

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ СХЕМЫ

СОЛОВЬЕВА Е.А.

Рассматриваются проблемы концептуального моделирования для интеллектуальных систем и технологий и перспективы использования при моделировании естественной классификации. Приводятся результаты исследования закономерностей естественной классификации. Впервые предлагается формальный критерий естественности классификационной схемы. Предлагаются показатели степени естественности (оптимальности) концептуальной классификационной модели.

Современный этап развития общества имеет ярко выраженные кризисные черты, которые определяют существование глобальной проблемой “*устойчивого развития*”, сформулированной ООН в 1992 году (КОСР-92) и носящей, в первую очередь, экологический характер. Устойчивое развитие общества, по мнению специалистов, может быть обеспечено только за счет создания *инфосферы* и перехода человечества на новый этап развития, именуемый “*информационным обществом*” [1]. В связи с этим резко возрастает роль интеллектуальных информационных систем и технологий (ИИСТ) для решения жизненно важных слабоформализованных проблем, требующих нового уровня понимания глобальных природных (естественных) закономерностей. Актуальность повышения эффективности ИИСТ определяется, таким образом, не потребностью или возможностью решения с их помощью различных технических задач, но, во-первых, их ориентированностью на слабоструктурированные и слабоформализованные проблемы и, во-вторых, их ориентацией на знания и когнитивный характер моделируемых и автоматизируемых ими структур и процессов. При этом под знаниями понимаются не “*поверхностные знания*”, имеющие хорошо разработанные методы представления, а “*глубинные (глубокие) знания*” о фундаментальных причинно-следственных связях и общих существенных закономерностях универсума [2], т. е. метазнания, на основе которых могут быть получены другие знания.

Первоочередной проблемой практики создания ИИСТ, от решения которой зависит необходимое повышение их эффективности, является проблема гуманизации процессов информатизации и компьютеризации общества, т. е. проблема приближения ЭВМ к человеку и обеспечения нового (человеческого) уровня взаимопонимания в системе “человек-машина” и, в первую очередь, понимания рекомендаций, решений и действий сложных систем управления

[3]. Одной из основных фундаментальных научных проблем разработки таких систем и технологий, обуславливающих существование практических трудностей, является проблема концептуального моделирования общих закономерностей мира (универсума) и проблемных областей [4, 5], связанная с необходимостью автоматизации решения на ЭВМ слабоформализованных задач, включающих анализ сложных систем первой природы (в том числе человека).

Анализ существующей методологии концептуального моделирования произвольных проблемных областей показал, что ее недостатки обусловлены существованием нерешенной до сих пор проблемы построения *естественной классификации* (ЕК), изучение закономерностей которой важно не только для концептуального классификационного моделирования, но и как теоретической основы любой науки, в первую очередь – фундаментальной. Решение данной проблемы должно опираться на системный сущностный подход к классификации, что, в свою очередь, делает необходимым создание метода системного классификационного анализа, основанного на ЕК.

Научная значимость проблемы представления в ЭВМ глубинных (глубоких) понятийных знаний определяется не только ее фундаментальным, общенаучным характером, но и необходимостью создания эффективных способов выражения общих закономерностей нашего мира, в чем и состоит, по мнению специалистов по искусственному интеллекту, суть проблемы представления знаний, являющейся стратегической и не решенной до сих пор проблемой искусственного интеллекта [2, 6].

Исходя из онтологических и гносеологических характеристик бытия, наиболее предпочтительными для решения данной проблемы являются методы, основанные на важнейшей разновидности семантических сетей – классификационных структурах [7]. Осознание определяющей роли классификации в любой деятельности человека, признание того, что качество научных исследований и их эффективность во многом определяются особенностями используемых классификаций, давно привело к превращению *классификационного движения* в самостоятельное научное направление. Это, в свою очередь, способствовало появлению сначала национальных обществ по классификации, а затем *Международной федерации классификационных обществ* (IFCS, Париж, 183 год). В настоящее время активно функционируют научные общества по этому направлению в США, Германии, Франции, Скандинавских странах, Бельгии и Голландии, Великобритании, Польше, Китае и др. К сожалению, в Украине подобное общество или движение отсутствует, что является дополнительным свидетельством актуальности развития данного научного направления в нашей стране.

