаться отнести его к определенному типу, за которым в медицине закреплено название определенной болезни (нозологической формы). Вместе с тем, в значительной степени нерешенными остаются вопросы создания моделей представления знаний, в которых в рамках единого формализма

использовались бы не только классические качественные характеристики знаний экспертов, но и когнитивные образы индикаторов экспертного знания, позволяющие задействовать модели и методы вывода на основе когнитивных образов.

1. Постановка задачи

Общее для принятия решений в медицине «без размышления» – воспоминание – представление образа, т.е. целостное восприятие явления, что характерно для заболеваний с визуально наблюдаемыми внешними проявлениями. Визуальные образы часто не удается соответствующим образом вербализовать. Словесный эквивалент может оказаться слишком грубым или ошибочным. К примеру, крайне трудно передать в понятной для однозначного восприятия лингвистической форме визуальные образы, именуемые «грубые черты лица» или «череп в форме трилистника». В любом случае имеет место, как минимум, частичная потеря информации вследствие искажения или разрушения холистического визуального образа. Неприемлема и дефрагментация образа с последующей реинтеграцией, так как при этом искажается, как справедливо отмечал поэт Бенедикт Лифшиц [12], «взаимная функциональная зависимость элементов». В то же время, экспериментальные данные, полученные группой ученых Бостонского университета, позволили профессору Такео Ватанабэ [13] сделать заключение, что первичная зрительная кора взрослых достаточно пластична и позволяет осуществлять визуальное перцептивное обучение. Это может служить важным подтверждением того, что значительно более надежным для принятия решения служит предоставление, наряду с лингвистическими, ряда визуализированных признаков (образов).

В то же время, многовариантность фенотипических визуальных характеристик патологических проявлений (признаков) болезни у разных людей можно рассматривать как образный ряд [14], формирующийся на основе реальных объектов, а в мозге людей сохраняющийся как мысленные (псевдовизуальные) образы. В медицине элементы образного ряда демонстрируют варианты фенотипического сходства и различия в клинической картине заболеваний, в том числе наблюдавшиеся у людей различающихся этно-

сов и в различные возрастные периоды. Временные образные ряды позволяют учитывать и оценивать динамику возрастных изменений на серии (кортеже) изображений, в том числе являющихся следствием прогрессивного течения патологического процесса. Для уточнения степени сходства нового образа в образном ряду с классическим или наиболее характерным для данного заболевания (образом-архетипом) можно использовать шкалирование. В качестве модификаторов к образам может выступать лингво-контекст, например, указывающий на время проявления данного визуального признака при различных заболеваниях.

Ряд образов (например, больных с одним диагнозом или с близкими по фенотипическим проявлениям диагнозами) представляет собой образный квазиконтинуум относительно близких изображений, что определяется нечеткостью переходов между отдельными представителями рассматриваемого кортежа (нечеткий образный ряд). Образному ряду можно также сопоставить приближенное множество (rough sets). В обобщенной модели приближенных множеств объекты, принадлежащие к одному элементарному множеству, воспринимаются как идентичные, и их различие может оказаться даже невозможным [15]. Нижнее приближение включает те объекты, которые наверняка принадлежат понятию. Верхнее приближение включает все объекты, которые возможно принадлежат понятию – в образном ряду это могут быть изображения больных разных этнических групп, разного возраста или фенотипически сходных проявлений болезни. Разница между двумя крайними приближениями образует граничную область и содержит объекты, которые не могут быть однозначно классифицированы с использованием традиционных моделей, основанных на лингвистических характеристиках. В то же время включение в базу знаний визуальных образов может повысить эффективность диагностики.

2. Архитектура системы

Архитектура гибридной лингво-образной интеллектуальной системы сходна с традиционной. Но следствием появления образной компоненты является наличие в базе знаний блока образов, жестко связанного с блоком вербальных знаний (Рис.1).



Рис.1. Архитектура гибридной лингво-образной системы

3. Подходы к моделям представления образных знаний

В соответствии с изложенным выше возникает вопрос об извлечении из памяти эксперта, в особенности с развитым правополушарным мышлением, не только вербализуемых, но и образных представлений исследуемой предметной области. В медицине это относится к знаниям как о причинах, механизме развития и симптомах болезней, так и о диагностически значимых визуальных образах, которые должны найти свое место в составе гибридных лингво-образных баз знаний. Эти визуальные образы могут быть представлены фотографиями больных и/или иллюстрирующими отдельные признаки рисунками.

