

В. В. Диковицкий, М. Г. Шишаев

**ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
АДАПТИВНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ  
ДЛЯ МУЛЬТИПРЕДМЕТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Предложена технология формирования пользовательских интерфейсов, обеспечивающая повышение эффективности функционирования мультимедийных информационных систем промышленных предприятий за счет адаптации интерфейса к контексту решаемой задачи на основе модели знаний категорий пользователей.

*Ключевые слова:* семантика, пользовательский интерфейс, мультимедийные информационные системы.

Современные бизнес-процессы требуют аккумуляции и обновления знаний в различных предметных областях. Для принятия стратегических решений необходим эффективный доступ к нормативно-справочной информации (НСИ) промышленного предприятия, обеспечивающий также участников бизнес-процессов информацией реального времени, влияющей на принятие оперативных решений. Однако количество разнородных объектов и процессов, содержащихся в нормативно-справочной информации, требует временных и затрат пользователя на поиск и изучение множества соответствующих документов. Кроме того, затруднения вызывает семантическая разнородность, заключающаяся в том, что одни и те же процессы и объекты в различных документах описываются с разных сторон. Нормативно-справочные документы: классификаторы материалов, оборудования, регламенты — это стратегический актив компании, который промышленные предприятия используют в процессе постоянного информационного обмена. Различие в версиях документов приводит к их многочисленному дублированию на предприятии. Необходимость синхронизации фрагментированных баз данных НСИ необоснованно повышает стоимость владения программным обеспечением и снижает эффективность внедрения и использования информационных технологий, возлагая возросшую нагрузку на пользователя.

Задача повышения эффективности информационных систем промышленных предприятий за счет оперирования формализованными знаниями решается довольно давно. По данной тематике опубликовано множество статей и монографий [1—6], разработан целый ряд моделей и методов формирования и спроектированных на их основе информационных систем, которые находят широкое применение в различных областях, в том числе промышленности.

Вместе с тем создание информационных систем промышленных предприятий обеспечивает повышение эффективности (в плане сокращения времени) поиска нормативно-справочной информации. Актуальна задача создания мультимедийных информационных систем [7], способных оперативно предоставлять релевантную ожиданиям разнородных пользователей информацию. С этой целью необходимо разрабатывать технологии автоматического формирования верифицируемой базы знаний НСИ промышленного предприятия, а также технологии адаптации визуального представления базы с целью повышения эффективности поиска релевантной информации пользователями НСИ.

**Модель ресурса и категории пользователей.** Под информационным ресурсом промышленного предприятия понимается коллекция документов, содержимое которых (контент) оперирует некоторым множеством понятий, образующим логическую систему, или онтологию [6].

