

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В КОМПЬЮТЕРНОМ ОБУЧЕНИИ

ДЮБКО Г.Ф., ШЕВЕЛИН В.Н., ГРЕБИННИК В.А.

Эффективность КОС связана с уровнем ее интеллектуализации. Особенно это касается режима контроля, где предложено использовать экспертную систему (ЭС). ЭС содержит языковой процессор для определения смыслового эквивалента контролируемой языковой конструкции и систему логического вывода в рабочей базе знаний, ориентированной на текущую ситуацию.

Компьютерная обучающая система (КОС) состоит из большого числа программных модулей, включаемых в работу при наличии определенной ситуации. Для повышения "интеллектуальных способностей" КОС включать в работу необходимые модули может экспертная система (ЭС). В этом случае должна существовать база знаний (БЗ) управления системой. Наиболее крупными модулями КОС являются вспомогательные системы (ведение журнала, служба оглавлений, регистрация пользователей), системы обучения, самоконтроля и контроля, подготовки уроков. Наиболее эффективно и целесообразно использование ЭС в системах контроля и самоконтроля.

Каково бы ни было назначение ЭС, важнейшим вопросом является технология ее проектирования и реализации. Ниже обсуждается технология конструирования ЭС, предназначенная для использования в режиме контроля знаний для КОС.

Задача контроля знаний формулируется следующим образом. Обучаемому предлагается решить задачу, возможно, сложную, сформулированную на языке предмета, который изучается, т.е. на некотором формализованном подмножестве естественного языка. Будем говорить, что в этом случае задача выражена естественно-языковой конструкцией (ЕЯК). Обучающийся формулирует ответ в виде такой же ЕЯК или в виде шагов решения, в соответствии с выбранной стратегией решения задачи. Каждый шаг решения выражается своей ЕЯК. Функции системы контроля состоят в выяснении, является ли ответ обучающегося логическим следствием из формулировки задачи и имеющихся в системе знаний. Если ответ обучающегося удовлетворяет заложенным в систему контроля критериям, обучающегося можно поощрить похвалой. В противном случае необходимо сообщить о допущенных ошибках, способах их устранения, разделах теоретического материала, которые необходимо повторить. Если обучающийся затрудняется в выборе стратегии решения или реализации какого-то шага, система контроля должна выдать квалифицированную подсказку с учетом того, на каком шаге решения эта подсказка запрошена. Все перечисленные выше требования должны быть реализованы некоторой ЭС.

Разработка ЭС – трудоемкая и сложная работа, требующая привлечения квалифицированных специалистов – экспертов в соответствующей предметной области и разработчиков программных систем.

Технология проектирования и реализации ЭС требует выделения следующих этапов:

- приобретение знаний о предметной области, задачах, решаемых в этой области, и стратегиях их решения;

- выбор форм представления знаний и создание БЗ; определение стратегии формального вывода в соответствии с выбранными формами представления знаний;

- создание программных средств манипуляции базами знаний, приобретения знаний, а также формального вывода, различных интерфейсов экспертной системы.

Часть ЭС, состоящая из программ, предусматривает использование программных модулей – оболочек, которые настраиваются на работу в конкретной предметной области определенными структурами данных. Эти структуры данных обладают не только декларативными свойствами (собственно данные), но и процедурными, т.е. процедурами, встроенными в данные. Соединение процедурных и декларативных свойств повышает гибкость настройки ЭС на конкретное приложение, а также эффективность функционирования ЭС.

Важным вопросом при конструировании ЭС является состав модулей – оболочек. Этот состав можно определить анализируя работу эксперта, решающего задачу. При этом эксперт должен:

- знать язык, на котором формулируется ЕЯК;
- понимать смысл, выраженный некоторой ЕЯК;
- осознать круг знаний, которыми он обладает;
- уметь извлекать знания, необходимые для решения некоторой задачи;

- уметь выбрать стратегию решения задачи, шаг решения в зависимости от возникшей ситуации, выраженной ЕЯК;

- уметь выполнить шаг решения задачи.

