

УДК 681.3

В.В. Бова**МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНЫХ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ
СИСТЕМНО-КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА***

Работа посвящена рассмотрению проблем и состоянию моделей представления предметных знаний в системах, основанных на знаниях. Предлагается способ организации синтеза моделей представления предметных знаний на основе системно-когнитивного анализа модели предметной области адаптивной обучающей системы, приводятся возможные пути создания и применения в образовании адаптивных информационных обучающих систем, рассматривающих в качестве инструмента познания технологии управления знаниями.

Искусственный интеллект; адаптивные обучающие системы; модель предметных знаний; системный анализ; когнитивные технологии.

V.V. Bova**MODELS SUBJECT KNOWLEDGE BASED ON THE SYSTEM
OF COGNITIVE ANALYSIS**

The work deals with the problems and patterns of presentation of subject knowledge in systems based on knowledge. Offered ways of organizing of subject knowledge representation models based on the system of cognitive analysis of the domain model of adaptive learning system, are possible ways to create and use information in the formation of adaptive learning systems, considered as a tool of knowledge management technologies knowledge.

Artificial intelligence; adaptive learning systems; model of subject knowledge, systems analysis, cognitive technology.

Введение. В настоящий момент времени интеллектуальные системы, а также технологии, связанные с их разработкой и проектированием, получают все более широкое распространение. Значительная часть современных автоматизированных информационных систем содержит интеллектуальные компоненты. В области информационных и интеллектуальных систем одной из основных задач является формализация и представление знаний о предметной области и процессах, протекающих в ней. Для этого интеллектуальная система должна: иметь более сложную структуру (как минимум, она должна содержать подсистему моделирования для создания формальных моделей предметной области; базу знаний предметной области для формирования гипотез, используемых при решении задач моделирования и поиска решений) [1].

Рассматривая модели и подходы к организации знаний, необходимо отметить, что процесс проектирования адаптивных информационных обучающих систем требует применения различных моделей знаний, поэтому при создании архитектуры необходимо обеспечить эффективное использование всех имеющихся в системе видов знаний для поддержки процессов принятия решений при управлении активными объектами.

Причина возникновения проблемы управления активными объектами состоит в том, что модель активной системы периодически теряет адекватность при переходе объекта управления через точку бифуркации (на этапе принятия решения) [2]. Традиционно подобные проблемы решаются путем адаптации модели на

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 09-07-0038).

основе апостериорной информации. Однако в случае обучающих систем этого недостаточно, т.к. необходимо качественное изменение модели, т.е. не ее адаптация (количественное уточнение существующей модели), а периодический синтез модели и интеграция с когнитивными технологиями.

1. Проблема управления активными объектами в АОС. Классическая схема автоматизированной подсистемы параметрического управления адаптивной обучающей системой (АОС) включает управляемый объект и управляющую систему, находящиеся в некоторой окружающей среде и взаимодействующие друг с другом за счет управляющих и обратных связей [3].

В таком представлении процесс обучения реализуется в замкнутой системе управления и обладает всеми характерными особенностями системы управления (рис. 1): имеет цель обучения, объект управления (в качестве которого выступает обучающийся), звено управления (или управляющую часть), где вырабатываются управляющие воздействия, поступающие к объекту управления, и канал обратной передачи.

Процесс управления состоит из последовательных циклов управления, каждый из которых включает следующие этапы: количественное сопоставимое измерение параметров и идентификация состояния объекта управления; оценка эффективности (качества) предыдущего управляющего воздействия; если предыдущее управляющее воздействие не обеспечило приближения цели, то выработка новых или корректировка (адаптация) имеющихся методов принятия решений; иначе – выработка нового управляющего воздействия на основе имеющихся методов принятия решений; реализация управляющего воздействия.