Кроме того, необходимо обратить внимание на возникновение в ходе разработки *общей теории классификации* мировым классификационным движением ряда проблем, связанных с естественной классификацией и мешающих созданию теории. Отсутствие такой теории, как известно, в свою очередь создает непреодолимые препятствия для повышении эффективности интеллектуальных систем поиска информации, экспертных, систем управления, поддержки принятия решений и т. д. [8].

Учитывая важность естественной классификации для создания теоретической основы любой науки,

начиная с XIX века, было предпринято много попыток сформулировать определение такой классификации и ее критерии. Первый критерий естественной классификации был предложен более 150 лет назад У. Уэвеллом. Ни одно из определений до настоящего времени не считается удовлетворительным; формальные или хотя бы операциональные критерии до сих пор не разработаны [9].

На основании систематизации и обобщения известных представлений можно утверждать, что ЕК есть:

- форма выражения знаний об объективных взаимосвязях и зависимостях, существующих между системами в реальной действительности;
- форма представления закона природы, связывающего большее количество переменных и не допускающего количественного выражения;
- отражение системности, существующей в самих природных объектах;
- классификация, опирающаяся как на свое основание именно на сущностные признаки классифицируемых объектов;
- классификация, учитывающая максимальное число целей.

Известно, что по степени учета существенных свойств классифицируемых объектов классификация может быть *феноменологической*, учитывающей очевидно выделяющиеся броские признаки, или *характерологической*, учитывающей выделяющиеся броские признаки, но такие, которые являются следствием скрытых существенных свойств. “Идеалом классификации по ее познавательной ценности является *сущностная*, т. е. опирающаяся как на свое основание именно на сущностные признаки классифицируемых объектов. Поэтому, при рассмотрении общих вопросов классификации, сущностной классификации необходимо уделять главное внимание, хотя сущностная классификация, естественно, как идеал, далеко не всегда достижима” [10, с. 53].

Сравнение характеристик ЕК с делением классификаций по степени учета существенных свойств классифицируемых объектов показывает тождественность естественной и сущностной классификаций. Данное обстоятельство обуславливает необходимость поиска и применения при разработке системного классификационного анализа конструктивного подхода к понятиям *существенное свойство* и *сущность* объекта.

Такой подход существует и основывается на понятиях функциональной системологии [8, 11]. В данной научной дисциплине под *функциональным свойством* (функцией, ролью, долей участия) системы в надсистеме понимается свойство, обеспечивающее существование и функционирование надсистемы, т. е. свойство системы, поддерживающее функциональное свойство надсистемы. При этом потребность надсистемы в поддержании ее свойств есть *функциональный запрос надсистемы*, т. е. *внешняя детерминанта системы* с определенной функцией.

Следующие необходимые определения основываются на использовании упомянутых выше понятий [11]:

- *Сущностное свойство (сущность)* – функциональное свойство, поддерживающее ту надсистему, в которой данная система сформировалась (то свойство, необходимое надсистеме, ради наличия которо-

го сформировалась данная система вследствие запроса надсистемы).

- *Существенное свойство* – функциональное свойство, поддерживающее любую другую надсистему (не ту, в которой данная система сформировалась), необходимое этой надсистеме для поддержания своих определенных свойств.

Описанный подход обобщает и конкретизирует бытующие в научной практике представления о сущности объектов. Представление об относительности сущности зафиксировано в приведенном определении существенных свойств, а представление о единственности и онтологичности сущности – в понятии сущностного свойства, т. е. сущности. Следует подчеркнуть, что из последнего представления, разделяемого большинством ученых и восходящего еще к Аристотелю [11], следует единственность сущностной (естественной) классификации.

Для решения проблемы ЕК и концептуального моделирования автором с использованием названных понятий разработаны и развиваются системологический когнитивный подход как инструментальный анализа и моделирования произвольных сложных проблемных областей, а также системология систем-классов, являющаяся результатом применения функциональной системологии к открытым динамическим системам особой природы, называемым “внешними” [12].

