

О принципах построения интеллектуальных медицинских обучающих систем на основе case-метода

Аннотация. В статье рассмотрены принципы построения кейс-ориентированной интеллектуальной обучающей системы. Предлагаемый подход предусматривает формирование базы знаний с использованием конкретного набора кейсов на основе фреймово-продукционного формализма. Последующее расширение базы знаний определяется включением новых кейсов. Интеллектуальная обучающая кейс-система ориентирована на приобретение навыков диагностики в процессе обследования виртуального пациента. Объяснения выдаются при нецелесообразных или ошибочных действиях обучающегося. Представлена концептуальная модель интеллектуальной медицинской обучающей системы по диагностике туберозного склероза.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающая система, case-метод, фреймы, виртуальная медицинская диагностика, туберозный склероз.

Введение

Для обучения и повышения квалификации специалистов нашел широкое применение и активно развивается за рубежом Case-метод (Case Based Learning – CBL) [1]. Он принципиально отличается от проблемно-ориентированного обучения [2] тем, что осуществляется на конкретных примерах. Такой подход хорошо дополняет традиционные методы обучения (лекции и практические занятия). Актуальность данной технологии в России определяется Федеральным государственным образовательным стандартом, в котором обращено внимание на необходимость использования активных и интерактивных форм проведения занятий: «компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги, групповые дискуссии и др.» [3].

Известно, что применение средств когнитивной графики для визуализации данных и знаний, генерации новых вариантов решений существенно упрощает анализ информационных структур и закономерностей в данных и знаниях, делает более наглядной и понятной суть сложного вопроса, способствует ускорению процесса принятия и обоснования реше-

ний [4]. При этом следует учитывать, что когнитивная функция целенаправленно активизирует интуитивные и образные механизмы мышления [5], что достаточно характерно для врачебной практики [6]. Это также имеет место в обучении при использовании кейс-метода.

В области медицины кейс-метод можно определить как интерактивное средство анализа конкретной ситуации, отражающей нарушения в состоянии здоровья пациента. Его эффективность можно хорошо представить на этапах дифференциальной диагностики заболеваний. При этом следует иметь в виду, что применение кейс-метода направлено не столько на получение новых знаний, сколько на формирование профессиональной компетентности, умений и навыков мыслительной деятельности [7]. Действия в кейсе предлагаются в качестве метода разрешения проблемы. Это особенно важно в клинической медицине, где далеко не всегда имеется возможность продемонстрировать студентам и слушателям факультетов повышения квалификации больного с определенной патологией. В то время как case-метод позволяет моделировать процесс анализа информации при решении лечебно-диагностических задач [8]. На факультете медицины Калифорнийского университета США обучение на основе CBL

включает обсуждение в небольших группах студентов сценария, представляющего какую-либо проблему. Это обеспечивает интеграцию ранее приобретенных и новых знаний, развивает критическое мышление и закрепляет усвоение материала в процессе разбора ситуаций на конкретных примерах. Соответственно, выработка модели практического действия становится достаточно продуктивным средством освоения профессиональных компетенций [9].

Важными составляющими кейс-метода являются оценка действий обучающегося и объяснение допущенных ошибок. Кейс-метод, применяемый в медицине, включает набор клинических случаев, именуемых кейсами, которые предлагаются студентам/слушателям в процессе обучения для анализа в интерактивном режиме. Кейс, как правило, включает объективные данные больного, фото и видеоматериалы осмотра пациента, записи характерного голоса больного, видеоролики с комментариями лечащего врача и других специалистов, результатами проведенных исследований, а также формулировки вопросов, возникающих в процессе диагностики.