При редких наследственных заболеваниях особое значение для формирования многообразной картины визуальных изображений имеет групповое извлечение знаний. Эффективность этого была показана ранее при извлечении знаний диагностического характера, представленных в вербальной форме, включая ассоциативные [16]. Это не в меньшей, а может быть и в большей степени касается и образных представлений, которые являются иконическими символами заболеваний.

В случае извлечения вербализованных качественных и визуальных образных знаний можно было бы их представлять в форме фреймовых моделей. В этом случае визуальной характеристике во фрейме должно соответствовать традиционное представление определенного образа (или типичный представитель образного ряда, своего рода архетип или родительский фрейм), а слоты будут представлены образами данного типа («индивидуумами» или элементами образного кортежа). В качестве элементов образного ряда могут быть включены как целостные, так и фрагментарные изображения, позволяющие представить различные специфические характеристики (маркеры) конкретного заболевания, включая уникальные варианты, присущие отдельным индивидуумам, сродни понятию прецедент. Контекст во фреймах может пояснять (сопровождать) визуальные образы, но и изображения ряда могут быть контекстом по отношению к семантическим представлениям. Соответствующие признаки в базе знаний будут связаны не только между собой, но и с соответствующими образами (образными рядами). При вводе врачом-пользователем определенных лингвистических признаков, "демон" в системе фреймов должен будет приводить соответствующий фрейм с изображениями (образами) в активное

состояние. И образные ряды, содержащие коротежи близких по проявлениям изображений, будут демонстрироваться пользователю на разных этапах работы интеллектуальной системы для визуального определения сходства с диагностируемым пациентом. В интеллектуальной системе образные ряды, включенные в базу знаний, могут оцениваться с точки зрения их полезности для принятия решений, в том числе разрешения конфликтов при активизации более одного правила в сети фреймов. Таким образом, сравнение наблюдаемых внешних (фенотипических) проявлений у диагностируемого пациента с имеющимися в базе знаний, при сходстве с одним или несколькими аналогами в образном ряду, будет помогать идентификации неизвестного врачу образа, и «способствовать» идентификации диагноза интеллектуальной системой. В зависимости от оценки образов пользователем в процессе анализа различных гипотез можно говорить о реализации решений по типу «вспыхивающих» образов или цепных образно-лингвистических реакций в сети фреймов.

Рассмотрим пример фрейма из предметной области наследственных болезней – мукополисахаридозов, где внешний вид больного имеет большое диагностическое значение. В образном ряду, сопровождающем контекст (в данном примере умственная отсталость как один из релевантных признаков диагностического симптомокомплекса), на Рис. 2 можно видеть три различающихся фото больных с мукополисахаридозом II типа (синдром Хурлер), являющихся представителями визуального ряда. В случае обнаружения сходства диагностируемого пациента с одним из членов представленного образного ряда (в реальности может быть несколько образных рядов), вопрос о диагнозе будет практически решен (путем опроса о нескольких дополняющих симптомах). При отличии поиск будет осуществляться по другим фреймам, содержащим другие образные ряды. Решение о целесообразности дальнейшего движения в соответствии с предварительной гипотезой должно осуществляться в интерактивном режиме с использованием автоматически вызываемого моду-

И {умственная отсталость, выраженная}



ЕСЛИ



И {гипотеза есть } }

ТО > подтверждение

ЕСЛИ НЕТ



ТО > отклонение

Рис.2. Фрагмент лингво-образного фрейма «Синдром Хурлер»

