

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ТИПА «ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАЦИЕНТ»

Уральская государственная медицинская академия

Любая оптимизация усвоения знаний в стратегическом плане является предпосылкой их последующего оптимального использования в процедуре принятия решений. Для обеспечения принятия эффективных решений информационные технологии могут быть использованы в варианте обучения и приобретения знаний с помощью компьютерных обучающих систем (КОС) [1]. Несомненно, что КОС в медицине могут претендовать лишь на функции, дополняющие традиционное обучение. Последнее пронизано субъективностью слабо структурированного врачебного опыта и опирается на реальную и динамичную среду ситуационно-зависимых решений. Никакой компьютер не заменит талантливого преподавателя, реального пациента и конкретную тактическую ситуацию со всей сложностью, присущей взаимодействию двух субъектов познания [12].

Если формулировать требования к современным КОС, то обучающая система должна:

- обеспечивать квалитетрию (оценку подготовленности обучаемого);
- моделировать не только различные стратегии обучения, но и самого обучаемого;
- использовать мультимедийную информацию;
- иметь полифункциональный иерархический интерфейс;
- обеспечивать активный контроль процесса обучения;
- индивидуализировать и активизировать обучение;
- создавать реальную (или моделировать близкую к реальной) среду ситуационно-зависимых решений;
- создавать открытую ситуацию обучения с отсутствием заранее подготовленных решений;
- ориентироваться на оценку не столько результатов, сколько способов решения [1, 2, 3, 5, 8, 9, 13].

Пока большинство КОС независимо от доли активной компоненты в процедуре обучения моделирует так или иначе функцию «учителя», идет ли речь об «электронном учебнике» или о мультимедиа-системе с полифункциональным иерархическим интерфейсом. В медицине это, возможно, оправдывается тем хрестоматийным положением, которое гласит: компьютерные технологии наиболее эффективны там, где предметная область наиболее систематизирована и структурирована. Несомненно, что дидактика по своей сути предполагает систематизацию представлений и структуризацию знаний в преподаваемой предметной области даже ценой возможного упрощения неизмеримо более сложной реальности.

Уместно привести шуточный парадокс, именуемый законом Х.Л. Менкена: кто умеет - делает, кто не умеет - учит других, кто не может учить - управляет, кто не умеет управлять - правит. Из первого положения парадокса можно извлечь уже лишённые всякой иронии истины, иллюстрирующие проблематику разработки компьютерных систем профессионального обучения. В частности, чем более квалифицирован эксперт (читай - учитель), тем менее он способен объяснить, как он приходит к определённым выводам [6,10, 11].

В медицине с ростом профессионализма существенно возрастает удельный вес интуитивного постижения (инсайта), не всегда поддающегося рациональным объяснениям. Именно поэтому в медицине так велико значение другого аспекта обучения - практики, тренажа, включения подсознательных механизмов обучения.

Другая истина заключается в том, что в угоду дидактике при всяком обучении неизбежно ограничение «мира» учителя, провоцирующее упрощение и подмену сложной реальности учебными стереотипами. В этих условиях может возникать некий «зазор» между слегка искусственной информационной средой обучения (теории, схемы, таблицы, представления «школ» и т. п.) и реальной средой принятия ситуационно-зависимых решений.

В связи с вышеприведенными рассуждениями возникает принципиальный вопрос - что же все-таки должна моделировать медицинская КОС? В общем виде это понятно - реальную среду принятия решений. Но реальная среда в медицине - это контакт врача и больного. Обратимся лишь к одной, но достаточно обстоятельной публикации М.Г. Крейнс и соавт., посвященной активным обучающим системам в медицине [3].

Авторы предлагают КОС, реализующую выбор диагностической альтернативы методом активного случайного поиска, эффективность которого оценивается путем сравнения с математическими моделями правильной диагностики.

Можно не оспаривать отказ авторов от попыток имитировать логику профессионала ввиду разноречий семиотики и семантики заболеваний и согласиться с предпочтениями математических моделей принятия решений, если они близки логике врачебного мышления.

Можно приветствовать и реализацию активного обучения в виде случайного поиска, ибо, реальный процесс диагностики не является строго последовательной процедурой и в каждом конкретном случае определяется персональной прагматикой.