В настоящее время в открытом доступе на Web-сайте доступны десятки медицинских кейсов [10]. Каждый интерактивный клинический случай представлен описанием истории болезни и рядом вопросов, разработанных для проверки знаний студентов при решении задач диагностики и выбора лечебной тактики. Мультимедийный контент, реализованный с использованием элементов анимации, видео и интерактивной компьютерной графики, обеспечивает комфортную работу с кейсом. После ответа на вопрос обучающийся сразу узнает о том, насколько правильным является его ответ и получает подробную информацию о том, в чем заключается ошибка при неправильном ответе. Однако в этих системах последовательность этапов решения задачи заранее жестко определена, что ограничивает свободу выбора действий обучающегося в процессе дифференциальной диагностики.

1. Концептуальная модель интеллектуальной обучающей системы на основе кейс-метода

В клинической практике к правильному диагнозу можно прийти разными путями в связи с тем, что существуют различные диагностиче-

ские исследования и разные медицинские школы. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно предоставить пользователю (студенту или врачу, повышающему квалификацию) определенную свободу выбора тактики обследования виртуального пациента (на базе кейса). При этом важно оценить его действия в процессе виртуального диагностического процесса, обследования или выбора лечения пациента с конкретными патологическими проявлениями. Оценка может быть сделана автоматически с учетом таких критериев, как число правильных решений ситуационных задач, последовательность действий, количество проведенных виртуальных исследований, в том числе высоко или мало информативных и т.п.

2. Особенности интеллектуальных медицинских обучающих систем

Базы знаний, поддерживающие решения по оценке действий обучающихся, строятся на основе моделирования врачебной логики в процессе обследования, диагностики и выбора способа лечения. Достижение цели в медицинской интеллектуальной диагностической системе требует для своего осуществления выбора стратегии, адекватной решаемой задаче, устранение имеющейся неопределенности, поиск аргументов и контраргументов, выведение логических следствий и т.д. [11]. Важен учет различной степени (уровня) выраженности или нечеткости клинических проявлений заболеваний. Для отражения как причинно-следственных связей (взаимосвязанных изменений, происходящих в различных временных интервалах), так и хронологической последовательности событий в течение патологического процесса, в том числе его изменений под воздействием лечения, могут быть использованы темпоральные логики.

Для тестирования знаний обучаемого можно автоматически генерировать набор тестов по решетке концептов [12]. Концептуальная решетка, формируемая по ответам обучающегося, отражает систему понятий предметной области, сложившуюся в представлении студента или врача, повышающего квалификацию. Эта решетка сравнивается с эталонной моделью. Различия между эталонной и когнитивной моделями обучаемого используются для выработки стратегии дальнейшего обучения.

Базы знаний систем, ориентированных на контроль обучения, должны обеспечивать сравнительный анализ действий обучающихся с наиболее целесообразным способом решения аналогичных задач. Интересные решения в этом направлении были предложены в экспертных системах ATTENDING [13], критикующей план предоперационной подготовки и выбор способа анестезии, обращая внимание на недостатки, требующие исправления, и на опасности, которых можно избежать, и НЕФРОТРЕНАЖЕР [14], позволяющей определить оптимальность диагностического поиска.

В определенном смысле близка к кейс-технологии интеллектуальная система KBSimulator [15], ориентированная на приобретение знаний в области диагностики сердечнососудистых заболеваний. Она позволяет порождать (моделировать) различные клинические ситуации. Как указывают авторы, их проект продемонстрировал возможности создания гибкой обучающей системы.

3. Кейсы в интеллектуальной обучающей системе

Перенесение акцента с клинической практики на обучение при создании Интеллектуальной обучающей кейс-системы (ИОКС) выдвигает требование отслеживания истинности предположений обучающегося в плане совместимости (частичной, полной) или несовместимости между его гипотезами (заклЮчениями) на основе анализа кейса и сведениями по этому вопросу, содержащимися в базе знаний предметной области.