В результате содержательного исследования на основе системологического когнитивного подхода понятийных знаний, отражающих системность реальной действительности, впервые разработаны и предложены операциональные критерии ЕК [13], обобщая которые можно сказать, что ЕК должна, в первую очередь, обладать следующими свойствами:

- ЕК должна иметь единственную вершину, соответствующую единственному понятию-категории, в котором отражается предельно широкий класс явлений;
- ЕК должна иметь иерархическую структуру родо-видовых отношений между всеми понятиями;
- в ЕК предельно широкий класс (понятие *универсума*) должен иметь подклассы, соответствующие понятию о носителях свойств (например – *вещь*) и понятию *свойство*.

Названные содержательные свойства соответствуют основным общим закономерностям универсума, выражением которых и должна быть ЕК. К таким закономерностям относятся:

1. *Единство универсума*, соответствующее единственности вершины системы понятий, в которой отражается предельно широкий класс явлений (надсистема-класс, т. е. *универсум*). В терминах теории категорий это соответствует утверждению о том, что в некоторой категории $\mathfrak{K}$, описывающей классификацию, существует единственный инициальный объект:

$$\exists! a_{\perp} \in \text{Ob} \mathfrak{K} \quad \forall a \in \text{Ob} \mathfrak{K} \quad \exists! \alpha_a \in \text{Mor} \mathfrak{K} \quad \alpha_a : a_{\perp} \rightarrow a.$$

2. *Системная иерархическая структура универсума*, соответствующая иерархии родо-видовых отношений между понятиями, отражающими системы-классы. В терминах теории категорий это соответствует утверждению о том, что каждый объект категории $\mathfrak{K}$, описывающей классификацию, является вершиной конуса и, кроме того, для каждого

объекта данной категории существует некоторая подкатегория, для которой он является инициальным объектом:

$$\forall a \in \text{Ob} \mathfrak{K} \exists \text{Mor} \mathfrak{K}[a] \neq \emptyset; \exists \mathfrak{K}_a \subseteq \mathfrak{K}: a \in \text{Ob}_1 \mathfrak{K}_a,$$

где, кроме стандартных обозначений,

$\text{Mor} \mathfrak{K}[a]$ — множество всех морфизмов, началом которых является объект a ;

$\text{Ob}_1 \mathfrak{K}$ — множество инициальных объектов категории $\mathfrak{K}$.

3. Параметричность (интенциональность) классификации, соответствующая требованию явного включения в классификацию свойств классифицируемых объектов, в соответствии с которыми эти объекты связаны в данной классификации [14]. В терминах теории категорий это соответствует утверждению о том, что в некоторой категории $\mathfrak{K}$, описывающей классификацию, существуют подкатегория $\mathfrak{K}_{pr}$, описывающая свойства любых элементов классифицируемой предметной области:

$$\exists \mathfrak{K}_{pr} \subset \mathfrak{K}.$$

Используя последние три выражения как исходные, удалось разработать категорно-функторную модель ЕК [15] и исследовать ее как разновидность связанных тонких категорий [16]. В результате впервые в научной практике предложен формальный критерий естественности классификационной схемы [16]:

$$\begin{aligned} \text{Ob}_1 \mathfrak{K} &= \{a_\perp\}, \\ a &\in \text{Ob} \mathfrak{K} \setminus \{a_\perp\}, |\text{Mor} \mathfrak{K}[a] \cap \text{Mor}_p \mathfrak{K}| \geq 2, \\ |\text{Mor} \mathfrak{K}(a) \cap \text{Mor}_p \mathfrak{K}| &= 1; \\ \mathfrak{K}_f &\subseteq \mathfrak{K}, a_\perp \notin \text{Ob} \mathfrak{K}_f, \mathfrak{K}_f \cong \mathfrak{K}, \\ |\text{Mor} \mathfrak{K}[a_\perp] \cap \text{Mor}_p \mathfrak{K}| &= 2. \end{aligned}$$

где, кроме стандартных обозначений,

$\text{Mor} \mathfrak{K}[a]$ — множество всех морфизмов, концом которых является объект a ;

$\mathfrak{K}_f$ — полная подкатегория;

$\text{Mor}_p \mathfrak{K}$ — множество простых морфизмов категории $\mathfrak{K}$.

Понятие простого морфизма является в теории категорий новым и введено в ходе исследования связанных тонких категорий по аналогии с понятием простого числа [16].

