

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

M.I. Khodakovskiy

RESEARCH OF INFORMATIONAL NANO- TECHNOLOGIES OF IN- FORMATION PROCESSING FOR BUILDING OF SYSTEMS ON BASE OF THE KNOWLEDGES

Development of education systems is based on the nature intelligence structures allowing to reveal the probable mechanism of forming of the informational nanotechnologies is considered.

Розглянуті питання використання інформаційних нанотехнологій при розробці та впровадженні комп'ютерних навчальних систем на основі знань.

Рассмотрены вопросы использования информационных нанотехнологий при разработке и внедрении компьютерных обучающих систем на основе знаний.

© Н.И. Ходаковский, 2008

УДК 681.3

Н.И. ХОДАКОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ

Вступление. Проблемы подготовки преподавателей, владеющих методиками как применения современных методов извлечения, обработки, систематизации знаний, так и методиками усвоения и использования знаний учащимися в учебном процессе и в практической деятельности в качестве специалистов, сводятся к необходимости разработки и использования новых образовательных информационных технологий.

Стремительное увеличение объема информации как в учебном процессе, так и в деятельности субъектов информационного общества усложняет основную задачу преподавателя – управление процессом обучения с использованием обратной связи и применения индивидуального подхода, а также выявления причин возникновения при обучении ошибок и разработки способов их устранения. Помощь в эффективном решении этой основной задачи могут оказать методы извлечения, представления, усвоения и применения знаний как ветви искусственного интеллекта. Это позволит глубже понять структуру и особенности естественного интеллекта, носителями которого являются непосредственно сами учащиеся.

Одним из путей создания новых образовательных технологий являются инструментальные средства в виде систем на основе знаний или оболочек экспертных систем, которые позволяют применять компьютерные технологии при изучении различных учебных дисциплин.

Постановка задачи. В работе ставилась задача создания концепций новых образовательных технологий на основе информационных нанотехнологий обработки информации в системах естественного интеллекта (ЕИ). Для этого исследовались системы обработки информации учащегося как субъекта обучения. При этом учитывались как возможности своеобразной элементной базы молекулярной памяти и возможных специализированных предпроцессорных систем в подсистемах ЕИ, так и своеобразное построение и работа иерархической сети прототипов алгоритмов специализированных программных продуктов в подсистемах ЕИ, созданных путем воспитания и предшествующего обучения в рамках картины мира субъекта обучения.

Определение структуры и особенностей информационных нанотехнологий обработки информации в подсистемах ЕИ субъекта обучения.

Структура и функционирование информационных нанотехнологий – технологий обработки информации в системах ЕИ на основе работы и организации специфической молекулярной памяти [1] вызывает значительный интерес в связи с необходимостью создания обучающих систем для образования. Систему обработки информации субъекта обучения можно рассматривать как сильно разветвленную иерархическую структуру, в которой в большой мере используются подходы к обработке информации, полученные разработчиками для онтологических и мультиагентных систем. Для подтверждения этого исследуем возможные пути нахождения общих принципов работы систем на основе знаний в структурах искусственного интеллекта (ИИ) и ЕИ. Затем на основе найденных закономерностей глубины сходства и расхождений в работе этих структур попытаемся определить специфику обработки информации в системах ЕИ для использования ее элементов при разработке компьютерных обучающих систем нового поколения.

Одно из определений интеллектуальных систем на основе знаний – описание системы, в которой знания путем логического вывода используются для решения поставленных задач [2]. Системы на основе знаний являются также системами программного обеспечения, основные структурные элементы которых – база знаний и механизм логических выводов.

Исследуя значение использования баз знаний (БЗ) необходимо принять их определение как системы, в которых содержится сотни правил об отношениях между фактами, находящимися в базах данных. Для целей определения смыслового значения, содержащегося в базах знаний, используется понятие онтологии. При этом онтологии формально представляются на базе концептуализации знания. В данном случае онтология описывает иерархию концептов (объектов и понятий), связанных отношениями категоризации (отношениями между объектами и понятиями). Можно также говорить об онтологии, как об БЗ специального типа, которые могут читаться и пониматься пользователями [3]. Также следует отметить, что онтологический инжиниринг – ветвь инженерии знаний, использующей метаонтологию для решения конкретных задач с использованием онтологий предметной области и онтологии задач в данной БЗ. Однако одна

концептуализация может быть основой разных онтологий, т. е. две разные БЗ позволяют отражать одну онтологию [4].

