

## Методология создания обучающих компьютерных программ в высшем медицинском образовании

Карась С.И.<sup>1</sup>, Бразовский К.С.<sup>1</sup>, Конев А.В.<sup>2</sup>

### The methodology of development of computer learning programs in higher medical education

Karas S.I.<sup>1</sup>, Brazovsky K.S.<sup>1</sup>, Konev A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

<sup>2</sup> ОГУП «Медтехника», г. Томск

© Карась С.И., Бразовский К.С., Конев А.В.

Медицина является слабо формализованной предметной областью, поэтому при создании обучающих компьютерных программ необходимо предварительное исследование структуры используемых для этого знаний. В качестве универсальной модели представления знаний в высшем медицинском образовании можно предложить семантическую сеть, в которой связи между узлами интерпретируются как степень их смысловой близости. Адекватной методологией исследования структуры знаний является теория графов, а результаты исследования служат основой выбора специфичных моделей представления знаний и оптимальных путей навигации по программе. На процесс обучения должны влиять также индивидуальные характеристики студентов.

Таким образом, основными принципами разработки компьютерных обучающих программ в высшем медицинском образовании являются моделирование структуры знаний предметной области и индивидуальная навигация обучения.

**Ключевые слова:** структура знаний, модели знаний, компьютерные обучающие программы.

The medicine is weakly formalized domain, and preliminary study of knowledge structure is necessary for computer learning programs development. Semantic network can be offered as an universal knowledge model for higher medical education. The links between nodes reflect their semantic distance. Graph theory is an adequate tool for knowledge structure investigation, and the results of one prove knowledge models for certain domains and optimal navigation through the program. The last depends on personal features of students, too.

So, the basic principles for computer learning programs development in higher medical education are knowledge structure modeling and individual learning navigation.

**Key words:** knowledge structure, knowledge models, computer learning programs

УДК 614.23: 621.38

#### Введение

Новые методические подходы в высшем медицинском образовании, основанные на современных информационных технологиях, стремительно внедряются в практику. В связи с бытовой компьютеризацией, развитием локальных и глобальных электронных сетей, мультимедийных средств обучения происходит существенное изменение форм и содержания высшего медицинского

образования, и в первую очередь — его методического обеспечения.

Для использования компьютеров в создании методического обеспечения наиболее пригодны хорошо структурированные и формализованные области знаний. В таких областях успешно может быть применен алгоритмический подход, использование некоторых апробированных способов подачи материала. Однако не все области медицины имеют общепринятые концепции, объективные критерии принятия решений и их эффек-

тивности. В целом, медицина — относительно слабо формализованная предметная область, в которой созданию компьютерного методического обеспечения (КМО) должна предшествовать разработка научных основ этого процесса.

В связи с этим, в качестве методологической основы создания КМО, на первый план выдвигается **когнитология**, как наука о получении, исследовании, представлении и использовании знаний [1, 9]. Когнитология рассматривает знания как объект научного исследования. Объем, свойства, внутренняя структура этого объекта и его элементов могут быть проанализированы, описаны и использованы при разработке обучающих программ. Поскольку компьютер опосредует взаимодействие преподавателя и студента, увеличивает «степень дистантности» образования, то обучающие программы всегда специфичны для конкретной области медицины с учетом встречающихся данных, структуры знаний, особенностей навыков.

Следовательно, для эффективного внедрения современных информационных технологий в высшее медицинское образование необходимо использование когнитологических подходов к разработке КМО.

## **1. Информационные технологии в высшем медицинском образовании**

Задачи создания КМО характеризуются многоплановостью и имеют ряд аспектов, связанных с особенностями современного образовательного процесса, одним из существенных элементов которого практически на всех этапах является персональный компьютер.

В повседневной работе преподаватели используют различные педагогические приемы обучения. Выбор конкретных методик во многом определяется целями обучения, контингентом обучаемых, дальнейшей сферой приложения полученных знаний. В традиционной системе медицинского образования, предусматривающей непосредственное общение преподавателя и обучаемого, накоплен богатый опыт, позволяющий на всех этапах обучения оценивать его качество и корректировать интенсивность и способы подачи материала. Эта коррекция зависит от личностных особенностей обучаемого, его эмоционального, физического и

психического состояния, уровня его знаний. Такой подход оптимизирует процесс получения и усвоения новых знаний, делая его достаточно гибким и комфортным для обучаемого.