Но остается вопрос - насколько близка моделируемая среда обучения реальной среде принятия диагностических решений?

Общеизвестно, что диагноз в значительной мере может предопределяться качеством оценки субъективной информации (жалобы, анамнез), особенно на начальных этапах диагностики. Поведение пациента на этапе изложения жалоб и анамнестических данных может быть достаточно активным, чтобы влиять на диагностический процесс. Отсюда следует, что, разрабатывая медицинскую КОС, целесообразно моделировать не только активное поведение врача, но и возможное активное поведение пациента, разумеется, если обучение не огра-

ничивается лишь сферой оценки данных объективного осмотра, лабораторных и других исследований.

Разрабатывая КОС, мы пришли к убеждению, что обучающие системы в медицине должны моделировать не столько учителя или врача, сколько реального пациента, точнее, реальный интерактивный контакт врача и пациента, в котором могут сталкиваться две стратегии поведения с неполностью совпадающими интересами. При таком подходе обучающая система представляет собой тренажер, имитирующий проблемные диагностические и тактические ситуации во взаимодействии двух моделей - модели врача и модели пациента с варьирующими стратегиями поведения в диалоге. КОС подобного типа мы условно обозначили «Электронный пациент».

В основу модели поведения пациента мы положили следующие принципы:

- пациент — система с целенаправленным поведением;
- цель пациента - предоставить врачу информацию, обеспечивающую возвращение (или возмещение) утраченных качеств жизни (исключая, разумеется, случаи паранойяльного отношения к медицине);

- пациент сам для себя - «черный ящик» (принцип не абсолютен);

- пациент сугубо индивидуален в интерпретации своего заболевания.

Модель врача предопределяется двумя основными составляющими:

- 1) предварительным квалитметрическим тестом

- 2) активно избираемой стратегией диалога и текущей его квалитметрией.

Прямой семантический диалог, который должна обеспечить КОС при этом подходе, преследует общую для обучаемого врача и «электронного пациента» цель - как можно более быстрый и наиболее «приемлемый» для каждой из сторон диагноз. В реальных ситуациях достижение этой цели зависит, с одной стороны, от уровня квалификации врача, его психофизического состояния, степени мобилизованности на быстрое и эффективное решение и от других обстоятельств, с другой стороны, - от готовности пациента к сотрудничеству с врачом, внутренних психологических установок на «приемлемый» диагноз, тяжести состояния пациента, уровня его интеллекта и ряда других причин.

В свете изложенного общая модель контакта врача с пациентом может быть представлена в виде кооперативной игры двух лиц, цель которой постановка правильного диагноза и выбор оптимальной тактики лечения. Обучение в рамках такой модели подразумевает выработку доминирующей стратегии, обеспечивающей «выигрыш», т. е. быстрый и наиболее «приемлемый» диагноз, независимо от действий контрагента. Уточним позиции «играющих» сторон в отношении «приемлемости» диагноза.

Для врача «приемлемый» диагноз равнозначен точному или, по крайней мере, обеспечивающему эффективное лечение. Что касается пациента, то для него «приемлемость» диагноза и точность могут не совпадать. Например, возможны различные психолого-поведенческие стереотипы общения пациента с врачом, предопределяемые степенью невротизации или психопатизации личности пациента. Мы выделили, в частности, такие стереотипы поведения, как «идеальный пациент», «агравант», «дезагравант», «симулянт», «диссимулянт». Очевидно, что фобия, боязнь «опасного», с точки зрения пациента, диаг-

ноза может существенно повлиять на стратегию поведения пациента в диалоге с врачом на этапе выяснения жалоб и анамнеза, побуждая пациента подсознательно преуменьшить, блокировать или, наоборот, преувеличить определенную информацию.

Проектируя КОС как модель кооперативной игры двух лиц и предназначая ее для последипломного повышения квалификации врачей, мы исходим из того, что наибольшее приближение к реальной среде принятия ситуационно-зависимых решений обеспечивается разнообразием стратегий диалога, предопределяемым, с одной стороны, различными моделями психолого-поведенческого стереотипа пациента, с другой, - различными моделями обучаемого врача.