Состав самых крупных модулей и структур данных, способных моделировать указанную выше работу эксперта, приведен на рис. 1.

Знания здесь разделены на лингвистические (знания о языке), о предметной области (объекты, их свойства, отношения между объектами, правила принятия решения), о стратегии решения задач в зависимости от конкретной ситуации (задачи и стратегии их решения), о стратегиях формального вывода. Все базы знаний снабжены модулями работы с ними, которые позволяют пополнять базы знаний, отлаживать их, извлекать знания. Учитывая значительный объем, который могут иметь БЗ, предусматривается их структурирование в соответствии с классификацией знаний, принятой в некоторой предметной области. Так как начальной позицией работы эксперта, решающего задачу, есть расшифровка смысла некоторой языковой конструкции, в структуре ЭС первым модулем является языковой процессор (ЯП), выполняющий ту же работу. Предполагается, что задача формулируется в виде ЕЯК. Для детерминации смысла ЕЯК используются не только языковые знания (морфология, синтаксис, семантика), но и знания о предметной области. Если информации в ЕЯК и соответствующих БЗ недостаточно, чтобы детерминировать смысл, необходимо обрабатывать все возможные смыслы или выдавать соответствующую информацию, не обрабатывая такой смысл,

выдавать сообщения о недостаточности информации для решения задачи. В дальнейшем мы полагаем, что смысл некоторой ЕЯК детерминирован. ЯП играет особую роль в рассматриваемой ЭС, поскольку от результатов его работы зависит формирование текущей БЗ, с помощью которой будет устанавливаться правильность произведенных преобразований в ходе решения задачи. В данном случае роль ЯП не сводится к роли интерфейса, передающего определенную информацию, а трактуется гораздо шире; а сам ЯП может рассматриваться как отдельная ЭС по распознаванию некоторого языка.

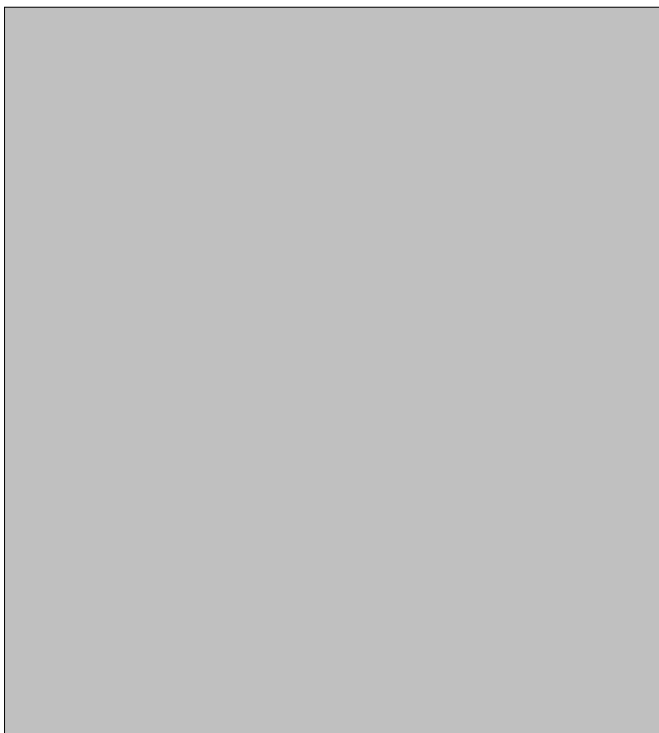


Рис. 1. Структура ЭС контроля знаний в КОС

Выше мы предположили, что задача решается дискретными шагами, и результат работы каждого шага выражается некоторой языковой конструкцией (ЯК), отражающей состояние решения в пространстве решений. Каждое состояние задает объекты, свойства, отношения, возникающие в процессе решения задачи к данному шагу решения.

