



Рисунок 3 – Зависимость времени компрессии изображений разного размера от коэффициента компрессии.

Литература

1 Кудрина М.А., Климентьев К.Е. Компьютерная графика. – Издательство СГАУ, 2013. – 140 с.

В.А. Семенова

ПОСТРОЕНИЕ ФОРМАЛЬНЫХ ОНТОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРОТИВОРЕЧИВЫХ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Сложные информационные системы результативны лишь при надежном и согласованном представлении их предмета. Систематизация, разработка и использование соответствующих информационных моделей составляют современное содержание *онтологического подхода* в вычислительных науках.

В отличие от философии онтология в информатике описывает некоторую ограниченную сферу знания, *предметную область* (ПрО). Различают лингвистические и *формальные онтологии*, где последние наследуют парадигму моделей и методов представления знаний, разработанных в искусственном интеллекте [1]. В простом случае онтология описывает ПрО с помощью совокупности формальных понятий и неоднородных связей между ними.

Сегодня можно указать три основных пути разработки онтологий [2]:

- прямая формализация опыта и знаний экспертов [3];
- синтезирование актуальных онтологий в результате человеко-машинных процедур конкретизации, композиции/декомпозиции апробированных формальных онтологий, их прототипов разного уровня и направленности [4];
- автоматический «вывод» формальных онтологий из доступных эмпирических данных. Эти данные рассматриваются как результат измерений



свойств объектов исследуемой ПрО и сводятся в стандартизованные таблицы «объекты-свойства» (ТОС) [5], анализ которых приводит к выявлению понятийной структуры ПрО. Наиболее результативные методы этого направления опираются на анализ формальных понятий (АФП) [6-9].

Рассматривая третий путь построения формальных онтологий - *онтологический анализ данных* (ОАД), - важно подчеркнуть иную, чем в других случаях роль субъекта онтологического инжиниринга («онтолога»). Фактически его основной задачей становится выдвижение гипотез о свойствах объектов исследуемой ПрО и затем априорное комплектование арсенала измерительных процедур в самом широком смысле: органов чувств, вербальных возможностей экспертов, искусственных сенсоров, приборов, систем и т.д.), с помощью которых интересующая его ПрО будет зондироваться.

В соответствии с общими положениями теории измерений ОАД основывается на том, что всякое измерение свойства объекта может дать особый результат «None», свидетельствующий о нахождении значения измеряемого свойства за порогами чувствительности, вне динамического диапазона средства измерений. В АФП считается, что подобная фиксация семантического несоответствия исследуемого объекта и измерительной процедуры является результатом фундаментального когнитивного приема - концептуального шкалирования [6].

«None-концепция» позволяет естественным образом преобразовать ТОС в совокупность оценок истинности базовых семантических суждений (БСС) о ПрО $b_{xy} = \text{«объект } x \text{ обладает свойством } y\text{»}$: $\|b_{xy}\| \in \{\text{Истина, Ложь}\}$.

Именно на обработку таких данных ориентирован АФП, в котором используются следующие обозначения и модели:

- $K = (G^*, M, I)$ – *формальный контекст* (ФК), где $G^* = \{g_i\}_{i=1, \dots, r}$, $r = |G^*| \geq 1$ - набор объектов исследуемой ПрО, попавших в поле зрения исследователя, $M = \{m_j\}_{j=1, \dots, s}$, $s = |M| \geq 1$ - множество измеряемых у объектов свойств, I – бинарное соответствие «объекты-свойства», т.е. совокупность оценок $\|b_{ij}\| \in \{\text{Истина, Ложь}\}$;

- операторы Галуа φ, ω (общая нотация «'») для контекста K :

$\varphi(X) = X' = \{m_j \mid m_j \in M, \forall g_i \in X: (g_i, m_j) \in I\}$ - общие свойства объектов, составляющих $X \subseteq G^*$;

$\omega(Y) = Y' = \{g_i \mid g_i \in G^*, \forall m_j \in Y: (g_i, m_j) \in I\}$ - объекты, которые обладают всеми свойствами из $Y \subseteq M$;

- (X, Y) – формальное понятие, у которого $X \subseteq G^*$ - объем, $Y \subseteq M$ - содержание, причем $X = Y', Y = X'$;

- $B(K)$ - множество формальных понятий контекста K ;

- $(B(K), \leq)$ – замкнутая решетка понятий, где $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$, если $X_1 \subseteq X_2$, или эквивалентно $Y_1 \supseteq Y_2$.