В ряде исследований представлены результаты использования онтологий в обучающих кейс-системах. Концепция применения онтологий для решения задачи поиска и отбора релевантных материалов, а также организации кейсов в адаптированную к обучаемым последовательность, представлена в [16]. В [17] рассмотрены конкретные методы и средства обучающих систем, использующих метатезаурис UMLS как средство для построения доменной онтологии. Авторы приводят описание медицинской обучающей системы METEOR, которая включает кейсы, базу знаний и систему подсказок, основанную на расчетах семантической близости между понятиями. Так называемая «экспертная цепочка» для работы с кейсом – это «эталонный путь», который предвари-

тельно формулируется экспертом совместно с когнитологом и включается в базу знаний. Для составления этой цепочки авторами статьи была создана среда для совместной разработки медицинского случая COMET [18]. Когда студент или врач, повышающий квалификацию, обращается к работе с кейсом, он выбирает ответы на вопросы из альтернативного перечня и в ответ получает сообщение системы о том, насколько он близок к правильному решению.

В настоящем исследовании база знаний (БЗ) интеллектуальной обучающей системы реализована на фреймах, которые используются для описания заболеваний, первичных, вторичных признаков и т.п. Достоинство фреймов состоит в том, что они позволяют манипулировать как декларативными, так и процедурными знаниями. Значение фрейма может быть вычислено с помощью выполнения продукционного правила.

Пополнение БЗ происходит путем добавления фреймов и/или набора продукционных правил при анализе экспертом новых клинических случаев (кейсов). Таким образом, речь идет об открытой для расширения базе знаний. Принципиально важно, что предлагаемый подход позволяет использовать интеллектуальную систему для обучения пользователя даже при небольшом количестве кейсов, при этом нет необходимости в полномасштабной БЗ предметной области.

Структурно-функциональная схема ИОКС представлена на Рис. 1. Формирование базы знаний системы осуществляется последовательно, по мере представления экспертом новых кейсов. Каждый из них содержит определенную многоаспектную информацию конкретного пациента: данные анамнеза в табличном и графическом виде, видеофайлы осмотра пациента на предмет клинических проявлений заболевания, визуализации результатов радиологических исследований (ультразвуковая диагностика, рентгено-компьютерная и магнитно-резонансная томография и т.п.). Также содержит дополнительную аудиовизуальную информацию, представляющую собой видеозаписи беседы лечащего врача с пациентом и консультации с другими врачами-специалистами. Врач-эксперт, исходя из анамнеза и клинической картины пациента данного кейса, определяет перечень первичных гипотез или возможных диагнозов (дифференциально-диагностический ряд), которые затем уточняются или отклоняются

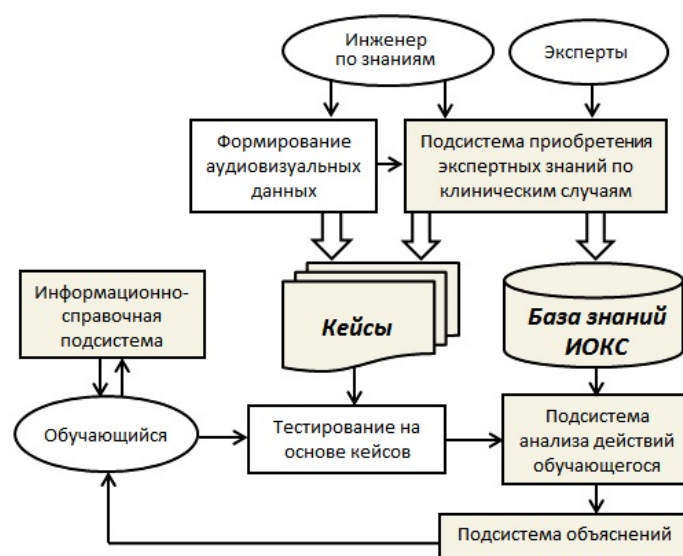


Рис. 1. Структура и функции интеллектуальной обучающей системы на основе кейс-метода

в процессе получения результатов обследования пациента. Отклонение, как и подтверждение, гипотез формализуется в виде продукционных правил. Таким образом, в процессе формирования БЗ последовательно создаются фрагменты, необходимые для диагностики клинического случая (кейса). По существу, кейс отражает не только определенную информацию о пациенте, но и решение на ее основе ситуационных задач, возникающих во время диагностического процесса.