Если рассматривать диалог «врач-пациент» как кооперативную игру ради получения максимума необходимой информации, то «игра» в данном случае есть последовательность поочередных «ходов», где «ходом» врача является очередной вопрос, а «ходом» пациента - очередной ответ. При этом стратегия пациента - предоставление информации, максимально приемлемой в рамках его поведенческого стереотипа, стратегия врача - обеспечение доминирования в быстрой и правильной постановке диагноза независимо от стратегии пациента. Для определения «игры» необходимо задать следующее:

- множество симптомов $S(i)$, где $i=1, 2, \dots, N$;
- единую систему градаций выраженности симптомов $M(j)$, где $j=1, 2, \dots, L$;
- правила перехода $P(i, j)$, согласно которым на вопрос о наличии и значении симптома $S(i)$ должен генерироваться ответ, характеризующий значения $M(j)$ в зависимости от модели пациента;
- множество градаций симптомов $S(i, M(j))$.

Ключевым моментом разработки программ типа «электронный пациент» является определение правил перехода $P(i, j)$, обеспечивающих диверсификацию модели больного и, соответственно, сценария ответов «электронного пациента». Очевидно, что эти правила будут зависеть, по крайней мере, от двух условий:

- искомого диагноза;
- модели психолого-поведенческого стереотипа пациента.

Возможны два принципиально различных способа определения таких правил: неявный и явный [2].

Неявный, или информационный способ рассматривает правила $P(i, j)$ как функцию от реальных диагнозов и стереотипов поведения пациента в соответствующей по объему выборке из реальной базы данных (БД). Иначе говоря, правила обосновываются статистикой БД.

При явном способе задания правила последние формулируются таким образом, чтобы модель пациента представляла собой программу с целенаправленным адаптивным поведением.

Пусть мы имеем отображение $D:S(i, j) \rightarrow DS(k)$ при $k=1, 2, \dots, L$, определяющее связь j -ой градации i -го симптома с тем или иным заболеванием. Обозначим $\text{Prob}(S(i, j), DS)$ вероятность появления искомого диагноза при выборе j -ой

градации i -го симптома. Тогда набор правил $P(i, j)$ легко построить, полагая $P(i, j) = \text{Prob}(S(i), j, DS)$. Для задания вероятностного D можно использовать псевдобайесовский подход, вероятностную логику или нечеткую меру принадлежности [7]. В более общем случае в качестве отображения D может быть использована экспертная или интеллектуальная система.

Охарактеризуем некоторые возможные стратегии игры «электронного пациента» и обучаемого врача.

1. «Идеальный пациент». Обучающая система моделирует в диалоге пациента отвечающего на вопросы врача полно и точно, выбирая «ответы» (градации симптомов), максимизирующие вероятность исходно неизвестного врачу диагноза, избираемого системой случайным образом. Характер и последовательность вопросов активно определяются самим обучаемым из соответствующего «меню». Такая стратегия диалога может быть использована для обучения врача с минимальным профессиональным опытом.
2. «Аггравант». В ходе игры моделируется мнительный пациент, преувеличивающий субъективную симптоматику и провоцирующий тем самым возможную гипердиагностику. Игра строится таким образом, что на некоторые вопросы, уточняющие субъективную симптоматику, обучающая система выбирает «ответы» с максимальными градациями запрашиваемого симптома. Постановка диагноза при этой стратегии игры будет зависеть от того, насколько обучаемый врач сумеет верифицировать «субъективные» интерпретации «электронного пациента» правильной оценкой объективных признаков. Данная стратегия игры, несомненно, потребует большего опыта врача.
3. «Диссимулянт». В русле этой стратегии диалога конструируется психолого-поведенческий тип пациента, утаивающего «опасную», с его точки зрения (например, в отношении нежелательного медицинского обследования), информацию. Обучающая система в ответ на вопросы выдает неполную информацию, блокируя некоторые ответы («нет», «не знаю», «затрудняюсь ответить»), и задача обучаемого врача заключается в том, чтобы через оценку других признаков выйти на искомый диагноз.
4. «Дезаггравант». Моделируется поведенческий стереотип, склонный преуменьшать выраженность субъективных проявлений болезни. «Электронный пациент» выбирает ответы с минимальной градацией выраженности симптомов. Успешная стратегия игры также обеспечивается правильной оценкой семиотики, не подвластной субъективным искажениям.