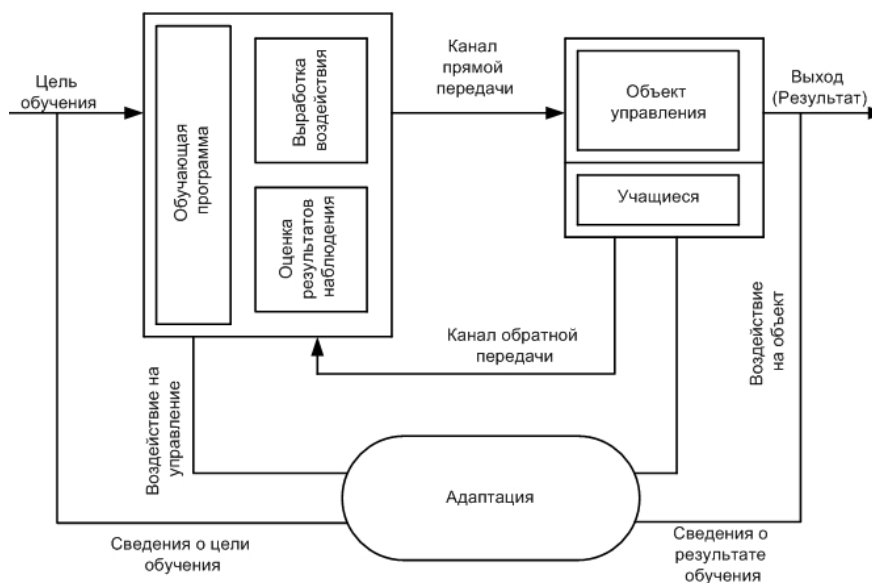


Рис. 1. Структурная схема обучения как процесса управления

В таких АОС обеспечивается лишь количественная адаптация модели объекта управления, а рефлексивность и активный характер объекта управления не учитываются и управляющее воздействие на него имеет энергетический (силовой) характер, тогда как необходимо прежде всего воздействие на информационный уровень объекта управления, т.е. метауправление (коррекция его целей, модели самого себя и окружающей среды, мотиваций способов принятия и реализации решений в направлении их сближения и согласования с целями управляющей системы).

Применение системно-когнитивного анализа модели предметных знаний активного объекта управления обеспечивает: выявление знаний о поведении сложной многопараметрической системы под действием большого количества факторов различной природы (измеряемых в различных единицах измерения) из эмпирических данных; формализацию этих знаний в форме баз знаний (с оценкой степени их адекватности); применение этих знаний для решения задач идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений, т.е. рефлексивного управления активными объектами.

Активными объектами будем называть системы, имеющие собственную систему целеполагания и принятия решений, а также адаптивную модель самого себя (рефлексивность) и окружающей среды [2]. Как объект управления обучающийся является активной системой, т.е. имеет свои цели, которые могут отличаться от целей системы управления. А так же он имеет модель окружающей среды, включающей и модель системы управления. Уровень сложности модели обучающегося, как объекта управления, на много порядков превосходит сложность любых мыслимых технических объектов, поэтому модель обучающегося должна описываться факторами, характеризующими его текущее и прошлые состояния.

Моделирование активного объекта управления учитывает два уровня: информационный и поддержки. На информационном уровне локализуются функции целеполагания, синтеза и адаптации модели окружающей среды АОС (включая управляющую систему), принятия и реализации решений. Существует две основные причины, определяющие необходимость адаптации системы управления в АОС:

1. Динамика предметной области, т.е. объекта управления и окружающей среды.
2. Повышение степени адекватности модели предметной области до необходимого уровня.

Уровень поддержки представляет собой систему, обеспечивающую функционирование информационного уровня.

Это означает, что активную систему можно упрощенно представить в виде двухуровневой модели: т.е. суперпозиции, объединения двух систем [3,4].

1. Интеллектуальной информационной системы (ИИС), обеспечивающей целеполагание, накопление информации (мониторинг), ее интеллектуальный анализ, прогноз развития себя и окружающей среды, принятие решений (рис. 2).

2. Сложной системы поддержки принятия решений и реализации управляющих воздействий.

Из того, что активная система создает и непрерывно модифицирует модель внешней среды (включая модель внешней системы управления), непрерывно обеспечивая ее адекватность, следует, что управление активной системой предполагает непрерывное ее изучение (познание), на основе которого должна адаптироваться модель активной системы в системе управления [3].

Одним из возможных предлагаемых вариантов решения указанной проблемы и достижения целей интеллектуализации обучения в АОС, является обеспечение следующих задач [5]:

1. Синтез и адаптация семантической информационной модели предметной области, включая объект активный управления и окружающую среду.
2. Идентификация и прогнозирование состояния активного объекта управления, а также разработка управляющих воздействий для его перевода в заданные целевые состояния.
3. Углубленный анализ семантической информационной модели предметной области.