Естественную на практике многозначность оценок истинности БСС вызывает неполнота данных о ПрО (неточность, противоречивость, неопределенность и т.п.), которая вызывается реалиями накопления эмпирической информации. Поэтому в качестве адекватной модели исходных данных предлагается



обобщенная ТОС, описываемая кортежем

$$(1) \quad (G^*, M, Se, Pr, A),$$

где:

- Se - множество всех выполненных при зондировании ПрО серий измерений;
- Pr - арсенал всех используемых при зондировании ПрО процедур измерения;
- $A = (a_{ij})_{i=1, \dots, m; j=1, \dots, n}$ - матрица результатов серий измерений Se свойств M у объектов из выборки G^* , выполненных с помощью процедур измерения Pr . Элементами этой матрицы могут быть константы **X** и **None**, а также еще две лингвистические константы. Константа **Failure** фиксирует отказ, сбой измерительного средства, воздержание при голосовании и т.п. Константа **NM** (*not measured*) указывает, что в действительности в рассматриваемой серии измерений отдельная процедура измерения не использовалась.

Задачей первичной обработки такой исходной эмпирической информации является извлечение оценок БСС $\|b_{ij}\|$. В [7] на основе модели (1) и моделей векторной логики V^{TF} [8] дан метод построения ФК **K** с *нестрогим* соответствием I , которое образуют векторные оценки истинности $\|b_{ij}\| \in \langle b_{ij}^+, b_{ij}^- \rangle$, $b_{ij}^+, b_{ij}^- \in [0, 1]$, где компонент b_{ij}^+ - *Истина* - формируется свидетельствами, подтверждающими БСС, а компонент b_{ij}^- - *Ложь* - отрицающими БСС.

Эффективные методы вывода понятийной структуры ПрО из «мягких» ФК основаны на их предварительной α -аппроксимации при задании экспертом порога доверия к исходным данным. Затем к полученным бинарным контекстам применяются апробированные АФП-методы вывода понятий. Однако в [9] показано, что в общем случае этот подход оказывается некорректным, поскольку стандартное α -сечение «мягкого» соответствия «объекты-свойства» «слепо» к *зависимостям* между измеряемыми свойствами объектов ПрО.

Общие модели подобных зависимостей предложены в [10]. Принимается, что пара свойств $m_j, m_k \in M, j \neq k$ для любого объекта ПрО может быть:

- *несовместимой*, если, обладая свойством m_j , объект g_i заведомо не обладает свойством m_k , и наоборот, т.е. $E(m_j, m_k) \leftrightarrow \forall g_i \in G^* : m_j \in \{g_i\}' \rightarrow m_k \notin \{g_i\}'$;
- *обусловленной*, если, обладая свойством m_j , объект g_i непременно обладает свойством m_k (хотя обратное может быть неверно), т.е. $S(m_j, m_k) \leftrightarrow \forall g_i \in G^* : m_j \in \{g_i\}' \rightarrow m_k \in \{g_i\}'$.

Так, в результате концептуального шкалирования в ТОС возникают непересекающиеся подмножества попарно несовместимых свойств - *группы концептуально сопряженных свойств* (ГКСС).

Важно подчеркнуть, что рассматриваемые зависимости между свойствами известны субъекту, строящему формальное описание ПрО, *априори*, т.к. субъект является «владельцем» арсенала процедур измерения свойств и, обладая об этих инструментах достаточно полной информацией, может и должен знать об определенных связях между результатами измерения одного и того же объекта.

Основу алгоритмического обеспечения ОАД составляют реализации сле-



дующих методов:

- формирование НФК на основе обобщенной ТОС;
- построение бинарного ФК путем *рационального α -сечения* НФК;
- вывод формальных понятий с выявлением отношения *обобщения* на их множестве;
- трансформация решетки формальных понятий в формальную *онтологию*.