Пусть решение задачи представлено последовательностью языковых конструкций

$$L_1, L_2, \dots, L_i, L_{i+1}, \dots, L_n. \quad (1)$$

В этом случае задача контроля состоит в том, чтобы проверять правильность перехода от L_i к L_{i+1} в (1) для текущих значений индекса i . Обработывая L_i и L_{i+1} языковым процессором, получаем их семантические эквиваленты S_i, S_{i+1} соответственно. Семантический эквивалент S_i ЯК L_i может быть представлен атрибутивными синтаксическими деревьями, семантическими функциями или любыми другими структурами, отражающими отношения между сущностями в явном виде и позволяющими формальное манипулирование сущностями, свойствами и отношениями. Получив S_i и S_{i+1} , система контроля сравнивает их, выявляет возможные преобразования, которые могли быть произведены при переходе от S_i к S_{i+1} , объекты, над которыми эти преобразо-

вания выполнялись. Затем, используя предметную БЗ, БЗ стратегии решения задачи, система контроля на уровне формального вывода проверяет правильность выполнения шага задачи. Заметим, что параллельно с этим система контроля осуществляет свое решение, сама выбирая наиболее рациональные стратегии.

Организационно процедуру контроля можно выполнить несколькими способами:

– ЭС следует за стратегией решения, выбранной учащимся, и на каждом шаге может делать подсказку, соответствующую этому шагу;

– ЭС не мешает учащемуся следовать выбранной им стратегии, контролирует его в рамках этой стратегии, но параллельно производит свое решение. При достижении учащимся правильного решения выдает рекомендации о рациональном пути решения.

Проиллюстрируем изложенный выше подход к контролю знаний в КОС с помощью ЭС на примере решения уравнений в элементарной алгебре. При этом для компактности и наглядности изложения используем представление семантического эквивалента в виде синтаксического атрибутивного дерева, а фрагменты базы знаний – в виде формул исчисления предикатов. Логический вывод производится методом резолюций. В реальной ЭС перечисленные выше компоненты для их более эффективного использования представляются в другой форме (таблицы решения, семантические функции и т.д.).

Пусть предложено решить уравнение

$$((2x-4) \uparrow 2) / 2 = x-2. \quad (2)$$

Можно выбрать различные стратегии решения (2): выполнить эквивалентные преобразования в любой последовательности; вынести 2 за скобки и сделать замену переменных.

Предположим, что обучающийся выбрал следующую стратегию решения (2):

1. $((2x-4) \uparrow 2) / 2 = x-2.$
2. $(4 * (x-2) \uparrow 2) / 2 = x-2. \quad (3)$
3. $2 * (x-2) \uparrow 2 = x-2.$
4. ...

Проконтролируем в (3) переход от первого пункта решения ко второму. ЯК $L_1 = ((2x-4) \uparrow 2) / 2 = x-2$ и $L_2 = (4 * (x-2) \uparrow 2) / 2 = x-2$ после их обработки.

ЯП дадут атрибутивные деревья, представленные на рис. 2

Отличие деревьев S_1 и S_2 существует в вершине 4, указанной на рис. 2. При этом операция $\langle \uparrow \rangle$ трансформировалась в операцию $\langle * \rangle$. Это возможно, если было выполнено разложение на множители. Такое разложение может быть осуществлено либо вынесением общих множителей за скобки, либо разложением степени на сомножители. По признакам деревьев S_1 и S_2 оно было выполнено путем вынесения множителя за скобки. Вынесение общего множителя за скобки выполняется с помощью процедуры f .

Теперь проиллюстрируем:

– как можно получать доступ к необходимым знаниям;

– как представлены знания;

– как формируются цели и факты;

– как осуществляется доказательство правильности шага решения.