Учитывая важность использования онтологий для обучающих систем, необходимо отметить ряд принципов проектирования онтологий [3]:

- 1) ясность и эффективность передачи смысла введенных терминов, а также объективность определений;
- 2) согласованность и непротиворечивость всех определений;
- 3) расширяемость онтологий с обеспечением их расширения без необходимости ревизии использованных понятий;
- 4) минимум влияния кодирования, поскольку концептуализация, лежащая в основе создаваемой онтологии, должна быть специфицирована на уровне представления для успешной работы агентов, разделяющих онтологию и реализованных в различных системах представления знаний;
- 5) минимум онтологических обязательств, что позволяет онтологии содержать только наиболее существенные предположения моделируемого мира. Здесь уместно отметить отличие онтологий, оперирующих атрибутикой предметной области от БЗ, которые наполнены знаниями для решения задач.

Если определять онтологию как эксплицитную спецификацию концептуализации [5], при которой формально онтология состоит из терминов, организованных в таксономию, их определений и атрибутов и связанных с ними аксиом и правил вывода, то можно говорить о реализации как из Web-ресурсов, так и структур обработки информации в подсистемах ЕИ, извлечения эксплицитных (формализованных) знаний на основе семантического (смыслового) маркирования таких ресурсов. Для такого извлечения используются мультиагентные системы или системы интеллектуальных агентов.

Определяя агенты как аппаратную или программную сущность, способную действовать в интересах достижения цели, поставленной пользователем [6], можно констатировать, что программные агенты являются автономными компонентами, действующими от лица пользователя. Далее рассмотрим возможности автономного агента, который взаимодействует с пользователем в рамках агентно-ориентированной системы. Появление разработок с интеллектуальными (intelligent) и действительно интеллектуальными (truly) агентами позволили по-новому взглянуть на проблему обучения в средах с иерархическими системами БЗ.

Особенности построения онтологической системы на основе знаний. Рассмотрим цепочку построения онтологической системы на основе знаний (ОСОЗ) для определенной области знаний. Основу такой ОСОЗ составляют база знаний, машина вывода, подсистема обучения (приобретения знаний) и подсистема объяснения [6].

В режиме приобретения знаний преподаватель общается с ОСОЗ при посредничестве инженера по знаниям (ИпЗ) или инженера-когнитолога. Хорошо зная требования к организации знаний, ИпЗ получает знания от преподавателя и, в соответствии с определенными правилами, загружает их в БЗ ОСОЗ. Фактически ИпЗ служит интерфейсом в цепочке преподаватель – БЗ ОСОЗ. Такой под-

ход позволяет преподавателю не изучать довольно сложные правила и языки представления знаний.

База знаний содержит информацию, необходимую для решения задач в виде фактов и правил. Память ОСОЗ отражает текущее состояние системы при решении задачи (данные о задаче и этапы ее решения). При решении задач в общении с преподавателем участвует конечный пользователь – ИпЗ, которого интересует результат и способ его получения.

Применение механизма вывода к БЗ о конкретной предметной области, задаваемой преподавателем, и к данным о текущей задаче, задаваемым ИпЗ, ведет к решению задачи.

Важное значение имеет подсистема объяснения – основное отличие ОСОЗ от других диалоговых человеко-машинных систем. Подсистема объяснения отвечает на вопросы "как" и "почему" система приняла конечное решение. Она не позволяет ИпЗ переложить ответственность за последствия принятых решений на ЭВМ и в то же время завоевывает доверие пользователя, объясняя ему рациональность действий системы [7]. Еще одна цель подсистемы объяснения – обучение конечного пользователя, т. е. субъекта обучения – учащегося или студента. Она предоставляет последнему информацию о возможностях понимания логики преподавателя, заложенной в систему [8].

Поскольку не всякую ОСОЗ можно рассматривать в качестве обучающей программы, т. е. программы, которая управляет учебной деятельностью учащегося и выполняет (как правило, частично, если рассматривать достаточно длинный отрезок обучения) функции учителя [9]. Тот факт, что обычные ОСОЗ являются в большей части решающими системами, позволил без больших затрат адаптировать последние в обучающие системы. Достаточно очевидно, что именно работа с ОСОЗ (или с учебником с использованием принципов ОСОЗ) может дать весьма значительный образовательный эффект с последующими навыками по использованию приобретенных знаний.