В случае использования компьютера преподаватель и студент могут быть разделены пространственными и временными интервалами, отчего возникает комплекс проблем по оптимизации процесса обучения. В центре этих проблем находится персональный компьютер, с одной стороны, — как инструмент создания, хранения и передачи знаний, а с другой, — как средство общения между педагогом и обучаемым, позволяющее осуществлять обучение, консультации, контроль и оценку знаний.

В настоящее время обучающие и контролируемые компьютерные программы во многом копируют традиционные методические материалы и схемы обучения. Одновременное насыщение их мультимедийными и гипертекстовыми элементами приводит к интенсификации подачи материала за счет увеличения используемых информационных каналов и выдвигает на первый план вопросы медико-психологической адаптации обучаемых. Роль преподавателя при этом становится существенно более значимой, прежде всего на этапе подготовки методических материалов.

Опыт разработки обучающих и тестирующих программ убедительно показывает необходимость системного подхода к этим проблемам. Формулировка задания на разработку КМО, его проектирование, внедрение в медицинское образование требуют объединенных усилий специалистов в данной области медицины, программистов, дизайнеров, психологов, когнитологов. Традиционные методические приемы обучения и контроля знаний при этом также используются, однако соотношение между ними и роль каждого из них могут существенно трансформироваться.

## **2. Этапы разработки компьютерного методического обеспечения**

В настоящее время отсутствует научно обоснованная методология разработки компьютерного методического обеспечения для высшего медицинского образования. В каждом отдельном случае разработчики опираются на свои представления о предметной области, в

представления о предметной области, в значительной степени интуитивные, не вербализованные и не формализованные. Действительно, знания экспертов должны являться основой создания КМО, но эти знания нужно предварительно обработать в соответствии с методами когнитологии [1, 3].

Если изложение информации в образовательном процессе традиционно линейно, то нелинейность ее восприятия очевидна. В процессе чтения текста участвуют запас фактов, знаний, концепций, общее предварительное понимание читающего. Каждый следующий постулат подтверждает, изменяет, опровергает ранее имеющиеся знания. Смысл текста понимается нелинейно, путем постоянного установления связей с ранее прочитанным и известным материалом. Совершенно очевидна также нелинейность мышления и любого вида творчества.

Нелинейные формы организации знаний в медицине требуют специальных моделей для их представления. Модели представления знаний являются ключевыми в разработке КМО. Это процесс циклический, неоднократно затрагивающий все перечисленные ниже этапы, которые являются скорее методологическими, чем хронологическими или технологическими. Процесс разработки включает также решение технических проблем ввода информации, создание адекватного интерфейса, апробацию и оценку эффективности КМО.

**На первом этапе** разработки знания должны быть формализованы в виде совокупности взаимосвязанных элементов.

В качестве универсальной модели методического обеспечения высшего медицинского образования можно предложить семантическую сеть [2, 8] или создаваемую на ее основе гипертекстовую (гипермедийную) структуру. Эта модель способна к отображению достаточно тонких смысловых оттенков, а сложность ее ограничена лишь ресурсами компьютера. Семантическая сеть состоит из двух множеств:

1. Множество информационных узлов, которым сопоставляются некоторые понятия (объекты, события, процессы, явления). Практически в узлах сети находятся различные порции информации о предмете изучения, представленные в

произвольном виде (текст, аудио- и видеозапись, тестовые задания, рисунки, графики, анимация, цитаты из фильмов и т.д.).

Одной из первоочередных задач разработки является выявление множества узлов и обеспечение его минимальной избыточности во взаимодействии с экспертами по данному предмету. Границы информационных узлов сети определяются двумя факторами:

— физиологически оптимальным объемом узла,

— смысловыми различиями между узлами в контексте обучения по данному предмету с точки зрения эксперта [4].