Воспользовавшись знаниями о стратегии решения уравнения, из S_1 и S_2 определяем, что было

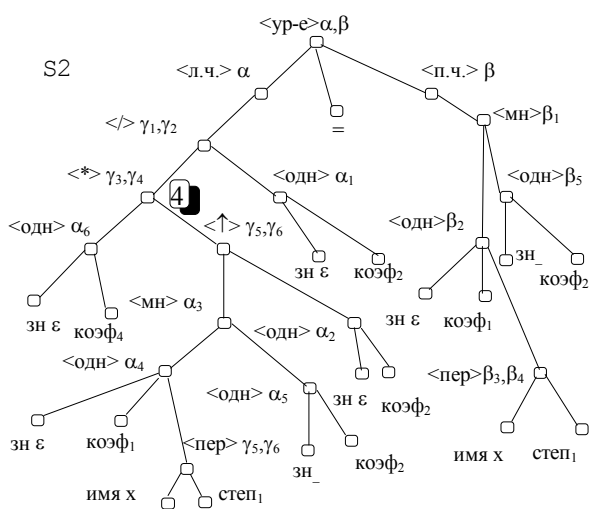
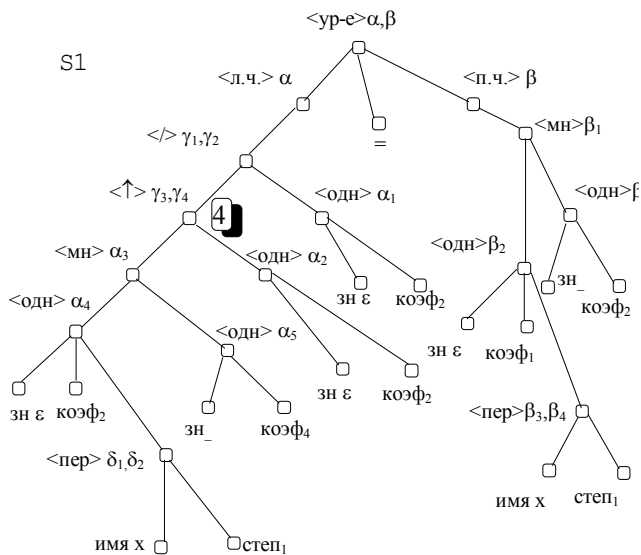


Рис. 2. Семантические эквиваленты S_1 и S_2 языковых конструкций L_1 и L_2

произведено преобразование равенства в его левой части. Преобразование состоит в трансформации операции возведения в степень в умножение. При этом степень была с натуральным показателем и основанием в виде многочлена. По этой информации из предметной БЗ можно выбрать соответствующее правило и включить его в текущую БЗ:

$$\begin{aligned} & \bigvee UR(\alpha, \beta) \vee \bigvee WSTEP(\gamma, \gamma_1, \gamma_2, n) \vee \bigvee LEV(\alpha_1, \gamma, \alpha_2) \vee \\ & \vee UR(\text{conc}(\alpha_1, f_3(\gamma, n, f_5(\gamma), f_6(\gamma), \alpha_2), \beta)), \end{aligned} \quad (4)$$

где $UR(\alpha, \beta)$ – уравнение с левой частью α и правой β ; $WSTEP(\gamma, \gamma_1, \gamma_2, n)$ – наличие операции вынесения за скобки общего множителя в степени с натуральным показателем и многочленом в качестве основания, γ – многочлен, γ_1 – вынесенный множитель, γ_2 – множитель под степенью n ; $LEV(\alpha_1, \gamma, \alpha_2)$ – наличие преобразований в левой части уравнения, где α разбита на подстроки $\alpha_1, \gamma, \alpha_2$ и γ – подстрока, над которой совершается преобразование; $\text{conc}(x_1, x_2, x_3)$ – функция конкатенации трех подстрок в одну строку; $f_3(x_1, x_2, x_3, x_4)$ – процедура формирования произведения сомножителей x_3 и x_4 в степени x_2 при вынесении за скобки множителя x_3 в $x_1 \uparrow x_2$ для рассматриваемого случая; $f_5(\gamma)$ – поиск общего сомножителя, выносимого за скобки в многочлене γ ;

$f_6(\gamma)$ – определение второго сомножителя, остающегося после вынесения общего сомножителя в многочлене γ .

Правило (4), представленное в форме дизъюнкта, отражает правильное преобразование уравнения, если в левой части имеется подстрока, в которой производится операция вынесения общего множителя за скобки для рассматриваемого случая.

