

Поддержка принятия экспертных решений: ретроспектива и перспективы развития

А. М. Хавторин

НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, Ahavtorin@mail.ru

Аннотация. Проведен обзор исследований и методик в части формализации экспертного знания и поддержки принятия экспертных решений. Проанализирован подход к решению задачи, разработанный в 70-80-е годы группой под руководством акад. И.М. Гельфанда, в том числе в НИИСИ. Проанализированы сложности и проблемы применения методики. Описаны перспективы переработки и применения методики поддержки принятия экспертных решений в сфере здравоохранения и в других областях экономики.

Ключевые слова: искусственный интеллект, формализация знания, экспертное знание, медицина, медицинская информатика, диагностические игры

1. Введение

Вопросы анализа механизмов принятия решений экспертами в различных предметных областях активно исследовались, начиная с 60-х годов XX века. Именно тогда были разработаны первые модели и алгоритмы, моделирующие процесс мышления человека. Один из наиболее значимых результатов - алгоритм "Кора" М. Бонгарда, моделирующий деятельность человеческого мозга при распознавании образов (60-е гг.) [5].

Слабым местом этих моделей было то, что они требовали высокого уровня формализации предметной области, и проработанной структуры алгоритмов принятия решений. Это значительно ограничивало (хотя и не исключало) использование экспертных систем в слабо формализуемых областях, таких как медицина.

В 70-80е гг под руководством акад. И.М. Гельфанда была проведена работа по анализу структуры и механизмов экспертного знания. Результатом работы стали т.н. «Экспертные игры Гельфанда» - методика формализации экспертного знания. Диагностические игры были апробированы в нескольких областях медицины, главным образом для прогнозирования развития тяжелых состояний пациентов, и показали высокую результативность. Дальнейшему развитию и внедрению методики помешали её громоздкость и недоступность соразмерных вычислительных ресурсов.

В наши дни, в контексте развития технологий искусственного интеллекта и доступности практически безграничных вычислительных ресурсов, диагностические игры Гельфанда могут получить новое развитие. Ограничения

систем искусственного интеллекта, с которыми сталкиваются специалисты, могут быть системно обойдены с помощью механизмов анализа и формализации экспертного знания.

На текущем этапе, наиболее перспективной отраслью применения диагностических игр по-прежнему видится медицина.

2. Предпосылки исследований экспертного знания

Начиная с 60-х годов, развитие информационных технологий и кибернетики породило у человечества несколько волн ожиданий, надежд и разочарований. Одно из них - словосочетание «искусственный интеллект» (ИИ) и вера в его грядущее всемогущество. Если отбросить фантастические сценарии, то в обществе сохраняется вера в то, что ИИ:

- Начнёт думать, как человек;
- Сможет принимать технические и управленческие решения за человека;
- Заберет на себя как рутину, так и управление сложными процессами;
- В итоге, коренным образом изменит профессиональный ландшафт цивилизации.

За этими ожиданиями практически был забыт термин «технологии и системы поддержки принятия решений», который наиболее точно описывает место и роль ИИ. Кроме того, всегда остро стоял вопрос корректного обучения ИИ, формирования той базы, на основе которой делаются выводы. В наши дни, с бурным развитием генеративных систем, этот аспект стал особенно актуален.

Далее в статье предлагается опираться на следующие постулаты:

1. ИИ-системы рассматриваются в контексте поддержка принятия решений.

2. Применение ИИ, как и любой другой технологии, оказывается эффективным только при правильном выборе области применения.
3. Ключевой вопрос результативности применения ИИ – возможность и уровень формализации предметной области.

2.1. Проблемы формализации знания

Одни из первых попыток применения ИИ (экспертных систем) относились к медицине. За основу была принята гипотеза о том, что процесс диагностики заболеваний может быть легко алгоритмизирован в виде дерева вариантов, с минимальной долей неопределенности на выходе. В ряде случаев подобный подход действительно демонстрировал более высокую точность постановки диагноза (или прогнозирования течения заболевания), чем у врача. Однако, алгоритмы оказались в очень высокой степени контекстно-зависимыми.

Результат мог меняться в зависимости от используемых средств диагностики и обследования, подходов конкретного врача и тд. Очевидно, что в основе проблемы лежала неверная попытка формализации как описания объекта исследования (пациента), так и алгоритмов принятия решений. Фактически, не ставилась задача выработки адекватного языка описания возникающих задач, понятного и однозначно трактуемого всеми участниками исследования.

Разработчики экспертных систем, в основном математики и инженеры высокого класса, подходили к медицинским задачам так же, как к физическим или инженерным: путем построения математической модели и поиска оптимального решения. Таким образом, формальное описание задачи и её объекта изначально формировалось в отрыве от постановщиков задачи (врачей), на непонятном им (мета)языке.