С другой стороны, необходимо обратить внимание на принципы усвоения системы действий, которые входят в собственно ориентировочную часть способа действий, т. е. таких действий, которые обеспечивают анализ понятий и объектов, образующих основу учебного материала, поиск путей решения задач [10]. Освоение навыков построения и работы с ОСОЗ качественно изменяет возможности учебного процесса, так как позволяет использовать компьютерный эксперимент (элементы игры) для решения задач, создание алгоритмов (путей решения) и расширение ОСОЗ.

Для разработки ОСОЗ принципиально важным оказывается разработка поля знаний, которое формируется путем полужформализованного описания основных понятий предметной области и связей между ними [11], что позволяет использовать поэтапно способы действия при решении задач учащимися в рамках диалоговой работы с ОСОЗ. При построении ОСОЗ необходимо использование как языков программирования, так и пустых оболочек для ОСОЗ. Хотя последний способ более доступный для пользователя, однако некоторые оболочки для ОСОЗ являются довольно сложными для пользователей-непрограммистов.

Поскольку наша основная задача – создание обучающих систем на основе использования ОСОЗ, то можно использовать простую в обращении оболочку BESS (Bayes Expert System Shell). Решения в данной оболочке принимаются на основе теоремы Байеса [12].

При использовании BESS для обучения учащийся может использовать подсистему объяснения для реализации обратной связи. В психологии познания выделяют два вида обратной связи в виде реакции системы на ответ обучаемого: информационный и констатирующий. Информационная обратная связь представляет собой объяснение и способствует в виде подсказки устранению допущенной ошибки. Констатирующая обратная связь – это ответ обучаемого (правильный или неправильный). Информационная обратная связь может быть применена в BESS в качестве окна помощи, предусмотренного для каждого вопроса.

ОСОЗ может выступать как инструмент обучения методам и способам выделения главного в учебном материале. Исходной позицией является то, что ОСОЗ выступает в качестве средства, с помощью которого осуществляется учебная деятельность. При этом основная единица деятельности в обучении – задача. Как известно, любую задачу можно представить в виде набора элементов и связей между ними. Условие задачи – это сумма различных и разобщенных дискретных элементов, в качестве которых выступают объекты, представления, понятия предметной области [7].

Общий метод решения задач – разбиение задачи на подзадачи, которые совместно удовлетворяют требуемым условиям. Задача считается решенной в случае решения каждой из подзадач.

Если при обычном решении субъектом обучения задачи преподаватель может проверить лишь знание формул, то при применении ОСОЗ возможна проверка знания всех элементов структуры задачи.

Среди элементов задачи можно выделить следующие: 1) предметная область; 2) отношения, связывающие объекты предметной области; 3) конечный элемент решения задачи в виде требования задачи; 4) совокупность действий операций, которые надо произвести над условиями задачи для ее решения.

Для успешного решения задачи можно разбить решение задачи на два этапа: понимание элементов задачи (готовность решить подзадачи данной задачи) и собственно решение в виде исполнения необходимых действий для получения решения. Понимание задачи включает в себя осознание структуры задачи в виде выделения необходимых подзадач, выделенных в условиях задачи, установление связей между этими подзадачами. Решение – это оперирование данными и результатами решения подзадач для получения ответов на основной вопрос задачи [5].

Разбиение задачи при ее решении на подзадачи можно использовать при построении ОСОЗ с наложением следующего разбиения на сценарий решения задачи с выделением в ней таких этапов: 1) нахождение объектов задачи; 2) взаимодействие между объектами и тип изменения величин (увеличение, уменьшение, постоянство и т. п.); 3) отношения, связывающие объекты задачи; 4) подза-

дачи, которые необходимо решить для выполнения требований задачи; 5) нахождение результата решения задачи.

Таким образом, можно прийти к пониманию понятия элементарной подзадачи типа как задачи, число объектов и операторов в которой минимизировано. Если рассматривать трудность задачи как функцию двух показателей в виде вероятности правильного решения и времени, затраченного на решение, то элементарная подзадача может быть трудной из-за недостаточной информированности обучаемого о структуре ОСОЗ.

Разбив исходную задачу на подзадачи и выделив все ее элементы (объекты, ситуации, отношения, подзадачи, результат решения) необходимо, исходя из ее суммарного спектра, составить список гипотез в виде "обучаемый не знает" и "обучаемый знает". Для каждой гипотезы составляется текст предписания, которое сообщает система по окончании прогонки ОСОЗ (полного цикла работы системы). Оно может иметь такой же вид, как и имя гипотезы, а может содержать дополнительную информацию о том, как правильно надо было ответить на вопрос или какой параграф учебника необходимо изучить обучаемому [4].