Стратегия использования правила (4) требует подключения новых знаний для доказательства $WSTEP(\gamma, \gamma_1, \gamma_2, n)$. Это знания о том, что указанное преобразование действительно было выполнено и оно дало соответствующие значения термам предиката $WSTEP$. Эти значения можно извлечь по предикату $WSTEP$ из предметной БЗ:

$$\bigvee S1MSTN(\gamma, n) \vee \bigvee UM(\beta_1, \beta_2) \vee \quad (5)$$

$$\bigvee S2MSTN(\beta_2, n) \vee WSTEP(\gamma, \gamma_1, \gamma_2, n),$$

где $S1MSTN(\gamma, n)$ – наличие в S_1 многочлена γ в натуральной степени n ; $S2MSTN(\beta_2, n)$ – наличие в S_2 многочлена β_2 в степени n ; $UM(\beta_1, \beta_2)$ – наличие в S_2 умножения строки β_1 и многочлена β_2 .

Формулы (4), (5) включаются в текущую БЗ и дают информацию о формировании целей и фактов. Целью должен быть предикат $\bigvee UR$, сформированный по S_2 :

$$\bigvee UR((4 * (x-2) \uparrow 2) / 2 = x-2). \quad (6)$$

Оставшиеся несформированными предикаты формируются соответственно по S_1 и S_2 :

$$UR((2x-4) \uparrow 2) / 2 = x-2; \quad (7)$$

$$UM(4, (x-2)); \quad (8)$$

$$S1MSTN((2x-4), 2). \quad (9)$$

$$S2MSTN((x-2), 2); \quad (10)$$

$$LEV(\varepsilon, (2x-4), /2). \quad (11)$$

Теперь текущая БЗ, состоящая из (4) – (11), сформирована и по ней можно проверить правильность шага при решении уравнения. Проверка производится методом резолюций, где доказываемое, что отрицание (6) – это логическое следствие из текущей БЗ: так как все аргументы функций здесь известны, функции могут быть вычислены, что приведет предикат к виду

$$\begin{aligned} & \bigvee UM(\beta_1, \beta_2) \vee S2MSTN(\beta_2, n) \vee \\ & WSTEP((2x-4), \beta_1, \beta_2, 2) \end{aligned} \quad (12)$$

из (5), (9);

$$\begin{aligned} & \bigvee S2MSTN((x-2), 2) \vee \\ & WSTEP((2x-4), 4, (x-2), 2) \end{aligned} \quad (13)$$

из (8), (12);

$$WSTEP((2x-4), 4, (x-2), 2) \quad (14)$$

из (10), (13);

$$\begin{aligned} & \bigvee WSTEP(\gamma, \gamma_1, \gamma_2, n) \bigvee \bigvee LEV(\alpha_1, \gamma, \alpha_2) \vee \\ & UR(\text{conc}(\alpha_1, f_3(\gamma, n, f_5(\gamma), f_6(\gamma), \alpha_2), x-2) \end{aligned} \quad (15)$$

из (7), (4);

$$\begin{aligned} & \bigvee LEV(\alpha_1, (2x-4), \alpha_2) \vee \\ & UR(\text{conc}(\alpha_1, f_3(2x-4), 2, f_5(2x-4), f_6(2x-4), \alpha_2), x-2) \end{aligned} \quad (16)$$

из (14), (15);

$$\text{UR}(\text{conc}(\epsilon, f_3(2x-4), 2, f_5(2x-4), f_6(2x-4), /2), x-2)$$

из (11), (16).

Поскольку все аргументы функций здесь известны, функции могут быть вычислены, что приведет к предикату

$$\text{UR}((4 * (x-2) \uparrow 2) / 2, x-2). \quad (17)$$

Из (6) и (17) получаем пустой дизъюнкт \square , что указывает на правильность выполнения преобразований.

Заметим, что в нашей системе используется еще одна БЗ, не показанная в явном виде на рис. 1 – база умений, т.е. процедур, выполняющих действия над строками $(f_3, f_5, f_6, \text{conc})$.