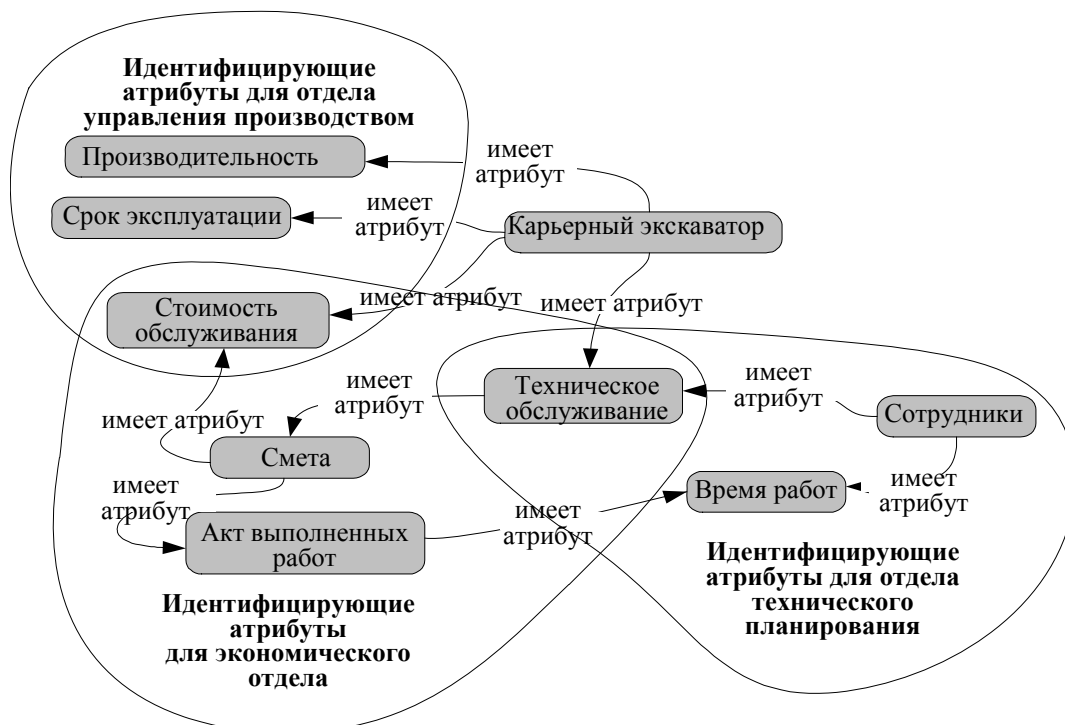
Онтология формируется заданием на данном множестве понятий  $C$  различных семантических связей  $L$ , определяющих допустимые с точки зрения составителя документа способы взаимной интерпретации понятий:

$$KB = \{C, L\}.$$

Назовем систему, описывающую контент информационного ресурса, *онтологией промышленного предприятия*. Обратим внимание, что отношения на множестве понятий онтологии могут быть как симметричными, так и асимметричными. При этом один из концептов, участвующих в двустороннем асимметричном отношении, может рассматриваться как *атрибут* другого.

Ментальная модель человека, использующего информационный ресурс, также может быть представлена в виде *онтологии пользователя*, характеризующей взаимосвязь понятий с точки зрения пользователя. Отметим, что представления различных людей об одной предметной области в целом мало различаются, что выражается в схожести структур различных пользовательских онтологий. Однако для практического использования в рамках современных информационных систем данные зависимости должны быть формализованы.

Общность представлений о некоторых объектах или задачах в профессиональном сообществе выражается в схожести ранжирования атрибутов понятий по значимости. При этом наиболее важные для пользователя атрибуты играют роль свойств, идентифицирующих объект. Например, в ментальной модели человека категории „управленец“ понятие „карьерный экскаватор“ будет идентифицироваться значениями атрибутов, характеризующих производительность и стоимость владения. В то же время для пользователя отдела технического планирования то же понятие идентифицируется атрибутами, описывающими аспекты технического обслуживания — объем и время работ, требования к квалификации персонала и т.п. (см. рисунок).



В этой связи можно определить на множестве атрибутов понятий отношение порядка, характеризующее значимость атрибута для данного пользователя. Тогда некоторое количество наиболее значимых атрибутов (в представлении конкретного человека) будет идентифицировать объект окружающего мира как принадлежащий к тому или иному классу.

Пусть  $C$  — некоторое множество понятий,  $U$  — множество пользователей. Множество атрибутов концепта  $c$  обозначим следующим образом:

$$A(c) = \{a(c)_i\}, \quad a(c)_i \in C, \quad i = \overline{1, N_c}.$$

Упорядочив множество атрибутов по убыванию степени их значимости для пользователя  $u$ , получим последовательность, характеризующую его представление об этом концепте:

$$A^u(c) = \{a^u(c)_i\}, \quad i = \overline{1, N_c} : a^u(c)_i \varphi^u a^u(c)_j, \quad \forall i \leq j,$$

где  $\varphi^u$  — отношение, задающее значимость атрибутов для пользователя  $u$ ;  $a \varphi^u b$  означает, что для пользователя  $u$   $a$  не менее значим, чем  $b$ .

