

Онтология объединения информационных подсистем: принципы и примеры

А.Н. Набатов, И.Э. Веденяпин

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

Аннотация

Статья посвящена вопросам объединения онтологий, которые используются при проектировании отдельных систем, входящих в корпоративную информационную систему. Данная задача возникает при построении единой онтологии для проектирования информационных систем в процессе интеграции различных информационных решений, а также при последовательном проектировании корпоративной информационной системы разными разработчиками в разное время. Предполагается, что онтологии построены по единым принципам и на основе единого тезауруса. Задача построения единой онтологии может представлять значительные трудности, связанные с необходимостью объединять онтологии, описывающие разные подсистемы предприятия. Рассмотрены вопросы формального определения возможности объединения онтологий без их предварительной доработки. Предложен критерий возможности объединения, разработана методика его расчёта на основе экспертных оценок. Рассмотрены примеры объединения онтологий с расчётом предложенного критерия. Новизна результатов заключается в разработке принципа и критерия объединения онтологий, разработке методики применения предложенного критерия.

Ключевые слова: онтологии, объединение онтологий, проектирование, информационные системы, проектирование информационных систем, корпоративные информационные системы.

Цитирование: Набатов, А.Н. Онтология объединения информационных подсистем: принципы и примеры / А.Н. Набатов, И.Э. Веденяпин // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, №2(36). – С.218-231. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-2-218-231.

Введение

Современный мир существует в информационном пространстве, где взаимодействует огромное количество информационных систем (ИС), решающих самые разнообразные задачи. Правительства принимают программы цифровизации¹, население живёт в «сетях» – это ведёт к необходимости объединения ИС. Практически все современные ИС имеют тот или иной механизм интеграции с окружающей экосистемой.

При решении задачи автоматизации в некоторой предметной области (ПрО), формулируется общая цель автоматизации, а также задаются некоторые характеристики ИС. При этом выбирается решение из множества существующих либо создаётся новое решение, фактически реализуя верхнюю ветвь пути моделирования и реализации, представленного на рисунке 1. В процессе те-

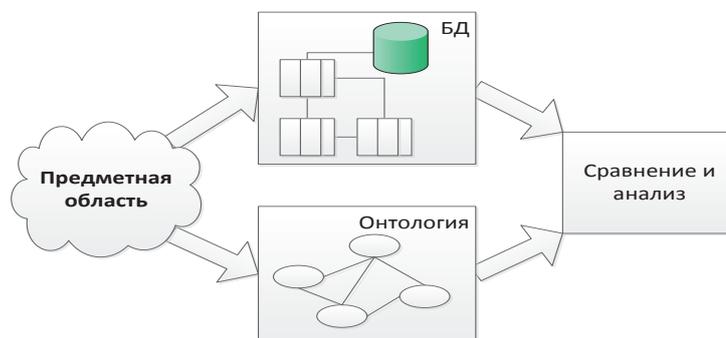


Рисунок 1 – Возможные пути моделирования и представления предметной области

¹ См. например, программа «Цифровая экономика Российской Федерации» - <http://government.ru/rugovclassifier/614/events/>.

стирования, опытной и промышленной эксплуатации ИС уточняются её характеристики-параметры-элементы, которые можно изменить или настроить. Этот процесс протекает итерационно до достижения результата, устраивающего участников процесса.

Приведённый путь считается каноническим, но обладает ключевым недостатком – невысокой скоростью достижения конечного результата. Современные исследования направлены на преодоление данного недостатка. Одним из таких путей является применение онтологического подхода к процессу проектирования ИС (нижняя ветвь пути на рисунке 1) [1–3].

1 Принципы объединения ИС

По мере исследования ПрО и формирования представления о ней у проектировщиков ИС формируется множество моделей, отвечающих на разнообразные вопросы, такие как:

- какие понятия, сущности используются в данной ПрО;
- какие документы сопровождают процессы в данной ПрО;
- какие информационные потоки характеризуют перемещение информации в данной ПрО;
- какие процессы и функции в данной ПрО протекают;
- как можно их улучшить, повысить качество;
- какие математические зависимости можно использовать для описания данной ПрО;
- и т.д.

Проектировщики ИС стремятся согласовать тезаурусы ПрО как между собой, так и в разных моделях для получения общепризнанного представления.