Исходя из принципов разбиения задачи на подзадачи, можно предложить алгоритм для построения ОСОЗ:

1. Выбрать предметную область, в которой будут решаться задачи.
2. Определить знания и умения (объекты, ситуации, отношения, подзадачи, результаты решения), которые необходимы обучаемому для решения задач заданного класса в рамках создаваемой ОСОЗ.
3. Разбить учебную задачу на элементарные подзадачи.
4. Исходя из списка подзадач, составить список гипотез в виде "обучаемый не знает" и "обучаемый знает".
5. Составить текст предписания для каждой гипотезы.
6. Заполнить ОСОЗ экспертными и предметными знаниями.

Механизм вывода (в случае оболочки BESS) допускает одновременное принятие нескольких гипотез [7]. Без этой возможности создание ОСОЗ представляло бы значительные трудности, поскольку по окончании сеанса опроса должна быть получена информация о текущей предметной модели обучаемого, включающая в себя сведения о знании (или незнании) некоторого множества объектов предметной области.

Методология проверки знаний по отдельным вопросам может осуществляться при разработке ОСОЗ в виде систем, которые вырабатывают планы действий для достижения поставленных целей. В этом случае учащийся занимает активную позицию, выступая в роли аналитика. Проверка знаний при этом осуществляется по вопросам, составленным учеником. Исследования показали [8], что основным приемом по осмыслению текста является постановка обучаемым перед собой скрытого вопроса и нахождение ответа на него. Составление элементов ОСОЗ дает обучаемому возможность разобраться в общих и отличительных чертах изучаемых им явлений и законов, а преподавателю увидеть, где именно представления обучаемых ошибочны либо не совсем точны, и откорректировать их.

При разработке элементов ОСОЗ учащимися можно использовать одну из методик формирования систем на основе знаний [13]. При этом за основу должна быть принята постановка задачи, при которой учащемуся предлагается эталонный образец построения блока и всей ОСОЗ с использованием такой же задачи, но с другими параметрами.

Считается, что если студент сумел объяснить суть явления компьютеру, то можно быть уверенным, что он понял материал и сможет объяснить его аудитории. Понять что-то можно и без объяснения, но объяснить что-то нельзя без понимания этого "что-то" [14]. Особенно важно это для будущих учителей, поскольку они, например, заучив определение формально, не вникая в суть, не смогут донести ее до своих учеников. Причем часто при формальном заучивании определения (без предварительного анализа) в памяти остаются лишь "кусочки", а "несущественные" (с точки зрения обучаемого) детали исчезают.

Диагностика по вопросам и заданиям, которые сконструированы самим студентом, позволяет проверить не просто формальное знание материала, но и степень понимания материала обучаемыми. Качество усвоения знаний обучаемым преподаватель может проверить, протестировав БЗ, предложенную обучаемым.

В случае адекватной реакции системы БЗ может в дальнейшем использоваться для традиционной формы диагностики (по ответам на предложенные системой вопросы). Иначе определяется причина неадекватности, каковой может быть неправильное применение алгоритма либо недостаточное качество усвоения предметных знаний студентом, и вносятся исправления. Таким образом, данный подход позволяет диагностировать как предметные знания, так и умение строить ЭС [15].

При использовании готовой планирующей ЭС для диагностики знаний преподаватель может сообщать студентам различные гипотезы, которые являются целью планирования. Задача студентов заключается в том, чтобы отвечая на вопросы, предлагаемые ЭС, добиться совпадения "предписания", выдаваемого ЭС в конце работы, с гипотезой, заданной преподавателем. Если это удалось, то, значит, студент знает, какие признаки (симптомы) характеризуют данную гипотезу, если нет, то, используя подсистему объяснения, обучаемый может самостоятельно определить, где он ошибся, и при повторной работе с системой успешно справиться с заданием.

Заключение. Исследования информационных нанотехнологий как технологий обработки информации в системах ЕИ на основе работы и организации молекулярной памяти могут быть использованы при разработке обучающих систем в образовании. Как показано в работе, систему обработки информации субъекта обучения можно представить в виде довольно разветвленной иерархической структуры, где могут использоваться подходы к обработке информации для онтологических и мультиагентных систем.

Найденные закономерности сходства и расхождений в работе систем искусственного интеллекта (ИИ) и ЕИ, а также структур, содержащихся в этих системах, дают возможность определить специфику обработки информации в

ЕИ для использования ее элементов при разработке компьютерных обучающих систем нового поколения.