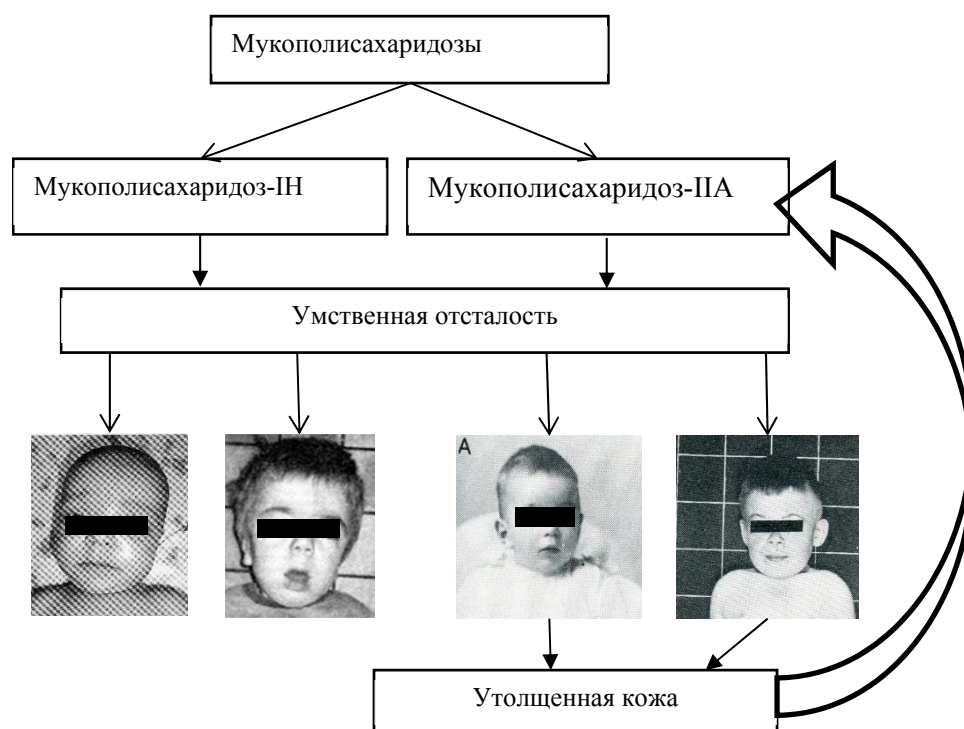


Рис.3. Фрагмент лингво-образной онтологии

ля, включающего не только лингвистические, но и присоединенные образные слоты (список правил, включающих лингво-образные характеристики, активированных на данном этапе).

Другим широко используемым в последнее время подходом к моделям представления медицинских экспертных знаний является онтологический [17, 18]. На Рис.3 изображен фрагмент онтологии, представляющий сочетание вербализованного (умственная отсталость) и визуального (образный ряд лиц больных) признаков, имеющих диагностическое значение при мукополисахаридозах I и II типов (синдромы Хурлер ІН и Хантера А). В этом случае также имеет место лингво-образная диагностическая модель наследственных заболеваний, при которых принципиальное значение имеет фенотип (внешний вид) больного. Представители образных рядов связаны с определенными признаками, что демонстрирует рисунок.

Рассматриваемый подход также базируется на основе качественных лингвистических характеристик и образных рядов предметной области. Основные понятия предметной области и модели диагностики реализованы на базе псевдофизических логик, которые позволяют эффективно имитировать нестрогие человеческие рассуждения. Для описания онтологии ис-

пользуется моделирование, основанное на фреймовом представлении.

Создание средств поддержки принятия решений, построенных на основе развития классических методов вывода на знаниях за счет включения в базы знаний интеллектуальных систем моделей формальной спецификации диагностически значимых образных характеристик заболеваний, может способствовать ускорению и повышению точности диагностики, включая ранние стадии заболеваний. Для этого на этапах формирования гипотез предполагается предъявление врачу, в режиме диалога, визуального образа (образного ряда) из базы знаний, связанного с лингвистическими признаками. Образы в визуальном ряду будут, кроме того, распределены по возрастным группам, что крайне важно в диагностическом плане, учитывая изменения фенотипа в процессе заболевания.

Для определения сходства представителей образного ряда может быть использована методика субъективного шкалирования в квантовано-континуальной форме, в условиях оценки степени сходства визуальных образов по категориальной шкале (Рис.4). В этом случае объективное знание, представленное в форме попарных мер близости между объектами образного ряда, представляет собой «семантическое пространство»