Элементами научной новизны в разной степени обладают все перечисленные этапы. Второй в этом смысле - наиболее существенный, и развитие соответствующей методики составляет основное содержание работы, результаты которой представляются в данном докладе. Идея метода построения корректной α -аппроксимации *нестрогого* ФК (НФК) предусматривает замену работы с общим порогом доверия α выбором *индивидуальных* порогов доверия к *определённым* фрагментам нестроого соответствия I , характеризующим *каждый* объект $g_i \in G^*$ [11]. Для ее реализации предложены двухуровневая модель ограничений существования свойств и результативный эвристический метод [12]. Соответствующий алгоритм имеет двухэтапную структуру, когда α -сечение НФК производится сначала для каждой множественной ГСС всех объектов $g_i \in G^*$, затем для множества всех протосвойств объектов обучающей выборки.

Собственно формальная онтология строится на заключительном этапе ОАД, который заключается в трансформации решетки формальных понятий, полученной с помощью базовых алгоритмов АФП [11].

В полном объеме представленный методический комплекс предполагается внедрить в разрабатываемую в Институте проблем управления сложными системами РАН систему семантического моделирования и проектирования на массовой программной платформе [13].

Литература

1. Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
2. Смирнов, С.В. Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. – 2012. - №2(4). - С. 16-24.
3. Гаврилова, Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы / Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. – СПб.: Изд-во «Высшая школа менеджмента»; Изд. дом СПбГУ, 2008. – 488 с.
4. Ломов, П.А. Автоматизация синтеза составных онтологических паттернов содержания // Онтология проектирования. - 2016. - Т. 6, №2(20). - С. 162-172.
5. Загоруйко, Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Институт математики СО РАН, 1999. – 270 с.
6. Ganter, B. Formal Concept Analysis. Mathematical foundations / B. Ganter, R. Wille. - Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. - 290 p.
7. Смирнов, С.В. Нестрогий анализ формальных понятий / С.В. Смирнов // Знания – Онтологии – Теории: Материалы Всероссийской конф. с междуна-



родным участием (6-8 октября 2015 г., Новосибирск, Россия). Т. 2.– Новосибирск: Институт математики СО РАН, 2015. - С. 142-150.

8. Аршинский, Л.В. Векторные логики: основания, концепции, модели / Л.В. Аршинский. - Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2007. – 228 с.

9. Офицеров, В.П. Метод альфа-сечения нестрогих формальных контекстов в анализе формальных понятий / В.П. Офицеров, В.С. Смирнов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVI международной конф. (30 июня - 03 июля 2014 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2014. - С. 228-244.

10. Lammari, N. Building and maintaining ontologies: a set of algorithms / N. Lammari, E. Metais // Data & Knowledge Engineering. – 2004. - Vol. 48(2). - P. 155-176.

11. Kovartsev, A.N. Intelligent Design of Class Structure Model based on Ontological Data Analysis / A.N. Kovartsev, V.S. Smirnov, S.V. Smirnov // Труды ИСП РАН. 2015. Т. 27. Выпуск 3. – с.73-86.

12. Семенова, В.А. Семантическая идентификация объекта в задачах концептуального моделирования / В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Перспективные информационные технологии: Труды международной науч.-тех. конф. (25-28 апреля 2016 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский гос. аэрокосмический ун-т, 2016. – С. 330-332.

13. Смирнов, С.В. Опыт создания средств семантического моделирования и проектирования на массовой программной платформе / С.В. Смирнов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: Материалы V международ. науч.-тех. конф. (19-21 февраля 2015 г. Минск, Беларусь) – Минск: БГУИР, 2015. – С. 413-416.

А.И. Строков, А.А. Бардасов, П.А. Львов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КАЛИБРОВКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

(Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.)

Процедура калибровки, отладки и настройки датчиков [1] занимает длительное время (порядка недели), поэтому при ручном управлении этим процессом тратится время работника, что очень непроизводительно на данном этапе. При этом, системы полного контроля качества чувствительных элементов (ЧЭ) как одного из основных элементов датчика, реально не существует. Поэтому контроль производится либо визуально, либо по упрощённой процедуре. Вследствие этого получение полной информации о качестве, точности и других важных характеристиках, становится невозможным. В то же время сборка датчика с некачественным или несоответствующим по точности ЧЭ порождает очевидные издержки и дополнительные трудозатраты, неэффективность кото-