Определение 1. Морфизм $\alpha: a \rightarrow b$ называется простым (α_p), если

$$\alpha = gh \Rightarrow (g = 1_a \wedge h = \alpha) \vee (g = \alpha \wedge h = 1_b).$$

Сравнение выражений, предлагаемых в качестве формального критерия естественности, с исходными показывает, что классификационная схема, удовлетворяющая формальному критерию, будет соответствовать исходным требованиям.

Кроме того, относительно требования параметричности естественной классификационной схемы, т. е. требования существования в категории, описывающей классификацию, подкатегории, описывающей свойства всех элементов классифицируемой предметной области, можно утверждать, что оно не

только выполняется, но и развито в процессе исследований: разработан новый метод обеспечения выполнения данного требования. Относительно требования иерархичности разрабатываемой классификации, т. е. требования о том, что каждый объект категории, описывающей классификацию, является вершиной конуса и для каждого объекта этой категории существует подкатегория, для которой он является инициальным объектом, можно утверждать, что в результате исследования обоснована не только необходимость, но и достаточность этого требования. Это обстоятельство будет использовано ниже. Относительно требования монизма классификационной структуры, то есть требования существования и единственности инициального объекта категории, описывающей ЕК, можно утверждать, что в результате исследования данного аспекта показана его тесная связь с требованием иерархичности и избыточность, которая теперь будет учтена.

В [16] доказана новая теорема о том, что **в любой связанной тонкой категории, для любого объекта которой существует не более одного простого морфизма, концом которого он является, существует единственный инициальный объект**. Из этой теоремы следует, что строгая иерархичность родо-видовых отношений систем-классов или понятий с необходимостью влечет за собой существование единственного предельно широкого класса, соответствующего понятию-категории, отражающему универсум в целом. Это означает, что из выполнения критерия иерархичности следует выполнение критерия монизма (единственности инициального объекта категории). Таким образом, существует возможность сокращения числа необходимых условий, составляющих предложенный критерий естественности. Следовательно, критерий естественности классификационной схемы можно использовать без первого из трех составляющих его выражений.

Рассмотрим второе выражение из критерия естественности. В результате исследования свойств связанных тонких категорий с простыми морфизмами впервые в теории категорий формально введены понятия иерархической категории и уровня иерархии [16].

Определение 2. Тонкая, связанная категория, для любого объекта которой существует не более одного простого морфизма, концом которого он является, называется иерархической категорией ($\mathfrak{K}_h$).

Из приведенных выражений формального критерия естественности видно, что второе выражение задает иерархическую категорию в описанном выше смысле. Таким образом, можно предложить формальное, основанное на категорно-функторном подходе, определение естественной классификации:

$$\begin{aligned} \exists \mathfrak{K}_f \subseteq \mathfrak{K}_h: a_\perp &\notin \text{Ob} \mathfrak{K}_f, \\ |\text{Mor} \mathfrak{K}_h[a] \cap \text{Mor}_p \mathfrak{K}_h| &\geq 2, \mathfrak{K}_f \cong \mathfrak{K}_h. \end{aligned}$$

Определение 3. Естественной является классификация, описываемая иерархической категорией, из инициального объекта которой выходит два простых морфизма и для которой существует полная подкатегория, не содержащая инициального объекта, изоморфная данной категории.

Следствие. Подкатегория $\mathfrak{R}_f$ в свою очередь включает полную подкатегорию, изоморфную $\mathfrak{R}_f$, и т. д.

Содержательно это соответствует определению 4.

Определение 4. Естественная классификация есть иерархическая параметрическая классификация, в которой классификация свойств объектов определяет классификацию объектов, классификация свойств свойств определяет классификацию свойств и т. д.