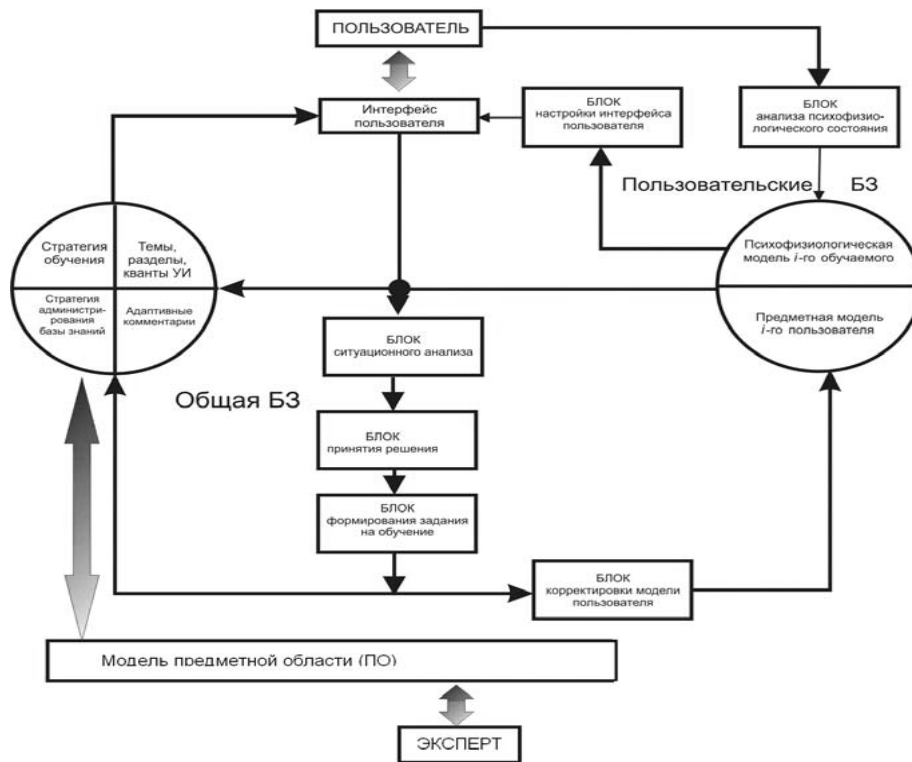


Рис. 2. Схема взаимодействия моделей активного объекта управления и предметной области адаптивной информационной системы

2. Когнитивная структуризация модели предметной области. Для разработки информационной модели предметной области необходимо владеть основными принципами ее когнитивной структуризации и формализованного описания. Синтез содержательной информационной модели включает следующие этапы [6]:

1. Формализация (когнитивная структуризация предметной области).
2. Формирование исследуемой выборки и управление ею.
3. Синтез или адаптация модели.
4. Оптимизация модели.

5. Измерение адекватности модели (внутренней и внешней, интегральной и дифференциальной валидности), ее семантической устойчивости.

Этап выявления и диагностики предметных знаний в адаптивных информационных обучающих системах является наиболее важным, т. к. определяет цели и задачи проведения системного анализа, а также методы и алгоритмы, которые будут применяться в дальнейшем при поддержке принятия решений. В тоже время этот этап является наиболее сложным и наименее формализованным.

Формализовать процесс познания в целом, безусловно, значительно сложнее, чем отдельные операции процесса познания. Но для этого, прежде всего, необходимо выявить эти операции и найти место каждой из них в системе или последовательности процесса познания.

Сделать это предлагается в форме когнитивной концепции, которая должна удовлетворять следующим требованиям [3,7]:

- ◆ адекватность, т.е. точное отражение сущности процессов познания, характерных для человека, в частности описание процессов вербализации, семантической адаптации и семантического синтеза (уточнения смысла слов и понятий и включения в словарь новых слов и понятий);
- ◆ высокая степень детализации и структурированности до уровня достаточных простых базовых когнитивных операций;
- ◆ возможность математического описания, формализации и автоматизации.

Положения когнитивной концепции приведены в определенном порядке, соответствующем реальному ходу процесса познания "от конкретных эмпирических исходных данных к содержательным информационным моделям, а затем к их верификации, адаптации и, в случае необходимости, к пересинтезу" [3].

Системный анализ представляет собой теоретический метод познания, т.е. сложный многоступенчатый, итерационный, иерархически организованный *когнитивный процесс* [6].

Исходные данные для системного анализа поставляются из нескольких независимых информационных источников, имеющих качественно различную природу, обусловленную конкретным видом информационного источника [3–7]. Для обозначения этих исходных данных будем использовать термин "*атрибут*". В результате выполнения когнитивной операции "*присвоение имен*" атрибутам могут быть присвоены уникальные имена, т.е. они могут быть отнесены к некоторым градациям номинальных шкал. Получение информации о предметной области в атрибутивной форме осуществляется когнитивной операцией "*восприятие*".

Исходные данные содержат внутренние закономерности, объединяющие качественно разнородные исходные данные от различных информационных источников.