ИОКС создает возможность оценки освоения материала обучающимися и, соответственно, приобретения ими навыков диагностики в процессе обследования виртуальных пациентов с использованием кейсов, отображающих различные клинические ситуации, описания которых включены в базу знаний.

4. Разработка исследовательского прототипа интеллектуальной обучающей кейс-системы

Рассмотрим процесс построения ИОКС на примере диагностики туберозного склероза (ТС) [19].

4.1. Приобретение и представление знаний

Приобретение знаний при создании интеллектуальной кейс-системы осуществлялось в два этапа. На первом инженером по знаниям

осуществлялся анализ литературных источников (в данном случае монография по туберозному склерозу и научные статьи), на втором этапе – уточнение извлеченной информации и структурирование знаний с помощью экспертов – ведущих специалистов в данной предметной области.

В Табл. 1 в качестве примера приведены фреймы с продукционным выводом для диагностики ТС. Для логического вывода в качестве присоединенных процедур используются продукционные правила. На начальном этапе анализа анамнеза и данных осмотра виртуального пациента определялся первичный дифференциально-диагностический ряд – перечень возможных нозологических единиц со сходной симптоматикой, включавший туберозный склероз и нейрокожный синдром. В приведенном варианте перечень не является полным, он определяется на основе рассмотрения признаков пациента в рамках первого кейса.

4.2. Принципы работы ИОКС

Обучение в основанной на кейсах системе осуществляется в процессе последовательного решения задачи – от подтверждения признаков к подтверждению диагноза. Проиллюстрируем работу системы на конкретном примере ИОКС «ТС». В данном случае возраст ребенка до одного года, поэтому при активации фрейма «Первичные признаки» определяется значение слота «Рабдомиома» и обучающемуся предлагается

Табл. 1. Фрагмент фреймов с продукционным выводом для диагностики туберозного склероза

Имя фрейма: Первичные признаки (ПП) {Р; ГП; АЛ}		
Имя слота	Значения слота	Присоединённая процедура
Рабдомиома (Р)	есть; нет	Если возраст ребенка < 1 года И проведено исследование «УЗИ сердца» И выявлена рабдомиома сердца, то ПП = «Р»
Гипопигментные пятна (ГП)	{0; 1; 2; 3; >3}	Если проведен «Осмотр кожных покровов» И выявлено не менее 3 ГП, то ПП = «ГП»
Ангиофиброма лица (АЛ)	есть; нет	Если проведен «Осмотр кожных покровов» И выявлена ангиофиброма лица, то ПП = «АЛ»
Имя фрейма: Вторичные признаки (ВП) {КК; МКП}		
Костные кисты (КК)	есть; нет	Если проведено рентгенологическое исследование И выявлены КК, то ВП = «КК»
Множественные кисты почек (МКП)	есть; нет	Если проведено рентгенологическое исследование И выявлены МКП И подтверждена гистология МКП, то ВП = «МКП»
Имя фрейма: Диагноз {туберозный склероз (ТС); нейрокожный синдром}		
Клинические проявления	ПП; ВП	Если возраст пациента <= 1 И (число ПП >= 2 ИЛИ число ПП >= 1 И число ВП >= 2), то Диагноз = «ТС».
Наличие мутаций	Патогенная мутация	Если ПМ = «TSC1» ИЛИ ПМ = «TSC2», то Диагноз = «ТС».
Имя фрейма: Патогенная мутация (ПМ)		
Наличие патогенных мутаций	TSC1; TSC2	Если проведено МГ исследование И имеется мутация в гене TSC1 то ПМ = «TSC1»