Выявление закономерностей ЕК и выведение формального критерия естественности кроме теоретического общенаучного имеет большое практическое значение для разработки систем знаний, необходимых для эффективной работы современным ИИСТ. Данное обстоятельство обусловлено тем, что современные экспертные системы, системы поддержки принятия решений и т. п., как правило, предназначены для решения не технических, а слабоформализованных задач, включающих в себя анализ систем первой природы. Разработчикам таких систем приходится широко использовать данные психологии, лингвистики, социологии, экологии, биологии и т. п. Однако эти науки, как известно, в качестве своего инструмента, в отличие от точных наук, имеют в своем распоряжении только классификации соответствующих проблемных областей [17]. Все эти классификации являются целевыми и многоаспектными, а с точки зрения степени учета существенных свойств классифицируемых объектов — феноменологическими и, в лучшем случае, характерологическими. Это означает, что данные классификации представляют собой инструмент инвентарного учета и запоминания [8] и, следовательно, не могут быть основой адекватных концептуальных моделей проблемных областей. Однако как единственный инструмент упомянутых выше наук классификации должны были бы представлять собой инструмент познания свойств, причинно-следственных связей и прогнозирования изменений и развития классифицируемых объектов. Таким инструментом, как было показано выше, является именно ЕК. Поэтому приближение классификаций конкретных предметных/проблемных областей к ЕК является актуальной практической задачей, так как “цель любой научной классификации состоит в том, чтобы максимизировать естественность классификаций при сохранении обычной полноценности, требуемой, чтобы осуществить их практически” [18].

Так как, в общем случае, многоаспектная классификация образуется за счет объединения одноаспектных классификаций, то ее, следовательно, можно описать через объединение иерархических категорий, которое относится к классу тонких связанных категорий, упомянутых выше. Таким образом, можно дать следующее определение многоаспектной классификации в терминах теории категорий.

Определение 5. Многоаспектной является классификация, описываемая тонкой связанной категорией $\mathfrak{R}_m \langle \text{Ob}\mathfrak{R}_m, \text{Mor}\mathfrak{R}_m \rangle$:

$$\text{Mor}_p\mathfrak{R}_m \neq \emptyset, \text{Mor}_p\mathfrak{R}_m = \bigcup_{i=1}^{\infty} M_i, M_i \cap M_j = \emptyset, i \neq j$$

M_i — подмножество множества морфизмов (i -я плоскость классификации), которое соответствует i -му аспекту C_i рассмотрения предметной области.

Для различения морфизмов, представляющих различные аспекты классификации, введем функцию аспектирования (целеполагания):

$$f: C \rightarrow M,$$

заданную на множестве C аспектов с областью значений $M = \{M_i\}_{i=1}^{\infty}$, где M — фактормножество по отношению эквивалентности на множестве простых морфизмов. При этом

$$C_i = f(M_i),$$

т. е. каждому аспекту (цели) $C_i \in C$ соответствует определенное подмножество морфизмов.

Построенная на основе естественной многоаспектная классификация будет включать ЕК как часть, т. е.

$$\mathfrak{R}_m \supset \mathfrak{R}_h,$$

где $\mathfrak{R}_h$ удовлетворяет формальному определению естественной классификации, предложенному выше.

Для учета неопределенностей различного вида в общем случае можно ввести функцию g неопределенности на объектах и морфизмах категории $\mathfrak{R}_m$:

$$g: \text{Ob}\mathfrak{R}_m \cup \text{Mor}\mathfrak{R}_m \rightarrow [0,1],$$

такую, что

$$\forall a \in \text{Ob}\mathfrak{R}_m \exists b_a \in [0,1]: g(a) = b_a;$$

$$\forall \alpha \in \text{Mor}\mathfrak{R}_m \exists b_\alpha \in [0,1]: g(\alpha) = b_\alpha.$$

Замечание. Концептуальная модель может включать в себя многоаспектную классификацию:

$$\mathfrak{R} \supset \mathfrak{R}_m.$$

Неопределенности в концептуальной модели могут быть учтены аналогичным образом.

Для практических целей представляет интерес рассмотрение конечных концептуальных моделей (многоаспектных классификаций). Метод разработки многоаспектной классификации на основе ЕК включает учет основных свойств ЕК, в том числе:

- учет в классификации свойств всех ее элементов;
- изоморфность классификации объектов классификации свойств (классификации свойств свойств классификации свойств свойств и т. д.);
- учет функционального аспекта рассмотрения объектов, родовидовых отношений свойств в данной плоскости классификации.

Использование модели ЕК для моделирования многоаспектной классификации может дать положительный эффект как для понимания природы феномена многоаспектности, так и для практической классификационной работы с точки зрения задачи “максимизации естественности классификаций”.