Физиологически обоснованным объемом узла можно считать информацию, эквивалентную 2—3 печатным страницам текста, при наличии не более 2—3 ссылок на экран. Однако чем ближе структура знаний к линейной, тем больший объем узла допустим. Внутренняя структура узлов сети ничем не регламентируется и может быть основана на разных моделях представления знаний.

2. Множество связей между узлами, которые отражают отношения любого типа между этими узлами и соответствующими понятиями.

Связи между узлами (объектами гипермедиа-среды) могут интерпретироваться как единство происхождения, степень взаимозависимости, удаленность по определенной шкале, а в целом, как степень общности двух объектов, двух порций информации. Чаще всего связи между узлами можно определить как степень близости узлов по смыслу (семантическая метрика). Такой подход создает возможность экспертной количественной оценки связей между узлами в интервале от полной независимости двух элементов знаний до их полной идентичности.

Первый этап разработки КМО включает решение следующих задач:

1. Выявление основных понятий (информационных узлов), установление их границ.

2. Описание области применения понятий.

3. Частотные характеристики применения понятий.

4. Подробное описание понятий (разработка словаря терминов).

5. Установление и количественная оценка связей между понятиями, степени их близости, взаимозависимости и взаимообусловленности.

**Целью второго этапа** разработки является исследование структуры полученной сети, выявление ее глобальных характеристик и локальных особенностей. Одной из адекватных методологий такого анализа является теория графов [5], в которой узлы сети традиционно называются вершинами, а связи между ними — дугами (ребрами). В ходе исследования сетевой структуры знаний с помощью методов теории графов могут быть решены следующие задачи:

1. Определение базового множества узлов сети как совокупности не связанных друг с другом вершин, которые связаны со всеми иными вершинами графа или указанной их частью. Это множество информационных узлов в дальнейшем может служить основой разработки путей прохождения обучения, оглавления и других способов визуализации структуры знаний.

2. Определение центра графа как узла с минимальной суммой расстояний до всех остальных вершин. Центральные узлы графа обычно являются ключевыми понятиями или темами.

3. Определение радиуса графа как средней длины пути от центра графа до всех вершин. Радиус характеризует гомогенность знаний, большой радиус предполагает возможность разбиения данной предметной области на части.

4. Выявление кластеров как совокупности тесно связанных узлов и, как следствие, модификация количества и содержания узлов сети.

5. Поиск иерархически организованных областей знаний. Эта задача исключительно важна для адекватной разработки путей обучения.

В ходе такого анализа можно предложить специфические для данной предметной области модели представления знаний. В последнее время, помимо семантических сетей, активно развивается и используется модель фреймов. Обе эти модели сформулированы на основе фундаментальных законов психологии человека.

Модель *фреймов* опирается на принципы понимания человеком окружающего мира [6, 7]. Новая информация должна быть увязана с уже известными объектами, для каждого из которых в

памяти определены некоторые рамки. В этой модели знания человека представлены относительно большими, взаимосвязанными единицами со сложной внутренней структурой — фреймами. В самом общем смысле, фрейм — это конструкция для описания стереотипной ситуации, состоящая из характеристик этой ситуации и их значений.

Сложные объекты обычно описываются комбинацией фреймов с отношениями типа «абстрактное — конкретное», «часть — целое», «причина — следствие». Информация о характеристиках фрейма верхнего уровня частично используется и для фреймов нижних уровней. В модели фреймов в явном виде вводится иерархическая структура, которая обеспечивается многоуровневостью фрейма и связями между разными фреймами. Иерархическая структура в медицинских областях знаний — довольно частое явление, поэтому модель фреймов может эффективно использоваться для создания обучающих программ.

При разработке КМО в качестве вспомогательной часто используется также *продукционная* модель представления знаний [2, 4]. В этой модели знания хранятся в виде продукционных правил вида «Если..., то...». Условная часть правила может представлять довольно сложное выражение, содержащее логические операторы. К правилу могут быть присоединены условия их применения и постусловия, выполняемые в случае выполнения правила. Особенно эффективна продукционная модель для представления и контроля процедурных знаний и навыков, например, в клинических ситуационных задачах.

В целом, этот этап создания КМО должен внести ясность, какие модели представления знаний и в каких предметных областях лучше использовать.