Как отмечалось выше, этот подход точно продемонстрировал хорошие результаты, но системно был ошибочным.

В дальнейшем вопросы формализации были детально проработаны научным коллективом под руководством акад. И.М. Гельфанда.

2.2. Постановка задачи и адекватный язык

Ключевые моменты корректной формализации – постановка задачи и выбор (формирование) адекватного языка описания задачи и объекта исследования.

В вопросы постановки задачи в этой статье углубляться не будем, отметим только, что

постановки (формулировки) задачи в одинаковых ситуациях могут радикально различаться в зависимости от подхода исследователя, контекста ситуации, задач высших уровней и тд. Собственно, это то, что в системном анализе называется «точка зрения».

Обозначим только основные критерии правильно поставленной задачи:

1. Должен быть четко и однозначно определен перечень объектов исследования (в приложении к медицине – контингент пациентов).
2. Для каждого объекта (пациента) должен даваться однозначный ответ на поставленный вопрос. Отсутствие ответа в некотором количестве случаев является допустимым.
3. Полученное решение должно поддаваться проверке и быть воспроизводимым.

Адекватный язык описания задачи и решения – ключевой момент формализации. Тема адекватного языка применительно к описанию сложных систем была поднята в [7]. Применительно к задачам медицины, язык можно считать адекватным, если:

1. На нём достаточно просто формулируется как описание задачи(проблемы), так и решения.
2. Язык однозначно понимается постановщиками задачи (врачами) и специалистами – не врачами.
3. Язык позволяет при необходимости легко изменять описание задачи и решения.

В целом, мы придерживаемся гипотезы, что врач организует информацию о больном с помощью небольшого количества показателей. По аналогии со статистическими моделями, можно сказать, что 10% из доступных врачу показателей дают 90% веса.

Действительно, при большом объеме информации, получаемой врачом при обычном осмотре и расспросе больного, не говоря уже о специальных исследованиях, врачи успешно и быстро справляются с обилием информации.

Пример адекватного языка - способ передачи информации от одного врача другому. В беседах друг с другом врачи могут в нескольких фразах сказать все существенное о пациенте. Другими словами, они обладают емким и лаконичным профессиональным языком, позволяющим просто описать ситуацию.

Тема разработки адекватного языка формализации будет детально рассмотрена в готовящейся диссертации. Стоит отдельно отметить, что особое внимание будет уделено универсализации подхода к языку,

позволяющему применять методику в различных областях.

3. Диагностические игры как инструмент формализации знания

В 80-е годы коллективом специалистов-математиков и врачей под руководством акад. И.М. Гельфанда была разработана методика формализации экспертного знания, получившая название «диагностические игры Гельфанда». Первые и наиболее результативные применения методики были в медицине (см. ниже). Также диагностические игры применялись для прогнозирования исходов снежных лавин и оценки продуктивности нефтеносных пластов. [1]

В большинстве случаев методика показала высокие результаты, но широкому применению помешала её громоздкость, в 80-90е годы практически непреодолимая.

3.1. Суть методики

В основе диагностических игр лежат следующие гипотезы, получившие в дальнейшем эмпирическое подтверждение:

1. Знания эксперта носят скрытый характер и проявляются в виде интуитивных решений.
2. Эксперт принимает решение, опираясь на небольшое количество значимых признаков (обычно не более 7).
3. Эксперт не в состоянии выделить и описать эти признаки.
4. Попытка выстроить алгоритм принятия решения по принципу «пусть эксперт детально расскажет, как думает» неэффективна.

Диагностические игры – методика, основанная на моделировании ситуаций, встречающихся в ходе лечебного процесса. Этот подход, с одной стороны, обеспечивает близость деятельности врача в ходе игры к реальной лечебно-диагностической практике, с другой - делает доступным формальный анализ процесса принятия решений.

В ходе диагностической игры ведущий (математик) дает врачу порции информации о пациенте. Из массивов ответов врача можно итерационно вычлнить признаки, которым эксперт отводит ключевую роль. Для иллюстрации процесса игры, ниже приведен фрагмент расшифрованной записи. [1][2]

Пример 1.

МАТЕМАТИК (М). В Ваше отделение только что поступил больной инфарктом миокарда (ИМ).

Комментарий. Заранее было оговорено, что речь пойдет о больных с крупноочаговым ИМ, поступивших в клинику не позднее 48 ч от начала острого приступа и не требующих немедленных реанимационных мероприятий. В противном случае вопросы о назначении лечения, прогнозе и т.д. приобретают совсем другой смысл.