Преимущества онтологий:

- гибкость онтологий [4];
- возможность автоматизированной обработки семантики информации с целью её эффективного использования (представления, преобразования, поиска) [5];
- возможность анализа, накопления и повторного использования знаний в ПрО [6];
- отсутствие практической альтернативы в некоторых ПрО [7];
- онтологии облегчают не только поиск, но и обучение, актуализацию, интеграцию знаний и многие другие задачи [8];
- систематичность – онтология представляет целостный взгляд на ПрО;
- единообразность – материал, представленный в единой форме, лучше воспринимается и воспроизводится;
- научность – построение онтологии позволяет восстановить недостающие логические связи во всей их полноте [9].

Недостатки онтологий:

- слабая формальность подхода [10];
- трудности инжиниринга и реинжиниринга онтологий;
- субъективность экспертов [11];
- семантика может казаться противоречивой [11].

Общая схема представления ПрО в различные ИС (процесс проектирования) показана на рисунке 2. Часть переходов на рисунке 2 является на текущий момент достаточно проработанной технологией, а часть искусством [12].

С точки зрения онтологического подхода интеграция различных ИС в единую корпоративную ИС (КИС) – это объединение онтологий отдельных ИС. Данный подход позволяет объединять различные онтологии через понятие корня онтологии (Thing), от которого они строятся. Качество объединения ИС зависит от «близости» объединяемых онтологий. Под «близостью» понимается наличие или отсутствие связей, прежде всего информационных, между классами объединяемых онтологий [13].

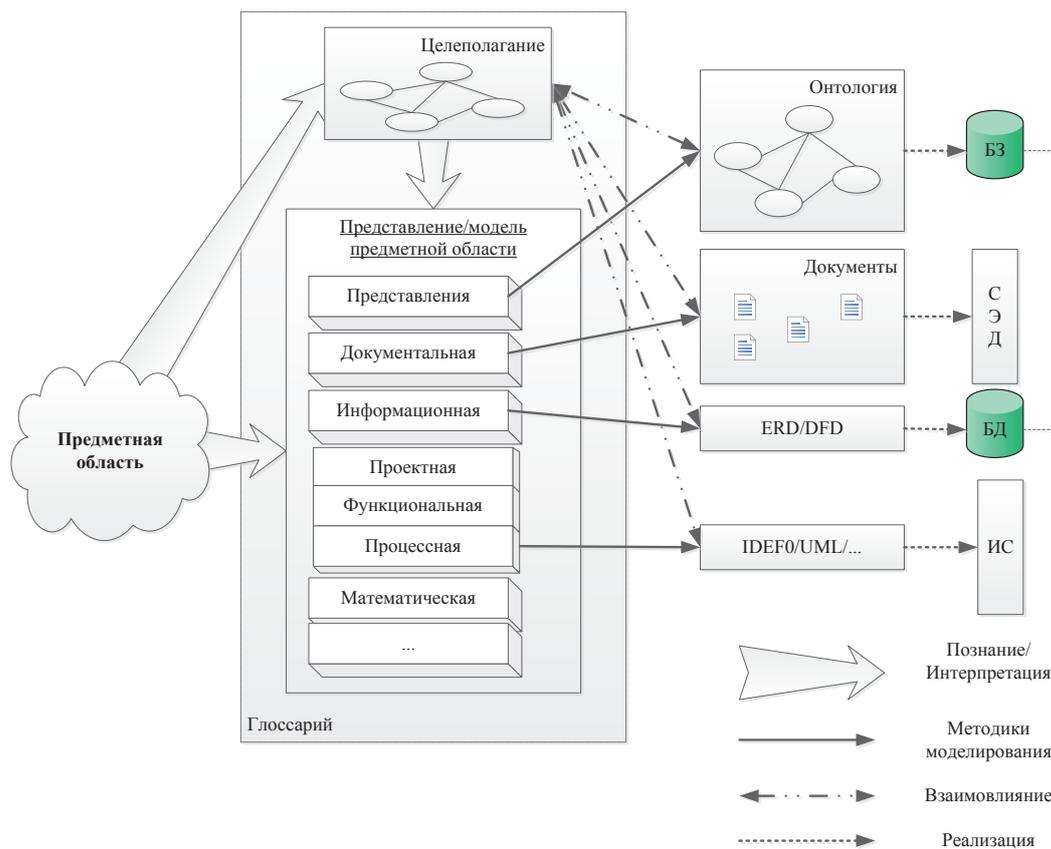


Рисунок 2 – Общая схема представления ПрО в различные ИС

Необходимым условием успешности объединения является единый тезаурус, в данном случае – триада «субъект – объект – процесс». В качестве критерия успешности объединения может выступать появление в объединенной онтологии связей между классами, относящихся к изначально разным онтологиям [14].