**Третьим этапом** разработки является определение множества путей обучения, то есть последовательностей информационных узлов, которые предъявляются в ходе обучения. Полная свобода навигации (передвижения от узла к узлу) — не оптимальный способ обучения. Свобода навигации по обучающей программе должна как-то быть ограничена, и определение степени ограничения навигации — важнейший результат разработки.

Определение оптимальных путей навигации может производиться на основании мнений экспертов, учтенных при разработке КМО. Фактически, это точка зрения учителя, как лучше изучать представленный материал. Однако есть и иной способ выбора навигации — «снизу-вверх». В этом случае студентам рекомендуются наиболее популярные, по данным статистики, пути достижения узлов, которые выявляются при анализе действий разных групп обучающихся в условиях полной свободы навигации.

Используя оба эти способа ограничения навигации по КМО, можно достичь эффективного уровня свободы навигации. Для любого профессионального уровня обучающегося должны быть выработаны критерии полноты знаний, в соответствии с которыми обучение может считаться успешным. Эти критерии можно представить как ограниченную область сетевой структуры знаний, которую студент изучил с заданным уровнем рейтинга.

Еще на этапе регистрации пользователя программы необходим ввод не только фамилии и места работы либо учебы, но и базового образования обучающегося, цели обучения, психофизиологических особенностей, актуального психологического состояния, приверженности определенной научной школе, что повлияет на пути навигации по обучающей программе (электронному учебнику). В принципе, и сам пользователь может отчасти выбирать темп и траекторию движения в пространстве знаний. Обучающая программа должна сопровождаться массивом справочной информации (словари терминов, атласы иллюстраций и т.п.), доступным из любого режима работы программы, и именно эта информация для опытного пользователя является определяющей в выборе пути обучения.

Важнейшим параметром, влияющим на способ навигации, является состояние знаний обучающегося, которое должно тестироваться уже при его регистрации. Именно состояние знаний студента вкупе с его личностными особенностями во многом определяют степень ограничений на свободу навигации. Это приводит к индивидуализации траектории обучения, то есть количества предоставляемой информации, последовательности и формы ее изложения.

Обучение должно происходить циклично: проверка знаний — обучение — проверка знаний. Тестирование знаний пользователя проводится регулярно, и изменение уровня знаний прямо влияет на способ дальнейшей навигации по электронному учебнику. Рейтинг знаний студента должен корректироваться после каждого тестирования с учетом сложности заданий, полноты и правильности ответов, понимания структуры знаний данной предметной области.

Следовательно, основными задачами навигационного этапа являются:

— разработка множества путей навигации по изучаемой области медицины,

— установление ограничений на свободу навигации,

— индивидуализация траекторий обучения (количества информации, последовательности и формы ее изложения) в зависимости от состояния знаний и личностных особенностей обучающегося.

Таким образом, можно сформулировать основные принципы разработки компьютерного методического обеспечения высшего медицинского образования, как предварительное моделирование структуры знаний предметной области и индивидуальная навигация обучения.

Авторы выражают признательность фонду Research Support Scheme of Open Society Support Foundation, при поддержке которого выполнена данная работа (грант < 89/2000).

#### **Литература**

1. *Величковский Б.М.* Компьютеры и познание: очерки о когнитологии. М.: Наука, 1996. 252 с.
2. *Гаврилова Т.А., Червинская К.Р.* Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1982. 200 с.
3. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
4. *Змитрович А.И.* Интеллектуальные информационные системы. Минск: ТетраСистемс, 1997. 288 с.
5. *Кристофидес Н.* Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 432 с.
6. *Минский М.Л.* Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. 151 с.
7. *Обработка знаний* / Под ред. С. Осуга. М.: Мир, 1989. 290 с.
8. *Представление и использование знаний* / Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. М.: Мир, 1989. 220 с.

**Карась С.И., Бразовский К.С., Конев А.В.    Методология создания обучающих компьютерных программ ...**

9. *Doignon J.-P., Falmagne J.-C.* Knowledge spaces.            Springer-Verlag, 1999. 317 с.

Поступила в редакцию 12.03.2002 г.