Таким образом, БД разрабатываемой нами интеллектуальной обучающей системы «электронный пациент» образуют следующие сведения.

1. Перечень симптомов (признаков) и их градаций. Признаки, описывающие заболевание (состояние), выбираются и структурируются врачом-экспертом на логической основе с учетом их диагностической значимости.
2. Перечень логических синдромов и «антисиндромов» (сочетаний, отрицающих какое-либо заболевание).
3. Перечень заболеваний (состояний), имеющих сходство по ряду проявлений и представляющих собой дифференциально-диагностическую проблему.

4. Перечень возможных типов поведения пациента в диалоге и, соответственно, вариантов сценария диалога. Возможные типы «электронного пациента» могут широко варьировать в зависимости от задаваемых условий: отношение к болезни (идеальный пациент, аггравант, дезаггравант, диссимулянт и т. п.), информированность о заболевании (не информирован, мало информирован, информирован не полностью, информирован полностью), интеллект (низкий, средний, высокий) и др.

В базу знаний (БЗ) обучающей системы включаются следующие знания.

1. Продукции эксперта, устанавливающие правила принадлежности симптомов или синдромов к тому или иному заболеванию и правила диагностического вывода.
2. Правила, обеспечивающие логическую непротиворечивость используемой в диалоге семиотики для каждого из заболеваний и для каждого сценария диалога.
3. Правила, предопределяющие выбор вариантов ответа «Электронного пациента» в зависимости от задаваемого типа психолого-поведенческой модели.
4. Наборы квалиметрических тестов или описаний конкретных диагностических ситуаций для первоначальной квалиметрии обучающегося с целью последующего выбора стратегии (сценария) диалога.
5. Условия выбора или смены сценария диалога (случайный выбор, выбор с учетом результатов первоначальной или текущей квалиметрии обучаемого).

Квалиметрический зондаж обучаемого создает основу для формирования модели врача-пользователя КОС. Для моделирования врача могут быть использованы разностные модели (блоки сравнения «ходов» обучаемого с эталонной последовательностью «ходов» высококвалифицированного эксперта, учитывающие степень отклонения от «идеального хода») и пертурбационные модели, вскрывающие причину расхождения знаний пользователя и знаний, заложенных в КОС [8].

Модель врача-пользователя обучающей системы «Электронный пациент» может быть использована не только как отправной ориентир для выбора модели пациента, но и как основа для анализа и оценки эффективности обучения.

Конкурентные варианты квалиметрии могут быть различными. В проекте разрабатываемой КОС «Электронный пациент» предусмотрены следующие возможные режимы квалиметрии:

- режим полных тестовых ситуаций (исчерпывающая характеристика ситуации требует лишь однозначного ответа обучаемого);
- режим неполных тестовых ситуаций (обучаемый имеет возможность в диалоге с системой уточнить ситуацию);
- режим диалога (вопрос - ответ);
- режим «диагностического покера», в котором квалиметрический блок последовательно «выбрасывает» на дисплей по одному признаку какого-либо заболевания, постепенно увеличивая число признаков и фиксируя момент, когда (на каком количестве признаков) обучаемый окажется в состоянии избрать единственно правильную диагностическую альтернативу.

- Подчеркнем основные особенности нашего подхода к проектированию КОС, создающие эмоциональное «силовое поле» [3] игры и состязательности:
- учет фактора времени (кто быстрее) как на этапе квалитметрии, так и в ходе обучения;
 - моделирование активного обучения (активный случайный поиск в пределах «меню» семиотики, возможный активный выбор режима квалитметрии);
 - диверсификация стратегий диалога в ходе обучения, предопределяемая как активным поиском врача-пользователя КОС, так и различными моделями пациента;
 - задание случайным образом неизвестного врачу диагноза;
 - задание случайным образом неизвестной врачу модели психолого-поведенческого стереотипа пациента;
 - смена сценария диалога по мере выработки доминирующей стратегии игры, обеспечивающая гибкую адаптацию КОС к возможностям пользователя.