Также можно определить группу пользователей, имеющих схожие представления о понятиях из некоторого множества  $C$ . Назовем подобную группу пользовательской *категорией*  $k$ -го порядка на множестве концептов  $C$  и определим ее следующим образом:

$$U_C^k = \{u \mid \{a^u(c)_i\} = \{a^{u'}(c)_i\}, \quad i = \overline{1, k}, \forall c \in C, \forall u' \in U_C^k\}.$$

**Модель навигационного интерфейса.** Пользовательский интерфейс ресурса имеет две основных составляющих — оформление (дизайн) и навигационная структура. Если качество первого является исключительно субъективной категорией и вряд ли может быть оценено формально, то для оценки навигационной структуры ресурса можно использовать степень ее соответствия ментальной модели пользователя. При этом должна рассматриваться семантика навигационной структуры (семантическая структура интерфейса). Чем более схожи семантическая структура интерфейса и ментальная модель пользователя, тем более удобным и понятным для конечного пользователя будет интерфейс. Последний в этом случае будет способен „предугадывать“ образ мыслей и визуализировать фрагмент понятийной системы ожидаемым для пользователя способом. Будем далее именовать меру соответствия семантической структуры интерфейса ментальной модели пользователя *когнитивностью* интерфейса. Далее рассматривается формализованное описание навигационной структуры и основанная на нем, требующая оптимизации, количественная оценка когнитивности пользовательского интерфейса.

Итак, пользовательский интерфейс представляет собой пару:  $UI = \langle I, s \rangle$ , где  $I$  — множество информационных элементов;  $s$  — навигационная структура.

Навигационная структура определяет иерархию групп информационных элементов (ИЭ) или доступных для пользователя действий. При этом на каждом уровне иерархии исходное множество информационных элементов (будем полагать, что доступное пользователю действие является частным случаем ИЭ) делится на подмножества в соответствии с одним или несколькими классификационными признаками. В качестве классификационных признаков используются атрибуты понятий предметной области. Очевидно, что при использовании на одном уровне навигационной структуры нескольких признаков полученные множества ИЭ могут пересекаться. Введем следующие обозначения:

—  $\Gamma^l = \{G_i^l\}$  — множество разделов  $l$ -го уровня навигационной структуры;

—  $G_i^l$  —  $i$ -я группа информационных элементов  $l$ -го уровня навигационной структуры;

—  $P^l = \{p_i^l\}$  — множество классификационных признаков, используемых для формирования групп ИЭ на  $l$ -м уровне навигационной структуры.

Использование информационной системы представляет собой поиск некоторых информационных элементов по некоторому сформировавшемуся образу. При этом образ чаще всего неточный. Вследствие этого пользователь может лишь предполагать, в какой из групп ИЭ на некотором уровне навигационной структуры находится искомый элемент. Эта уверенность тем выше, чем более точно представляет пользователь потенциальное содержимое группы.

Введем следующую функцию, задающую числовую оценку степени уверенности пользователя  $u$  (чем выше значение, тем выше степень):

$$p^u : \Gamma^l \rightarrow [0, 1].$$

Время, требуемое для доступа к искомому информационному элементу в рамках навигационной структуры на  $l$ -м уровне, оценим как

$$O \left( \frac{\max_i |G_i^l|}{p^u(G_i^l)} \right).$$

Таким образом, степень уверенности пользователя в принадлежности информационного элемента к той или иной группе определяет качество интерфейса, скорость доступа к требуемой информации.

Сделаем следующее предположение: если для формирования навигационной структуры на некотором уровне иерархии используются идентифицирующие атрибуты, то пользователь с высокой долей уверенности сможет определить, в какой группе находится искомый информационный элемент. Обозначим через  $w^u(a) \in [0, 1]$  нормированный вес атрибута  $a$  в ментальной модели пользователя  $u$ , тогда

$$p^u(G_i^l) = \max_{a \in P^l} w^u(a),$$

т.е. предполагается, что если на  $l$ -м уровне используется несколько классификационных признаков для группирования информационных элементов, то пользователь оперирует той частью навигационной структуры, которая определяется наиболее значимым, с его точки зрения, атрибутом понятия верхнего уровня.