ВРАЧ (В). Сколько времени прошло от начала острого приступа?

М. 3 часа.

В. Купированы ли боли?

М. Боли продолжаются.

В. Есть ли сердечная недостаточность (СИ)?

М. Отсутствует.

В. Скажите мне частоту сердечных сокращений (пульс) и артериальное давление.

М. Зачем Вам нужна эта информация, если Вы знаете, что сердечной недостаточности нет?

В. Во-первых, для контроля отсутствия СН, во-вторых, лечение при брадикардии и тахикардии различается, оно различается также при гипертензии и гипотензии.

Комментарии. 1. Недоверие к оценке СН лечащим врачом связано с большой ее субъективностью, особенно в стертых случаях.

2. Дополнительные вопросы, задаваемые математиком, позволяют получать информацию о взаимосвязях между признаками в естественной ситуации, когда врач анализирует состояние конкретного больного. В этом случае он отвлекается от шаблонов и может отметить связи, которые пропустит или сочтет несущественными, отвечая на обихидный вопрос.

М. Пульс 80—40, давление 120/80- 100/70.

В. Частота дыхания?

М. При поступлении 18, потом возрастает до 24.

В. Есть ли цианоз?

М. Резкий.

В. Имеется диссонанс в сообщаемых данных. Видимо, при поступлении у больного не было СН, а вскоре после этого развились явная СН (резкий цианоз, частота дыхания 24) и нарушения ритма, вследствие чего пульс упал до 40.

Комментарий. Конечно, в этом месте мы столкнулись с несовершенством вопросника, в нем не было полностью отслежено быстрое изменение состояния больного.

М. Вы правы. При поступлении отмечаются частые одиночные и групповые экстрасистолы. Затем на их фоне возникает полная атриовентрикулярная блокада (А-У блокада). Какова Ваша оценка тяжести состояния больного?

В. Больной очень тяжелый.

М. Ваш ближайший прогноз исхода ИМ?

В. Каков возраст больного?

Комментарий. Вопрос о возрасте возник в связи с прогнозом. В следующем примере с относительно благополучным прогнозом врач этот вопрос не задал вообще.

М. 47 лет.

В. Прогноз плохой, но не полностью безнадежный из-за относительной молодости больного.

Комментарий. В действительности больной выжил

В ходе разработки методики, были в полном объеме и успешно проведены диагностические игры по следующим направлениям [1][2][6]:

- Прогнозирование исхода мозговых кровоизлияний при разных методах лечения;
- Прогноз исхода инфаркта миокарда;
- Прогнозирование осложнений при разных типах клинического течения инфаркта миокарда;
- Прогнозирование сроков сохранения синусового ритма сердца после устранения мерцательной аритмии;
- Прогнозирование заживления дуоденальных язв;
- Прогнозирование рецидива кровотечения язвы желудка и двенадцатиперстной кишки;
- Дифференциальный диагноз гнойных менингитов различной этиологии у детей первого года жизни.

3.2. Организация диагностической игры

Диагностические игры, как и любой достаточно сложный инструмент, дают эффект, только будучи примененными «по месту» и корректно.

Вопрос выбора точки приложения авторами методики явным образом не рассматривался, поскольку работа изначально велась в тесном сотрудничестве с врачами, и отбирались интуитивно подходящие задачи (*ирония: экспертное знание о том, как выбрать область применения методики, не было формализовано*). В ходе проработки темы в наши дни были выработаны следующие критерии выбора точки приложения методики:

1. Задача/проблема должна возникать регулярно;
2. Должен быть накоплен опыт ее решения;
3. Решение должно требовать привлечения эксперта;
4. Должен существовать дефицит экспертного ресурса.

Таким образом, можно выделить следующие этапы проведения диагностической игры:

1. Определение точки приложения методики;
2. Постановка задачи и предварительная структуризация данных;
3. Составление многоцелевого опросника;
4. Разработка адекватного языка описания объекта (пациента);
5. Разработка и проверка решающих правил.

4. Перспективы применения диагностических игр

Как было отмечено выше, диагностические игры не получили дальнейшего развития главным образом из-за громоздкости самой методики. Современный уровень доступности вычислительных мощностей, и в особенности возможности систем искусственного интеллекта, позволяют оптимистично оценивать возможность «реанимации» и дальнейшего широкого использования методики, причем не ограничиваясь медициной.