В настоящее время спроектирована и фрагментарно реализована ЭС для проверки правильности равносильных преобразований в алгебраических выражениях и уравнениях.

Поступила в редколлегию 28.01.98

Дюбо Генадий Федорович, канд. техн. наук, профессор кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Гагарина, 38, кв. 70, тел. 27-13-26.

Шевелин Виталий Николаевич, аспирант кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Л.Свободы, 51-б, кв. 514.

Гребинник Василий Анатольевич, аспирант кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Л.Свободы 51-б, к. 308

УДК 621.387.62.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИТО- БИОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫМИ СРЕДСТВАМИ

СТРЕЛКОВ А.И., ЛЫТЮГА А.П., СТРЕЛКОВА Т. А.

Описан комплекс оптико-электронной и вычислительной аппаратуры для реализации цито-биофизического метода определения функционального и физиологического состояния человека по электрокинетическим характеристикам клеточных ядер. Использование комплекса позволит в реальном масштабе времени получать интегральную оценку состояния здоровья, фиксировать малые отклонения измеряемых параметров, вызванные ухудшением физиологического состояния или утомлением.

В настоящее время проблема здоровья человека стоит особенно остро. Неблагоприятные экологические условия, постоянно воздействуя на организм, вызывают малые однонаправленные изменения физиологического состояния человека, снижая способность к выполнению служебных обязанностей, и часто приводят к серьезным заболеваниям. Условия труда на многих промышленных предприятиях добывающей и перерабатывающей отраслей также способны вызывать изменения состояния здоровья работников. Постоянное нервное напряжение, стрессы и утомление работников диспетчерских служб, водителей, летчиков и других часто являются причиной возникновения внештатных ситуаций, приводящих к человеческим жертвам и материальным убыткам. Ситуация усложняется еще и тем, что речь в данном случае идет о физиологическом и функциональном состоянии практически здоровых людей, как правило, не имеющих заметных отклонений в здоровье.

Показатели здоровья, которые приняты в классической медицине, основываются на поиске и регистрации признаков заболеваний. Традиционные методы не дают возможности получить интегральную

характеристику показателей здоровья человека и изучить влияние процесса труда на его функциональное и физиологическое состояние в реальном масштабе времени.

Для представителей целого ряда профессий (например, машинисты, диспетчеры наземной службы, работники вредных производств) необходим непрерывный контроль функционального и физиологического состояния в течение рабочего дня без отрыва от выполнения производственных обязанностей.

В Харьковском государственном университете под руководством доктора биологических наук, профессора В. Г. Шахбазова разработан цито-биофизический метод определения физиологического и функционального состояния организма человека. Метод основан на корреляции между физиологическим и функциональным состоянием человека (биологическим возрастом) и биоэлектрическими свойствами клеточных ядер. Эта связь была установлена в результате многочисленных исследований, проведенных вначале на модельных объектах – растениях и животных, а затем на клетках человека [1, 2].

Удобными объектами для проведения исследований являются клетки буккального эпителия, так как они достаточно прозрачны, с хорошо видимыми без окрашивания ядрами. Взятие пробы клеток легкое, нетравматичное для донора и исследуемых клеток. Межклеточные взаимодействия в пробе не препятствуют образованию однослойного препарата.

Одно из определений биологического возраста человека – это интегральная оценка его жизнеспособности, выраженная в годах, сравниваемая со среднестатистическими показателями жизнеспособности соответствующей возрастной группы. В геронтологии это понятие является одним из центральных и определяет скорость процессов старения данного человека или данной группы людей.

Как показатель биологического возраста используется электрокинетический потенциал клеточного ядра [3].

Опубликовано много работ, подтверждающих связь между электрокинетическими характеристиками клеточных ядер буккального эпителия и энергетикой организма [4].

При сравнении биологического возраста с паспортным или хронологическим оказывается, что у одних лиц биологический возраст отстает от паспортного, т.е. они оказываются биологически здоровее, жизне-