Рассмотрим причины существования многоаспектных классификаций. Аналогичные причины рассматриваются в терминоведении при установлении разграничений между *терминологией* и *номенклатурой*. Эта аналогия в данном случае чрезвычайно важна в связи с тем, что классификация здесь рассматривается как метод концептуального моделирования для систем, основанных на знаниях, который непосредственно связан с систематизацией и представлением в ЭВМ понятий и терминов.

Современное терминоведение и системная лингвистика обосновывают единственность терминосистемы предметной/проблемной области, т. е. единственность

сущностной (естественной) классификации терминов [10, 11]. Эта единственность обусловлена единственностью системы понятий, отражающей объективно существующую сущность объектов и явлений, которая и находит свое выражение в единственной термин-системе. Понятия, отражающие сущность объектов, представляют собой, как известно, *сущностные абстракции* [11]. Однако в когнитивной структуре абстрактного мышления, кроме названных понятий, имеют место понятия, отражающие какие-либо общие или существенные для чего-либо (в каком-либо аспекте) свойства объектов, т. е. представляющие собой *формально-логические абстракции* [11]. Данные понятия, образуя различные совокупности, отражающие несущностные характеристики предметно/проблемной области, находят свое выражение в различных номенклатурах рассматриваемой области. Таким образом, складывается множественность *номенклатур* (понятийных образований, отражающих различные актуальные свойства предметной/проблемной области) при единственности ее *термин-системы* (системы понятий, отражающей сущностные свойства) [10].

“При этом можно говорить о двух основных видах множественности номенклатур: наиболее очевидная — прагматическая множественность, связанная с ориентацией на решение определенного вида прагматических задач; менее очевидная — концептуальная множественность, вытекающая из разнообразия возможных односторонних концептуальных установок. Но все виды множественности номенклатур в конечном счете сводятся к одному роду: к аспектуальной множественности, чем бы ни вызывалась эта аспектуальность (а не всесторонность) рассмотрения объектов отрасли науки и техники: конкретностью решаемой прагматической задачи или узкой специализированностью и потому односторонностью концепции, привлекаемой для изучения сущности объектов” [11, с.276].

С точки зрения данного исследования единственная термин-система предметной/проблемной области есть ее естественная классификация, а множество номенклатур данной области есть ее многоаспектная классификация. Рассмотрим, в чем проявляются причины множественности номенклатур, т. е. причины многоаспектности классификации, на модели ЕК для более глубоко понимания природы многоаспектности.

В данном случае мы также обнаруживаем, по сути дела, главную причину многоаспектности одного рода, которая представляет собой рассмотрение объекта (системы-класса) не в связи с его сущностным функциональным свойством, а в связи с каким-либо другим несущностным свойством, на основании которого осуществляется его деление на подклассы. При этом использование не того свойства при классифицировании может быть двух видов. Во-первых, рассматриваемое свойство может само находиться в ЕК как свойство-класс, что соответствует, очевидно, прагматической многоаспектности. Это обусловлено тем, что само свойство как система-класс с точки зрения его свойств, скорее всего можно предполагать, рассмотрено в данной прагматической задаче сущностно. В противном случае решение задачи на практике стало бы невозможным. Во-вторых, рассматриваемое свойство может быть произвольным и не иметь отношения к ЕК, что соответствует, очевидно, концептуальной многоаспектности. Это обусловлено тем, что само свойство как система-класс с точки зрения его свойств, скорее всего, еще не познано или познано несущностно.

Исследуем вопросы оптимальности (естественности) классификационной схемы, т. е. возможности оценки степени приближения классификации к ЕК с учетом различных аспектов. Данное исследование необходимо в связи с тем, что построение ЕК конкретной ПО является фундаментально сложной проблемой. На практике, чаще всего, приходится довольствоваться классификационной схемой, которая может лишь приближаться в той или иной степени к ЕК. Однако именно естественная классификационная схема необходима для построения адекватной концептуальной модели. Следовательно, актуальным является обеспечение возможности оценки степени естественности классификации и повышение этой степени на основе дополнительных исследований с использованием предлагаемых методов.