Одной из проблем объединения систем является то, что одна из них считается надсистемой, влияющей на работу других подсистем КИС. При объединении встречаются системы, охватывающие своими информационными потоками всё пространство КИС, например, документооборот (ДО). С точки зрения ДО документы других систем, например, системы менеджмента качества (СМК), являются обычными документами организационно-распорядительного характера (стандарты предприятия, нормативы качества и т.д.). Важным фактором, влияющим на работу СМК, является то, что рассматривая вопрос качества ИС, отдельно рассматривают качество проектирования, отдельно - качество разработки и реализации, отдельно - качество эксплуатации, при этом качество автоматизируемого объекта в целом остаётся вне этих оценок. При этом считается, что до автоматизации должен быть проведён реинжиниринг бизнес-процессов [13, 15].

Вопросы объединения онтологий возникли у специалистов практически одновременно с появлением первых онтологий [16, 17]. Как инструмент исследования онтологий, объединение и разделение онтологий всегда были в арсенале учёных, а с переходом к практическому использованию онтологий при проектировании ИС появились вопросы у практиков по поводу применения этих инструментов [14, 18].

Пример задачи объединения двух абстрактных онтологий представлен на рисунках. Классы первой, общей – Онтологии 1 (рисунок 3) - называются Кл1 (Кл11...Кл1N), классы второй - Онтологии 2 (рисунок 4) - называются Кл2 (Кл21...Кл2M).

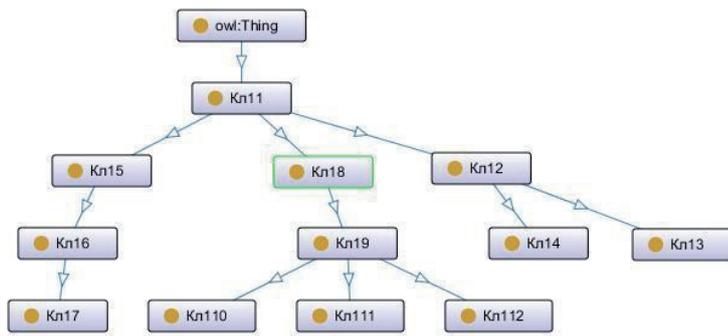


Рисунок 3 – Онтология 1

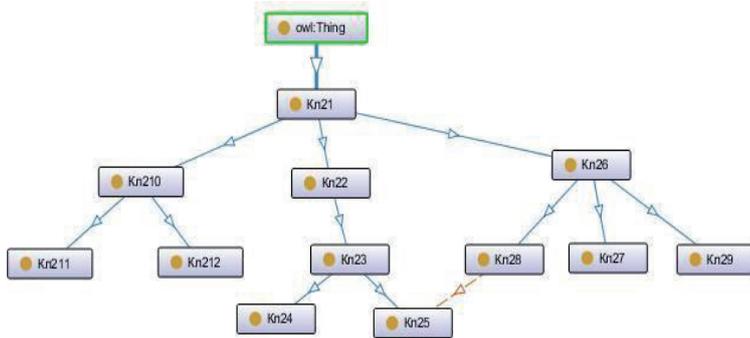


Рисунок 4 – Онтология 2

Возможность объединения онтологий, а, следовательно, интеграции ИС, на основе которых были построены онтологии, определяется связями между классами данных онтологий. Для выявления возможных связей используются знания экспертов. В данном примере в качестве экспертов выступали: преподаватели, руководители подразделений информационных технологий (ИТ), ИТ-специалисты.

Эксперты заполняют представленную в форме таблицы матрицу, в строках которой отражены классы одной онтологии, а в столбцах – другой, в ячейках указывается наличие или отсутствие связи между классами. Матрица связей онтологий приведена в таблице 1, где Кл1 и Кл2 – классы и подклассы отдельной онтологии становятся строками и столбцами матрицы.