посмотреть видеоролик «УЗИ сердца» и определить наличие рабдомиомы. Если рабдомиома выявлена и, следовательно, ПП=Р, то активируется слот «Клинические проявления» фрейма «Диагноз» – проверяется левая часть присоединенной процедуры слота и определяется число первичных признаков (ПП = 1), затем активируется фрейм «Вторичные признаки» – формируется вопрос о наличии вторичных признаков (ВП) туберозного склероза и, в случае выявления двух ВП, устанавливается диагноз Туберозный склероз. Если число ВП < 2, то при проверке наличия других первичных признаков выполняется проверка слота «Гипопигментные пятна» (ГП). Видеоролик «Осмотр кожных покровов» позволяет увидеть гипопигментные пятна невооруженным глазом (Рис. 2). Для ответа на соответствующий вопрос вводится цифра, указывающая количество больших гипопигментных пятен. Если значение больше трех, то выполняется процедура, присоединенная к слоту «Гипопигментные пятна» фрейма «Первичные признаки». Число ПП приобретает значение 2. Если возраст ребенка до одного года, то выполнится присоединенная процедура к

слоту «Клинические проявления» фрейма «Диагноз», и будет установлен диагноз Туберозный склероз. Начальный этап работы с интеллектуальной обучающей кейс-системой представлен в виде блок-схемы на Рис. 3.

В приведенном примере ответы обучающегося после просмотра видео, ознакомления с анамнезом и результатами проведенных исследований достаточны для логического вывода системой правильного диагноза. Однако не всегда такой «оптимальный путь» совпадает с диагностической цепочкой рассуждений обучающегося, поэтому важно оценить, насколько правильны его действия по определению клинических признаков заболевания, по формированию списка диагностических гипотез, по плану обследования.

4.3. Подсистема анализа действий

В процессе виртуальной диагностики формируется последовательность ситуационных задач и вопросов, которые могут быть связаны с визуальным определением клинического проявления заболевания после просмотра видео или фотографий, с выбором метода дальнейшего

Анамнез и осмотр



Какие кожные проявления вы заметили при осмотре ребенка?

☒ Гипопигментные пятна (Правильный ответ!)

☐ Ангиофибромы лица

☐ Мягкие фибромы

☐ Фиброзные бляшки

☒ Седые пряди волос (Неправильный ответ. Рекомендуем посмотреть видео еще раз.)

☐ Участок шагреновой кожи

☐ Кожных проявлений нет

План обследования

Рис. 2. Экранная страница «Анамнез и осмотр пациента»

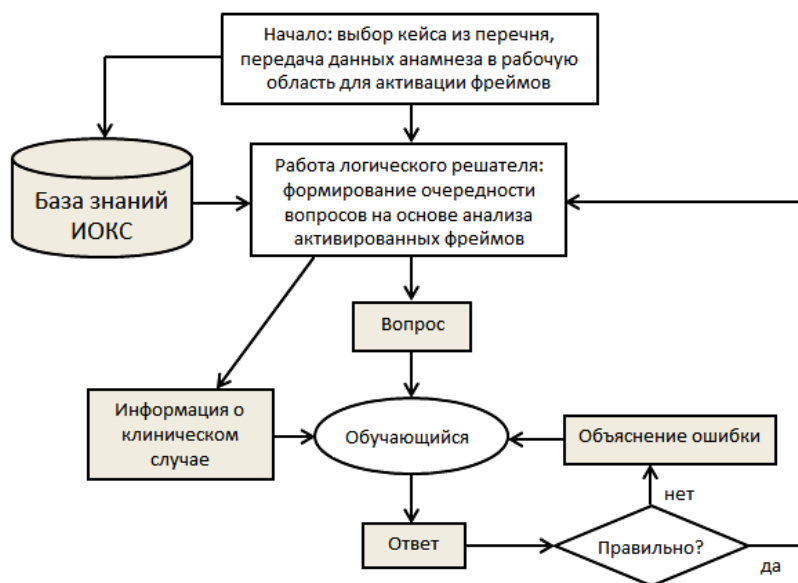


Рис. 3. Блок-схема алгоритма начального этапа работы с ИОКС

обследования пациента или с решением об обращении к другим специалистам.