Учитывая результаты исследования ЕК, отметим следующие аспекты, важные для анализа и оценки близости классификационной схемы к естественной:

1. Оптимальность, качество (естественность) естественной классификационной схемы определяется числом глубинных уровней учтенных в ней свойств (свойств объектов, свойств свойств объектов и т. д.). Невозможно построить ЕК без учета свойств объектов. Переход к каждому новому глубинному уровню свойств требует колоссальных затрат и соответствует новому этапу познания действительности и развития науки.

2. Для построения естественной классификационной схемы произвольной предметной области необходимо знать существенные свойства надсистемы данной предметной области. Чем ближе эта надсистема расположена к предельной надсистеме (*универсум*), тем более общие и, следовательно, важные закономерности описывает данная классификация. Если классификация начинается с самой предельной надсистемы, то она будет наиболее полезной. Таким образом, оптимальность естественной классификационной схемы с точки зрения общности и важности полученных знаний можно охарактеризовать уровнем расположения надсистемы предметной области, близостью ее к предельной надсистеме.

3. Чем большее число уровней иерархии объектов учтено в естественной классификационной схеме, тем больше закономерностей проблемной области описано и тем выше ценность такой классификации. Следовательно, оптимальность естественной классификационной схемы с точки зрения объема полученных знаний может быть охарактеризована числом уровней (или понятий), учтенных в классификации.

4. Чем ближе нижний уровень естественной классификационной схемы к единичным понятиям, тем точнее может быть построена классификация (тем ближе к ЕК), тем оптимальней она будет. Наиболее оптимальной по степени конкретизации классификация получится при учете единичных понятий, так как соответствующие системы-явления могут быть изучены лучше, чем системы-классы. Следовательно, оптимальность естественной классификационной схемы с точки зрения актуальности и практической полученных знаний может быть охарактеризована близостью нижнего уровня классификации к единичным понятиям.

Учитывая первый из отмеченных выше аспектов анализа и оценки классификации, введем коэффициент K_1 глубины естественной классификационной схемы, не зависящий от предметной/проблемной

области, от ее размера, расположения по отношению к категории и единичным понятиям:

$$K_1 = 1 - 1/n \text{ или } K_1 = 1 - 1/(N+1),$$

где $n = N+1$, N — число учтенных уровней свойств ($N=0,1,2,3,\dots$).

Таким образом, введен коэффициент глубины естественной классификационной схемы, не зависящий от предметной/проблемной области и характеризующий классификацию с точки зрения глубины (и трудоемкости) изученности данной области.

Перейдем к рассмотрению показателей, характеризующих естественную классификационную схему и зависящих от предметной/проблемной области. Учитывая второй из отмеченных выше аспектов анализа и оценки классификации, введем коэффициент

K_2 общности предметной/проблемной области:

$$K_2 = (1 + 1/m_0)(1 - 1/(m_0 - m + 1)),$$

где m — номер уровня надсистемы предметной/проблемной области; m_0 — число уровней в классификации.

Если $m = m_0$, то $K_2 = 0$. Действительно, при наличии только единичных понятий мы не получим ЕК. K_2 будет тем больше (ближе к 1), чем меньше m , т. е. чем ближе надсистема предметной/проблемной области к предельной надсистеме.

Отметим, что K_2 можно рассматривать как один из коэффициентов, характеризующих качество естественной классификационной схемы, только в том случае, если известны существенные свойства объекта, соответствующего надсистеме предметной/проблемной области. Для предметной/проблемной области, содержащей системы естественной (первой) природы, это означает, что нам известно место данной надсистемы в ЕК, т. е. путь от предельной надсистемы к данной надсистеме, что на сегодняшний день, как правило, не изучено на практике. Для искусственных систем (второй природы) достаточно знать существенные свойства объекта-надсистемы.

Знание или оценка m_0 означает, что мы построили всю ЕК или хотя бы оценили число ее уровней с той или иной степенью точности.

Учитывая третий из отмеченных выше аспектов анализа и оценки классификации, введем коэффициент K_3 объемности знаний:

$$K_3 = 1 - 1/(k+1),$$

где k — число уровней предметной/проблемной области; $0 \leq k \leq m_0 - m$.

Легко видеть, что четвертый аспект анализа и оценки классификации учитывается введенными коэффициентами автоматически.