Пусть навигационная структура интерфейса имеет глубину  $\hat{l}$  уровней. Тогда для количественной оценки когнитивности интерфейса пользователем  $u$  можно применять сумму:

$$\sum_{l=1}^{\hat{l}} p^u(G_i^l).$$

Такая мера может использоваться для оценки уже существующих интерфейсов, когда известно значение  $\hat{l}$ . Для решения прямой задачи, т.е. структуризации исходного множества информационных элементов в рамках навигационной структуры, требуется учитывать дополнительные ограничения. Эти ограничения обусловлены особенностями эффективного восприятия человеком множества объектов одновременно. Вследствие этого необходимо ограничивать размер группы информационных элементов, а также глубину навигационной структуры.

С учетом сказанного оптимальная для пользователя  $u$  структура интерфейса есть решение следующей задачи с ограничениями:

$$\max_s \sum_{l=1}^{\hat{l}(s)} p^u(G_i^l), g(s) \leq K, \hat{l}(s) \leq K'.$$

Здесь  $\hat{l}(s)$  — количество уровней в навигационной структуре  $s$ ;  $g(s)$  — максимальный размер группы информационных элементов  $\hat{l}(s)$ -го уровня в навигационной структуре  $s$ ;  $K$  — когнитивная константа, определяющая максимальное число одновременно предъявляемых пользователю информационных элементов для их эффективного восприятия;  $K'$  — когнитивная константа, определяющая максимальное число уровней навигационной структуры, в рамках которых поиск информации для пользователя остается комфортным.

**Заключение.** Рост объемов информации, обрабатываемой современными системами, обуславливает необходимость развития технологий оперативного доступа в ней. Одним из

путей решения этой задачи является построение адаптивных интерфейсов, способных предоставить пользователю необходимый функционал для оперирования большими массивами данных, в соответствии с его информационными потребностями. В настоящей работе рассмотрена технология построения адаптивных интерфейсов мультимедийных информационных систем на основе оценки качества интерфейса как меры соответствия навигационной структуры ментальной модели пользователя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Acker L., Porter B.* Extracting viewpoints from knowledge bases // The 12th National Conf. on Artificial Intelligence. 1994. P. 547—552.
2. *Гаврилова Т. А., Гулякина Н. В.* Визуальные методы работы со знаниями: попытка обзора // ИИ и принятие решений. 2008. № 1. С. 19—33.
3. *Гаврилова Т. А., Гулякина Н. В., Голенков В. В.* Технология проектирования интеллектуальных систем // Информационные системы и технологии (IST'2009): Матер. V Междунар. конф.-форума Ч. 2. Минск: А. Н. Вараксин, 2009. С. 93—96.
4. *Когаловский М. Р.* Перспективные технологии информационных систем. М.: Компания АйТи, 2003. 288 с.
5. *Тузовский А. Ф.* Разработка систем управления знаниями на основе единой онтологической базы знаний // Изв. ТПУ. 2007. № 2.
6. *Смирнов А. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г., Левашова Т. В.* Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации // Новости искусственного интеллекта. 2002. № 1. С. 3—13.
7. *Диковицкий В. В., Ломов П. А., Сепеда-Эррера Р. Р., Шишаев М. Г.* Современные методы создания мультимедийных веб-ресурсов на базе визуализации и обработки формализованной семантики // Вестн. Кольского научного центра РАН. 2011. № 3. С. 63—73.

#### **Сведения об авторах**

**Владимир Витальевич Диковицкий**

— Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Российской академии наук; младший научный сотрудник;  
E-mail: dikovitsky@iimm.kolasc.net.ru

**Максим Геннадьевич Шишаев**

— д-р техн. наук, доцент; Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Российской академии наук;  
E-mail: shishaev@iimm.kolasc.net.ru

Рекомендована  
Институтом информатики и  
математического моделирования  
технологических процессов

Поступила в редакцию  
06.12.13 г.