Одно из определений интеллектуальных систем на основе знаний – такое описание системы, в котором знания путем принятия решений используются для решения поставленных задач. При этом системы на основе знаний являются системами программного обеспечения, в которых структурными элементами являются БЗ и механизм принятия решений.

Значение использования БЗ проявляется при принятии их как систем, в которых содержатся сотни правил об отношениях между фактами, находящимися в базах данных. Для определения смыслового значения, содержащегося в БЗ, используется понятие онтологии, которое формально представляется на базе концептуализации знания. В таком случае онтология описывает иерархию концептов, связанных отношениями между объектами и понятиями.

Можно интерпретировать онтологии как БЗ специального типа, которые могут читаться и пониматься пользователем. Необходимо отметить, что онтологический инжиниринг является ветвью инженерии знаний, использующей метаонтологию для решения конкретных задач с использованием онтологий предметной области и онтологии задач в данной БЗ.

Значение использования ОСОЗ можно рассматривать в качестве обучающей программы, которая управляет учебной деятельностью учащегося и выполняет определенные функции учителя. При этом ОСОЗ, являющиеся в большей мере решающими системами, позволяют без больших затрат адаптировать последние в обучающие системы. Очевидно, что именно работа с ОСОЗ способна дать весьма значительный образовательный эффект с последующими навыками по использованию приобретенных знаний.

Принципы усвоения системы действий, которые входят в собственно ориентировочную часть способа действий, обеспечивающих анализ понятий и объектов, образуют основу учебного материала и поиск путей решения задач. Освоение навыков построения и работы с ОСОЗ качественно изменяет возможности учебного процесса, так как позволяет использовать компьютерный эксперимент в виде элементов игры для решения задач и создания алгоритмов путей решения.

1. *Ходаковский Н.И.* Исследование принципов использования и нанотехнологий при создании онтолого-управляемых обучающих систем // *Комп'ютерні засоби, мережі та системи.* – К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2007. – № 6. – С. 38 – 45.
2. *Dgjean H.* Learning Rules and Their Exceptions // *J. of Machine Learning Research.* – 2002. – N 2. – P. 141 – 152.
3. *Орехов А.Н., Ильясов И.И.* О новом виде интуитивных мыслительных операций // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология.* – 1997. – № 2. – С. 3 – 11.
4. *Гаврилова Т.А., Червинская К.Р.* Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
5. *Атанов Г.А., Пустынникова И.Н.* Обучение путем построения баз знаний для экспертных систем // *Искусственный интеллект.* – 1998. – № 2. – С. 42 – 48.

6. *Califf M., Moony R.J.* Bottom-Up Relational Learning of Maching Rules for Information Extraction // *J. of Machine Learning Research.* – 2003. – N 4. – P. 122 – 134.
7. *Пустынникова И.Н.* Технология использования экспертных систем для диагностики знаний и умений // *Educational Technology & Society.* – 2001. – 4(4). – P. 234 – 259.
8. *Выявление экспертных знаний (процедуры и реализации)* / О.И. Ларичев, А.И. Мечитов, Е.М. Мошкович, Е.М. Фуремс. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
9. *Машбиц Е.И.* Психологические основы управления учебной деятельностью. – Киев: Вища шк., 1987. – 224 с.
10. *Ершов А.П.* Компьютеризация школы и математическое образование // *Информатика и образование.* – 1992. – № 3. – С. 3 – 12.
11. *Андреев А.М., Березкин Д.В., Симаков К.В.* Модель извлечения знаний из естественно-языковых текстов // *Информационные технологии.* – 2007. – № 12. – С. 57– 63.
12. *Довгялло А.М., Юценко Е.А.* Обучающие системы нового поколения // *Управляющие системы и машины.* – 1988. – № 1. – С. 18–23.
13. *Kulhavy R.W.* Feedback in written instruction // *Review of Educational Research.* – 1977. – 47. – P. 48 – 52.
14. *Uskov V., Uskov A.* Blending Streaming Multimedia and Communication Technology in Advanced Web-Based Education // *Intern. J. of Advanced Technjlogy for Learning.* – 2004. – 1, N 1. – P. 54–66.
15. *Парфенов И.И., Парфенова М.Я., Гуцин Ю.Г.* Интеллектуальная информационная технология как инструмент научного творчества // *Информационные технологии.* – 2007. – № 2. – Приложение. – С. 1 – 37.

Получено 09.07.2008