Таким образом, в качестве общего показателя оптимальности естественной классификационной схемы, ее близости к ЕК предлагается использовать коэффициент K_0 оптимальности (естественности) классификации, представляющий собой произведение введенных выше коэффициентов:

$$K_0 = K_1 K_2 K_3 = (1 - 1/n) \cdot ((1 + 1/m_0)(1 - 1/(m_0 - m + 1))) \cdot (1 - 1/(k+1)).$$

Использование введенных показателей, характеризующих степень соответствия классификации ЕК, позволяет при решении практических задач производить оценку степени естественности классификационной схемы и обеспечивать целенаправленную работу по повышению ее естественности для приближения разрабатываемой классификации к ЕК.

Литература. 1. Урсул А.Д. Информационная стратегия и безопасность в концепции устойчивого развития // НТИ. Сер. 1. М.: ВИНТИ. 1996. №1. С. 1-9. 2. Бакаев А.А., Гриценко В.И., Козлов Д.Н. Методы организации и обработки баз знаний. К.: Наук. думка, 1993. 150с. 3. Мичи Д., Джонстон Р. Компьютер — творец: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 255с. 4. Полищук Ю.М., Хон В.Б. Теория автоматизированных банков информации. М.: Высшая шк., 1989. 184с. 5. Казачков Л.С. Прикладная логика информатики. К.: Наук. думка, 1990. 256с. 6. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ: Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1990. 320с. 7. Коваль В.Н., Палагин А.В., Рабинович З.Л. О системно-бионическом развитии искусственного интеллекта в аспекте поддержки моделирования мыслительных действий // Электроника и моделирование. 1996. Т.18, №4. С. 54-57. 8. Бреховских С.М. Основы функциональной системологии материальных объектов. М.: Наука, 1989. 192с. 9. Забродин В.Н. К проблеме естественности классификаций: классификация и закон // Проблемы системных исследований. Новосибирск: НГУ, 1985. С. 59-72. 10. Мельников Г.П. Основы терминоведения. М.: Изд-во Ун-та дружбы народов, 1991. 115с. 11. Мельников Г.П. Разработка подсистемы лингвистического обеспечения АИС документально-фактографического типа в области материаловедения: Отчет о НИР / СКТИ ИС ИПМ АН УССР. № ГР01.86.0103243. М.: ВИНТИ, 1986. 452с. 12. Бондаренко М.Ф., Соловьева Е.А., Маторин С.И. Методология интеллектуальных автоматизированных систем (фундаментальность и гуманистичность научного направления). 1998. 110 с. 13. Solov'eva E.A. Mathematical Modeling of Conceptual System: a Method and Criteria of a Natural Classification // Automatic Document and Mathematical Linguistics. Allertion Press, Inc., New York, 1991. Vol. 25, No. 2. P.44-56. 14. Мейен С.В., Шрейдер Ю.А. Методологические аспекты теории классификации // Вопр. философии. 1976. №12. С.67-79. 15. Соловьева Е. А., Ельчанинов Д.Б., Маторин С.И. Применение теории категорий к исследованию и моделированию естественной классификации // НТИ. Сер.2. М.: ВИНТИ. 1999. №3. С.1-7. 16. Соловьева Е. А. Математические и системологические основания естественной классификации // НТИ. Сер.2. М.: ВИНТИ. 1999. №8. С. 2-9. 17. Розова С.С. Классификационная проблема современной науки. Новосибирск: Наука, 1986. 224с. 18. John Wilkins Natural and Artificial Classification <http://www.wehi.edu.au/~wilkins/papers/artifnat.html>.

Поступила в редколлегия 21.09.99

Рецензент: акад., д-р техн. наук, проф. Каневец Г.Е.

Соловьева Екатерина Александровна, канд.техн.наук, доцент кафедры программного обеспечения ЭВМ, заведующая научно-учебной лабораторией Приобретения знаний ХТУРЭ. Научные интересы: системология, моделирование знаний, когнитология, теория классификации, искусственный интеллект — все, что связано с познанием сущности мира и человека. Увлечения и хобби: теннис, горные лыжи, туризм, поэзия, искусство и прочие увлечения плавно сменились интересом к тантре, дао, различным эзотерическим знаниям и духовным практикам и естественно — попытками работы над собой. Адрес: Украина, 310166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-95-91, 47-71-85.