Для каждого шага процесса виртуальной диагностики разработаны 3 типа вопросов:

- для определения симптомов заболевания после просмотра видеоролика;
- для формирования списка предполагаемых диагнозов на основании данных анамнеза, просмотра видео, результатов обследования, а также информации, полученной в аудиозаписях от лечащего врача и других специалистов;

- для определения очередности проведения дополнительных исследований, необходимых для уточнения диагноза.

Порядок вопросов не задан жестко, он определяется решателем в процессе выполнения присоединенных процедур – продукционных правил в соответствии с заданной стратегией механизма вывода решения. В то же время, обучающийся имеет возможность «вмешиваться» в этот процесс путем выбора того или иного дополнительного исследования для уточне-

ния диагноза. В случае если выбранное исследование нецелесообразно, то выдается соответствующая информация с объяснением, если такое действие возможно – обучающийся имеет возможность установить диагноз «своим путем», получая на следующем шаге результаты виртуально проведенного исследования.

В подсистеме анализа действий обучающегося на каждом шаге виртуальной диагностики определяется оценка:

- правильности визуального определения симптомов,
- выбора релевантных для диагностического поиска симптомов,
- целесообразности выбора того или иного метода обследования пациента,
- рациональности выбранной последовательности обследования пациента,
- необходимости обращения к другим специалистам для уточнения диагноза.

Кроме этого, определяются две интегральные оценки – количество ошибок при ответах на вопросы и длина диагностической цепочки действий обучающегося для установления диагноза, которая затем сопоставляется с «оптимальным путем», построенным ИОКС.

4.4. Подсистема объяснений

Для объяснения ошибок, допущенных при определении симптомов, выборе тактики обследования и формировании списка диагностических гипотез, и нерациональных действий обучающегося в процессе виртуальной диагностики используются объяснения – подготовленные тексты на естественном языке. Объяснения потенциально возможных ошибок сформированы заранее, записаны в базе знаний и в случае неверных действий представляются обучающемуся (их может просматривать и преподаватель).

4.5. Информационно-справочная подсистема

В состав ИОКС, наряду с обучающим модулем, включен справочный блок «Туберозный склероз» [19], представляющий собой учебно-методический материал в виде иллюстрированного гипертекста. Справочный блок позволяет обучающимся ознакомиться с клиническими признаками туберозного склероза, научиться выделять облигатные и "тревожные" симптомы

заболевания, владеть навыками дифференциальной диагностики ТС. Реализован дистанционный доступ к структурированной текстовой информации в интерактивном режиме с использованием панели управления, предметного указателя и гиперссылок. Имеется возможность получать иллюстративные описания клинических признаков туберозного склероза, включающие фотографии, таблицы, рисунки, схемы и озвученные видеосюжеты.

Заключение

Построение кейс-ориентированной интеллектуальной медицинской обучающей системы рассмотрено на примере диагностики туберозного склероза. Разработана концептуальная модель ИОКС по дифференциальной диагностике туберозного склероза. Предварительно извлеченные из литературных источников знания уточнены с помощью экспертов. База знаний реализована на фреймах, дополненных продукциями.

Интеллектуальная обучающая система, включающая кейсы, обеспечивает приобретение навыков дифференциальной диагностики в процессе обследования виртуального пациента. Система реализуется как расширяющаяся за счет включения новых кейсов и пополнения соответствующими знаниями.

Мультимедийная информация о проявлениях заболевания, объяснения ошибок и нерациональных действий позволит обучающимся приобрести дополнительные знания и навыки в процессе виртуальной диагностики.

В настоящее время проводится работа по реализации исследовательского прототипа ИОКС по дифференциальной диагностике туберозного склероза.