Почему сегодня, при высоком уровне развития ИИ-технологий, а особенно генеративных систем, диагностические игры могут найти своё применение? Дело в том, что реальная эффективность систем поддержки принятия решений зависит от наличия, объемов и качества материалов для обучения. Так, ИИ успешно применяется в медицине там, где есть поток обучающих материалов, и качество выводов не хуже, чем у врача. Яркий пример – анализ рентгеновских снимков. С помощью ИИ успешно решаются относительно простые, поточные задачи. Нетиповые задачи, редкие случаи – всё то, что требует экспертного вмешательства, остается в зоне человеческих решений: ИИ просто не на чем обучить.

Аналогично обстоят дела с генеративными системами. Результаты их работы априорно носят вероятностный характер, и зависят в первую очередь от корпуса текстов, на которых обучалась система. Генеративные ИИ, обученные на специализированных текстах (например, оцифрованных историях болезни) существуют, но они не общедоступны.

Таким образом, существующие ИИ-решения не покрывают ту область, где требуется работа эксперта.

С помощью диагностических игр планируется в выбранных областях снизить нагрузку на экспертов (см. выше критерии выбора точки приложения). Непосредственно для проведения игры, формирования сценариев,

моделирования конкретных случаев планируется широко использовать локальные генеративные системы, с дообучением их профильной информацией.

Методику планируется развивать, на первом этапе применяя её в медицине. Именно в этой области её можно достаточно быстро довести до состояния практической готовности, особенно с учетом того, что большая часть специалистов из коллектива И.М. Гельфанда еще живы и открыты к сотрудничеству. Планируется тесное взаимодействие с НМИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. Предварительно, точки применения методики следующие:

1. Показания к хирургическому/радиологическому лечению/наблюдению при доброкачественных опухолях основания черепа:

- менингиомы;
- шванномы;
- нейрофибромы;
- остеомы;
- множественные доброкачественные новообразования.

2. Показания к хирургическому лечению при разных видах нейрохирургической патологии

- нейроваскулярный конфликт;
- аномалия Киари;
- гидроцефалия.

В ходе предварительного анализа, будут выделены 3-4 наиболее характерных задачи из перечисленных выше.

В целом, планируется сделать методику

более универсальной, не ограничиваясь медициной. При всей актуальности медицинских задач, схожая ситуация с экспертизой, применением экспертного знания наблюдается во многих областях науки и промышленности. С учетом опыта применения диагностических игр за пределами медицины, можно предположить, что в первую очередь методика найдет применение в геологии (разведка полезных ископаемых, прогноз продуктивности месторождений), эксплуатации сложных инженерных систем, сельском хозяйстве.

Также развитие методики видится исключительно перспективным в свете реализации положений национального проекта «Экономика данных и цифровая экономика» и поддержки развития технологий искусственного интеллекта.

5. Заключение

В настоящей статье описывается подход к вопросам формализации экспертного знания и анализа механизмов принятия решений экспертами, разработанный под руководством акад. И.М. Гельфанда в 70-80 гг. Проанализированы возможности развития и перспективы применения методики в различных областях в наше время.

Публикация выполнена в рамках подготовки кандидатской диссертации по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Support for expert decision making: retrospective and development prospects

A. M. Khavtorin

Abstract. A review of research and techniques regarding the formalization of expert knowledge and support for expert decision-making has been conducted. The approach to solving the problem, developed in the 1970s and 80s by a group led by academician I.M. Gelfand, including at NIISI, is analyzed. The complexities and problems of applying the methodology are analyzed. The prospects for the processing and application of methods to support expert decision-making in the field of healthcare and other areas of the economy are described.

Keywords: artificial intelligence, formalization of knowledge, expert knowledge, medicine, medical informatics, diagnostic games

Литература

1. И. М. Гельфанд, Б.И. Розенфельд, М.А. Шифрин. Очерки о совместной работе математиков и врачей. М.: Едиториал УРССб 2005.

2. И. М. Гельфанд, Б. И. Розенфельд, М.А. Шифрин. Психологический журнал, «Диагностические игры» в задачах медицинской диагностики и прогнозирования», 1985.

3. И. М. Якубович, «Игры математиков и врачей», <https://zdrav.fom.ru/post/igry-matematikov-i-vrachey>.

4. Ю.Б. Котов, «Методы формализации профессионального знания врача в задачах медицинской диагностики»: диссертация доктора физико-математических наук: 05.13.18. - Москва, 2002.

5. Бонгард М.М. Проблема узнавания М.: Физматгиз, 1967.

6. Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Сыркин А.Л., Головня Л.Д., Извекова М.Л., Алексеевская М.А. Прогнозирование исхода инфаркта миокарда с помощью программы «Кора-3» // Кардиология. – 1977. – Т.17, № 6. – С.19-23

7. Ю. М. Васильёв, И. М. Гельфанд, Ш. А. Губерман, М. Л. Шик. Взаимодействие в биологических системах. М.: Природа, 1969, №06,07.