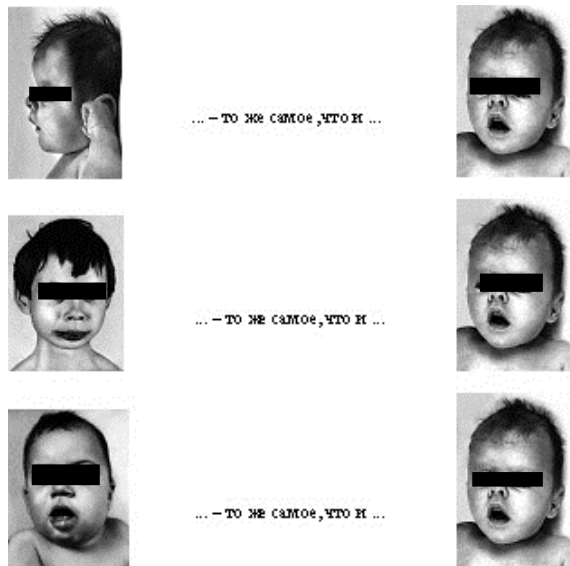


Рис.4. Методика субъективного шкалирования

предметной области [19]. Положительный или отрицательный ответ на вопрос о сходстве (то же самое, что и ...?) позволяет принять или отвергнуть выдвинутую гипотезу.

4. Построение лингво-образной базы знаний

В гибридной лингво-образной базе знаний должны храниться вербальные описания и ряды (серии) целостных и фрагментарных образов, включающие архетип (классический вариант) и разнообразие варианты изображений, которые должны в совокупности обеспечивать быстрое принятие решения при диагностике определенных заболеваний. Включение в базы знаний, наряду с лингвистическими (вербализованными) понятиями, визуальных образов (фотографий, рисунков, визуальных результатов исследований), рассматриваемых как символы (вспомним петроглифы, представлявшие собой одновременно рисунки и символы), может явиться тем путем, который позволит эффективно отображать невербализуемые знания и ментальные представления и использовать их в системах принятия решений. Квалитативно-образные модели должны включать указание эксперта о степени сходства каждого из членов образного ряда с архетипом (классическим образом), при оценках нескольких экспертов выводится среднее значение. Это позволит упорядочивать образы в ряду от наиболее типичного

к наименее типичному. Необходимость использования широкой шкалы, вплоть до слабого подобия, объясняется тем, что, например, при наследственных заболеваниях встречается резко выраженный полиморфизм (разнообразие) клинических проявлений, в особенности для разных стадий болезни. При этом квалитативно-образные модели должны строиться с учетом динамики, учитывая изменения с возрастом, как внешнего вида больных, так и вербализованных качественных признаков. Соответственно, множество вариантов одного образного ряда в базе знаний может включать фотографии одного или разных лиц, демонстрирующие трансформацию клинических проявлений болезни на временной шкале.

На вход системы могут поступать нечеткие (в смысле отличия от архетипа) образы, а в базе знаний хранятся серии изображений сходных образов, представляющих собой в том числе нечеткие образные ряды на основе изображений, имевших место в прошлом (по литературным данным или из практики/опыта экспертов), что должно позволять принимать решение о внешнем сходстве больного с образом в базе знаний при определенном заболевании.

Заключение

Подход к моделированию знаний, включающих используемые в медицинской диагностике целостные (холистические) представления – визуальные образы, может быть реализован на основе гибридных лингво-образных моделей и методов вывода.

Рассматривая различаемые сущности как денотаты, а множество объектов восприятия как денотативное пространство, можно говорить о денотатах образного ряда в базе знаний и об отражении «подлинников» в системе восприятия врача-пользователя. То есть компоненте реальности в когнитивном процессе сопоставляется ряд денотатов – денотаты «подлинников» в образном нечетком ряде и денотат отражения в когнитивном процессе. Денотаты в ряду можно поставить в соответствие метаденотатам, с каждым из которых соотносится класс (нозологическая группа, например, упомянутые выше мукополисахаридозы). Соответственно, метаобразный ряд – открытое множество наблюдавшихся, наблюдаемых и/или потенциально возможных денотатов, включаемых в данный класс по принципу сход-

ства визуальных проявлений, характерных для группы заболеваний.

Интеграция вербализованных и образных характеристик позволит преобразовать традиционные семантические базы знаний в принципиально новые, опирающиеся на два символических представления – лингвистические и иконические. Такой подход к построению модели знаний на основе сочетания лингвистических характеристик и когнитивных образов позволяет выдвинуть логико-лингво-образную парадигму построения интеллектуальных систем. В этом случае в систему аргументации должны включаться элементы визуального образного ряда как иконические знаки-символы.

Создание новых моделей и методов формализации медицинских знаний на основе псевдофизических логик и лингво-образного подхода требует разработки соответствующих систем фреймов или онтологий.

Таким образом, создаваемые модели предлагается строить на базе развития классических методов вывода на знаниях за счет включения в них моделей формальной спецификации образных представлений.