Литература

1. Thistlethwaite J.E., Davies D., Ekeocha S. et al. The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No.23. Med Teach. 2012; 34(6): p.421-444.
2. Barrows H.S. A taxonomy of problem-based learning concepts. Med Educ. 1986; 20 (6): p.481-486.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт ВПО по специальности 060103 Педиатрия. 2010. [Электронный ресурс] — Режим доступа. URL: http://fgou-vunmc.ru/vocational/fgosvpo/fgos/FGOS_pediatria.pdf (дата обращения: 15.01.2016).
4. Янковская А.Е., Семенов М.Е., Ямшанов А.В., Семенов Д.Е. Когнитивные средства в обучающе-

- тестирующих системах, основанных на смешанных диагностических тестах. Искусственный интеллект и принятие решений. 2015; 4: с.51-61.
5. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. М.: Наука, 1991.
 6. Кобринский Б.А. Отражение образного мышления в системах искусственного интеллекта. VI Международная конференция "Знания-Диалог-Решение" KDS-97: Сб. науч. тр. Т.1. Ялта, 1997; с. 29-36.
 7. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://evolkov.net/case/case.study.html> (дата обращения: 15.01.2016).
 8. Srinivasan M., Wilkes M., Stevenson F. et al. Comparing Problem-Based Learning with Case-Based Learning: Effects of a Major Curricular Shift at Two Institutions // *Academic Medicine*. 2007; 82 (1): p.74-82.
 9. Царапкина Ю.М. Использование кейс-технологий при обучении студентов. Образовательные технологии. Образование и наука. 2015; 3 (122): с.120-128.
 10. Interactive Medical Cases. *New England Journal of Medicine*. 2015. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.nejm.org/multimedia/interactive-medical-case> (дата обращения: 15.01.2016).
 11. Кобринский Б.А. Аргументационные системы: медицинские приложения. НТИ. Сер.2. Информационные процессы и системы. 2014; 4: с.9-11.
 12. Таран Т.А. Технология обучения понятиям в интеллектуальных обучающих системах// *Новости искусственного интеллекта*. 2003; 6: с.18-23.
 13. Miller P.L., Blumenfrucht S.J., Black H.R. An expert system which critiques patient workup: modelling conflicting expertise. *Comput. and Biomed. Res.* 1984; 17 (6): p.554-569.
 14. Приходина Л.С., Марьянчик Б.В., Длин В.В., Игнатова М.С. Компьютерная система и нефротренажер для дифференциальной диагностики заболеваний почек у детей с синдромом гематурии//*Информационные технологии в здравоохранении*. 2002; 8-10: с.16-17.
 15. Chin H.L., Cooper G.F. Case-based tutoring from a medical knowledge base. *Computer methods and programs in biomedicine*. 1989; 30(2-3): p. 185-198.
 16. Шишин А.В., Козырев О.Р. Использование онтологий в системе семантического анализа кейсов. *Бизнес-информатика*. 2008; 3(05): с.25-30.
 17. Kazi H., Haddawy P., Siriwan S. Employing UMLS for generating hints in a tutoring system for medical problem-based learning. *Journal of biomedical informatics*. 2012; 45 (3): p.557-565.
 18. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P.A. Collaborative Medical Case Authoring Environment Based on the UMLS. *Journal of Biomedical Informatics*. 2008; 41(2): p. 318-326.
 19. Туберозный склероз / Под ред. М.Ю. Дорофеевой. М.: Практическая медицина, 2012.

Кобринский Борис Аркадьевич. Заведующий лабораторией систем поддержки принятия клинических решений Института современных информационных технологий в медицине ФИЦ «Информатика и управление» РАН. Профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова. Окончил 2-й Московский государственный медицинский институт им. Н.И. Пирогова в 1970 году. Доктор медицинских наук. Автор более 500 печатных работ, в том числе восьми монографий и двух учебников. Область научных интересов: экспертные системы, инженерия знаний, искусственный интеллект, нечеткие системы, системы поддержки принятия решений, специализированные регистры. Email: bak@isa.ru

Путинцев Александр Николаевич. Ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова. Окончил Московский физико-технический институт в 1978 году. Кандидат технических наук. Автор более 150 печатных работ. Область научных интересов: экспертные системы, инженерия знаний, искусственный интеллект, создание электронных образовательных ресурсов для дистанционного повышения квалификации врачей по диагностике редких наследственных заболеваний. Email: pa@pedklin.ru