После восприятия предметной области может быть проведен ее первичный анализ путем выполнения когнитивной операции: "*сопоставление опыта, воплощенного в модели*", т.е. с результатами восприятия той же предметной области другими. Это делается с целью исключения из дальнейшего анализа всех наиболее явных расхождений, как сомнительных.

Однако, закономерности в предметной области могут быть выявлены путем выполнения когнитивной операции "*обобщение*" только после накопления в результате мониторинга достаточно большого объема исходных данных в памяти.

Наличие этих закономерностей позволяют предположить, что:

- ◆ существуют некие интегративные структуры, не сводящиеся ни к одному из качественно-различных аспектов исходных данных и обладающие по отношению к ним системными, т.е. эмерджентными свойствами, которые не могут быть предметом прямого восприятия, но могут являться предметом для других форм познания, например логической формы. Для обозначения этих структур будем использовать термин "*объект*";
- ◆ "объекты" считаются причинами существования взаимосвязей между атрибутами.

Объектам приписывается объективное существование, в том смысле, что любой объект обнаруживается несколькими независимыми друг от друга способами (критерий объективного существования) [3,4].

Путем выполнения когнитивной операции "*присвоение имен*" конкретным объектам могут быть присвоены уникальные имена, т.е. они могут быть отнесены к некоторым градациям номинальной шкалы – "*классы*". В данном случае класс представляет собой отображение объекта шкалу, т.е. это своего рода целостный образ объекта. После этого возможно выполнение когнитивной операции "*идентификация*" объектов, т.е. их "*узнавание*": при этом по атрибутам объекта определяется класс, к которому принадлежит объект.

При этом все атрибуты, независимо от их качественно различной природы, рассматриваются с одной единственной точки зрения: "Какое количество информации они несут о принадлежности данного объекта к каждому из классов".

Кроме того, возможно выполнение когнитивной операции: "*дедукция и абдукция*", обратная задача идентификации и прогнозирования, имеющей очень важное значение для управления, т.е. вывод всех атрибутов в порядке убывания содержащегося в них количества информации о принадлежности к данному классу.

Аналогично, может быть выполнена когнитивная операция: "*семантический анализ атрибута*", представляющий собой список классов, в порядке убывания количества информации о принадлежности к ним, содержащейся в данном атрибуте.

Таким образом, возможно два взаимно-дополнительных способа отображения объекта: в форме принадлежности к некоторому классу (целостное, интегральное, экстенциональное); в форме системы атрибутов (дискретное, интенциональное).

Результаты идентификации и прогнозирования, осуществленные с помощью модели, путем выполнения когнитивной операции "*верификация*" сопоставляются с опытом, после чего определяется выполнять ли когнитивную операцию "обучение", состоящую в том, что параметры модели могут изменяться количественно, и тогда мы имеем дело с адаптацией, или качественно, и тогда идет речь о переформировании модели.

3. Синтез содержательной информационной модели предметной области.

Для построения адаптивных обучающих систем на основе технологий управления знаниями средствами новых информационных технологий, использующих идеи и методы искусственного интеллекта, можно предложить следующую схему организации информационной системы с учетом влияния на нее предметной области (рис. 3) [6]. Т.е. информационная система состоит из баз данных, информационных хранилищ и баз знаний, которые реализуют функции сбора, обработки, поиска, выдачи и передачи информации.

Содержательная модель предметной области представляется в виде трех непересекающихся подобластей, которые в дальнейшем будут называться уровнями модели предметной области [1,6].

Именная часть модели предметной области образует семантический уровень, а *модельная часть* – формальный и алгоритмический уровни. Внутри каждого из уровней для моделирования объектов предметных знаний и исследования моделей используется своя система понятий, структур и операций (аппарат) функциональной составляющей модели предметной области.

В аппарат семантического уровня входят содержательные понятия о модельных объектах предметной области, характеристики, в терминах которых описываются эти объекты, а также характер их возможных взаимосвязей. Операции этого уровня включают в себя операции формирования семантических моделей конкретных объектов по их спецификациям в контексте семантического уровня модели предметной области.

В роли *понятий аппарата формального уровня* выступают переменные, их типы и значения и т.д.; в роли структур – множества, формальные отношения разных типов и системы отношений, представляющие формальные модели, которые используются в этой предметной области; в роли операций – построение конкретных отображений, порождаемых отношениями и системами отношений, преобразование отношений и др.

Для алгоритмического уровня характерны такие понятия, как данные, структуры данных, программные модули, реализующие в совокупности или по частям алгоритмы реализации отображений формального уровня и т.д.