Литература

1. Pitt D.B., Bankier A., Haan E.A. A visual verbal computer assisted syndrome identification system // *Australian Paediatric Journal*. – 1985. – Vol.21, No.4. – P.306-307.
2. Guest S.S., et al. The online London dysmorphology database // *Genetics in Medicine*. – 1999. – Vol.1, No.5. – P.207-212.
3. Gouvernet J., Caraboenf M., Ayme S. GENDIAG: A computer assisted facility in medical genetics based on belief functions // *Methods of Information in Medicine*. – 1985. – Vol.24, No.4. – P.177-180.
4. Кобринский Б.А. Компьютерная поддержка врачебных решений в педиатрии: регистр и диагностическая система по наследственным болезням // *Вестник Всероссийского общества информатики и вычислительной техники*. – 1991. - №1. – С.20-25.
5. Подольная М.А., Таперова Л.Н. Проектирование медицинской диагностической системы на основе модели нечеткого логического вывода // *Восьмая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (7-12 окт. Коломна, Россия): Тр. конф. Т.2.* – М.: Физматлит, 2002. – С.641-646
6. Hammond P., Hutton T.J., Allanson J.E. et al. 3D analysis of facial morphology // *American Journal of Medical Genetics*. – 2004. – Vol.126A, No.4. – P.339-348.
7. Hammond P., Hutton T.J., Allanson J.E. et al. Discriminating power of localized three-dimensional facial morphology // *American Journal of Human Genetics*. – 2005. – Vol.77, No.6. – P.999-1010.
8. Smithson S.F., Winter R.M. Diagnosis in dysmorphology: clues from skin // *British Journal of Dermatology*. – 2004. – Vol.151, No.5. – P.953-960.
9. Vardell E., Bou-Crick C. VisualDx: A Visual Diagnostic Decision Support Tool // *Medical Reference Services Quarterly*. – 2012. – Vol.31, No.4. – P.414-424.
10. Ferry Q., Steinberg J., Webber C., FitzPatrick D.R., Ponting C.P., Zisserman A., Nellåker C. Diagnostically relevant facial gestalt information from ordinary photos // *eLife*. – 2014. – No.3. – e02020.
11. Jalote-Parmar A., Badke-Schaub P., Ali W., Samset E. Cognitive processes as integrative component for developing expert decision-making systems: A workflow centered framework // *Journal of Biomedical Informatics*. – 2010. – Vol.43, Is.1. – P.60-74.
12. Лифшиц Б. Полутароглазый стрелец. – М.: Захаров, 2002.
13. Watanabe T., Sasaki Y. Perceptual learning: toward a comprehensive theory // *Annual Review of Psychology*. – 2015. – Vol.66, No.3. – P.197-221.
14. Кобринский Б.А. Образные ряды и их отображение в базе знаний // *Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сент. – 3 окт. 2008 г., г. Дубна, Россия): Тр. конф. Т.1.* – М.: Ленанд, 2008. – С.393-400.
15. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Под ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. – М.: Физматлит, 2004.
16. Кобринский Б.А. Возможность вскрытия интуитивных представлений врачей при групповом извлечении знаний // *Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2006 (25-28 сент. 2006 г., Обнинск): Тр. конф. Т.2.* – М.: Физматлит, 2006. – С.653-659.
17. Клещев АС, Москаленко Ф.М., Черняховская М.Ю. Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика» // *Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы*. – 2005. - №12. – С.1-7.
18. Khoo C.S.G., Na J.-C., Wang V.W., Chan S. Developing an Ontology for Encoding Disease Treatment Information in Medical Abstracts // *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*. – 2011. – Vol. 31, No. 2. – P. 103-115.
19. Воинов А.В., Кобринский Б.А. Иерархия локально-непротиворечивых полей знаний как модель образного мышления и интуиции эксперта в мягких предметных областях // *Девятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (28 сент. – 2 окт. 2004 г., г. Тверь, Россия): Тр. конф. Т.2.* – М.: Физматлит, 2004. – С.785– 793.

Кобринский Борис Аркадьевич. Главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН и профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова. Окончил 2-й Московский медицинский институт им. Н.И. Пирогова в 1970 году. Доктор медицинских наук. Автор более 500 печатных работ. Область научных интересов: интеллектуальные системы, извлечение знаний, гибридные лингво-образные системы, аргументационные системы, поддержка принятия решений, специализированные информационные системы.