Завершим обсуждение проекта КОС указаниями на ее возможную перспективу.

В рамках модели кооперативной игры диверсификация стратегий диалога может быть распространена и на область оценки объективных признаков. Для этого следует изменить структуру КОС, состоящую из двух семантических объектов - источника информации («Электронный пациент») и приемника информации (врач-пользователь). Легко представить ситуацию, когда врач, непосредственно курирующий больного, пытается консультироваться по телефону с врачом-консультантом отделения экстренной консультативной помощи Центра медицины катастроф. Модель такого взаимодействия должна будет включать уже три семантических объекта: источник (пациент), приемник (консультант) и посредник (курирующий врач).

Моделируя такое взаимодействие в обучающей системе, можно предложить врачу-пользователю либо роль курирующего врача, который обращается за помощью к консультанту, либо роль консультанта, вступающего в диалог с курирующим врачом. При таком варианте построения КОС диалог будет связывать два семантических объекта: посредника, интерпретирующего источник информации, и приемника информации. Диверсификация стратегий диалога в таком случае предопределяется, с одной стороны, моделью врача, интерпретирующего объективное состояние пациента, с другой - моделью консультанта, активно расспрашивающего консультируемого врача.

Проектирование КОС «Электронный пациент» осуществляется с привлечением методологии структурно-аналитического проектирования SADT по стандарту IDEF [4].

В настоящее время разработан исследовательский прототип системы, ориентированный на дифференциальную диагностику заболеваний (состояний), объединенных возможностью появления ангинозных или ангинозоподобных болей в груди. В качестве таких состояний избраны:

- приступ стенокардии при ИБС;
- остроприступный период ИМ;
- гипертензивный криз смешанного типа;

- паническая атака;
- полисимптомный вариант обструктивной ГКМП.

В программном обеспечении КОС «Электронный пациент» используется язык объектно-ориентированного программирования С**.

Заключая характеристику подхода, укажем еще на одну перспективу разрабатываемого нами проекта КОС. Очевидно, что при глубокой проработке системы, особенно ее квалитетического блока, КОС «Электронный пациент» может быть использована для сертификации и аттестации врачей в варианте более привычной и психологически комфортной процедуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вестник Московского государственного технического университета 1993; спец. вып. (компьютерные обучающие системы): 128.
2. Гушин А.Н., Семенова И.В., Дитяев В.П. и др. Принципы построения обучающих программ типа «Электронный пациент» в медицине //Труды 2-ой Международной конф. и дискуссионного научн. клуба ИТ+МЕ'96 (новые информационные технологии в медицине и экологии). Украина, Крым, Ялта-Гурзуф 1996; 32-34.
3. Крейнс М.Г. и др. Активные компьютерные системы для медицинского образования: подход и реализация //Вест. РАМН 1995; 10:68-72.
4. Марк Д.А., Мак-Гоуэн К.Л. Методология структурного анализа и проектирования: пер. с англ. 1993; 240.
5. Огонян Г.Г. Обучающие системы и проверка правильности программ. Вест. МГУ 1995; 4: 60-64.
6. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. М.: Радио и связь 1989; 184.
7. Представление и использование знаний. пер. с япон. под ред. Х.Уэно, М.Исидзуки. М.: Мир 1989; 220.
8. Приобретение знаний: пер. с япон. под ред. С.Осуги, Ю.Сазки. М.: Мир 1990;304.
9. Соловьев А.В. Когнитивная психология и искусственный интеллект. М. 1992;80.
10. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: пер. с англ. М.Мир 1989;388.
11. Шенк Р. Обработка концептуальной информации. М. 1980; 360.
12. Янушкевичус З.И. Научно-технический прогресс и современные вопросы кардиологии. Современные проблемы ишемической болезни сердца. Каунас: Швейса 1971; 3-114.
13. Wenger E. Artificial intelligence and tutoring systems (Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge) Morgan Kaufman Publishers, Los Altos, California 1987; 487.