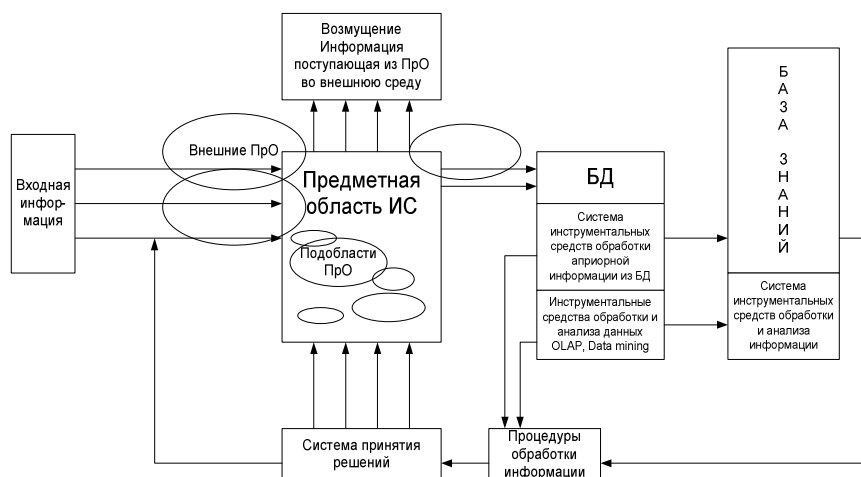


Рис. 3. Модель организации информационной системы

Структуры этого уровня определяют возможности и правила сопряжения модулей по данным, позволяющие формировать алгоритмы и программы решения конкретных задач, а операции представляют собой способы формирования программ путем сопряжения модулей и их привязки к полям данных конкретных модулей.

Информационным входом каждого уровня модели предметной области является спецификация моделируемого активного объекта управления или задачи его исследования в контексте этого уровня. По этой спецификации аппарат уровня формирует соответствующую модель.

Процесс формирования модели осуществляется в два этапа. Сначала анализируется спецификация объекта, т.е. выделяются структуры (являющиеся базовыми для уровня), из которых состоит моделируемый объект. Следующий этап состоит в синтезе выделенных модельных структур в модель объекта.

Заключение. Проблема представления знаний для АОС чрезвычайно актуальна и обусловлена необходимостью создания особого подхода формализации данных и знаний с возможностью динамической адаптации модели предметной области, а также самообучения и изменения границ компетентности с целью автоматизации процессов моделирования и автоформализации знаний о предметной области [8]. Задача представления знаний об активном объекте управления может рассматриваться с самых разных точек зрения и иметь различные области практического применения. Использование технологий управления знаниями при создании интеллектуальных информационных обучающих систем позволит существенно повысить эффективность и качество обучения за счет обеспечения индивидуальных траекторий представления знаний для каждого обучаемого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
2. Курейчик В.М., Писаренко В.И. Синергетика в образовании // Открытое образование. – 2010. – № 4. – С. 33-45.

3. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.
4. Черткова Е.А. Разработка компьютерных обучающих систем. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. – 175 с.
5. Ветров А.Н. Среда автоматизированного обучения со свойствами адаптации на основе когнитивных моделей: Монография. – М.: Деп.РАО. – 2007. – 256 с.
6. Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 107-113.
7. Кравченко Ю.А. Оценка когнитивной активности пользователя в системах поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 113-117.
8. Бова В.В., Гладков Л.А., Курейчик В.В. и др. Модели и методы представления знаний в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Ю.А. Гатчин.

Бова Виктория Викторовна

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; старший преподаватель.

Bova Viktoria Viktorovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371651.

The Department of Computer Aided Design; Senior Teacher.

УДК 621.3.06

В.А. Литвиненко, С.А. Ховансков, Е.В. Литвиненко

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ
УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ***

Рассматриваются вопросы использования методов искусственного интеллекта для управления точностью решения NP-трудных задач на графах. Основное внимание уделено такому методу искусственного интеллекта, как параметрическая адаптация, позволяющего адаптировать алгоритм решения задачи на графах к внешним условиям выполнения алгоритма таким, как: требуемая точность решения, размерность задачи, ресурс времени, отведенный для решения задачи. Предложена модификация алгоритма определения всех клик графа, предложенного Bron C. и Kerbosh J. (Алгоритм 457), переводящая этот алгоритм в класс адаптивных алгоритмов на графах с управляемой точностью решения на основе использования параметрической адаптации.

Методы искусственного интеллекта; параметрическая адаптация; алгоритмы на графах; точность решения; размерность задачи; ресурс времени; база данных; управление точностью; алгоритмы определения клик графа.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 11-01-00975-а).