Таблица 1 – Исходная матрица связей онтологий

| | | Классы Онтологии 1 | | | |
|--------------------|------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Кл11 | Кл12 | ... | Кл1N |
| Классы Онтологии 2 | Кл21 | a_{21}^{11} | a_{21}^{12} | | a_{21}^{1n} |
| | Кл22 | a_{22}^{11} | a_{22}^{12} | | a_{22}^{1n} |
| | ... | | | a_{2j}^{1i} | |
| | Кл2M | a_{2m}^{11} | a_{2m}^{12} | | a_{2m}^{1n} |

Здесь $a_{2j}^{1i} \in \{0, 50, 100\}$, где a_{2j}^{1i} принимает значение 0 в случае отсутствия связей между классами; 50 – в случае, если между классами есть опосредованная связь, т.е. взаимодействие происходит не на прямую, а через некоторые третьи классы, возможно не приведённые в матрице, 100 – в случае, если связь прямая. Пример заполнения исходной матрицы связей онтологий приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Пример заполнения экспертом матрицы связей онтологий классов Кл1-Кл2

| | | | Кл11 | | | | | | |
|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-----|
| | | | Кл15 | Кл18 | | | Кл12 | | |
| | | | Кл16 | Кл19 | | | | | |
| | | | Кл17 | Кл110 | Кл111 | Кл112 | Кл13 | Кл14 | |
| Кл21 | Кл210 | Кл211 | | 100 | 50 | 100 | 50 | 50 | 50 |
| | | Кл212 | | 100 | 0 | 50 | 100 | 0 | 100 |
| | Кл22 | Кл23 | Кл24 | 50 | 0 | 100 | 0 | 0 | 50 |
| | | | Кл25 | 100 | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | Кл26 | Кл27 | | 100 | 0 | 100 | 50 | 0 | 100 |
| | | Кл29 | | 100 | 0 | 100 | 50 | 0 | 100 |
| Кл28 | | 100 | 0 | 50 | 50 | 0 | 100 | | |

Затем осуществляется сложение всех элементов для получения суммы элементов матрицы M .

$$(1) \quad M = \sum_{i=1..N, j=1..M} a_{2j}^{1i}$$

Используется простое усреднение оценок экспертов для получения общего вывода о возможности объединить данные онтологии без дополнительных преобразований.

Вводится показатель M^{max} , описывающий максимально возможное значение суммы всех элементов матрицы M . Показатель объединения для матрицы вычисляется как выраженное в процентах отношение M к M^{max} . Показатель более 50% означает, что более половины классов объединяемых онтологий имеют связи между собой.

В приведённом примере $M = 2150$ при $M^{max} = 4200$, а показатель объединения для матрицы составил 51,19%. Т.к. значение показателя более 50%, то можно утверждать, что рассмотренные две онтологии можно объединить и использовать полученную объединённую онтологию в качестве исходной для проектирования ИС Онтологии 2 с внедрённой Онтологией 1.

Оценку влияния каждого класса на возможность объединения (качество связей) онтологий можно осуществить по формуле (2), отражающей средневзвешенное мнение экспертов.

$$(2) \quad m_{\text{ср.вз.}} = \frac{\sum_{i=1..N, j=\text{const}} a_{2j}^{1i}}{M}$$

Результаты расчёта мнений экспертов для рассмотренного примера приведены в таблице 3. Из таблицы видно, что наибольшее влияние, определяемое по формуле (2), на качество оказывают Кл211, затем Кл28 и Кл212, что в сумме составляет 50% влияния.

Таблица 3 – Результаты расчёта мнений экспертов по влиянию Онтологии 2 на Онтологию 1

| | | | | среднее взвешенное мнение | место в рейтинге |
|------|-------|-------|------|---------------------------|------------------|
| Кл21 | Кл210 | Кл211 | | 0,21 | 1 |
| | | Кл212 | | 0,14 | 3 |
| | Кл22 | Кл23 | Кл24 | 0,11 | 6 |
| | | | Кл25 | 0,09 | 7 |
| | Кл26 | Кл27 | | 0,13 | 4 |
| | | Кл29 | | 0,12 | 5 |
| | | Кл28 | | 0,20 | 2 |

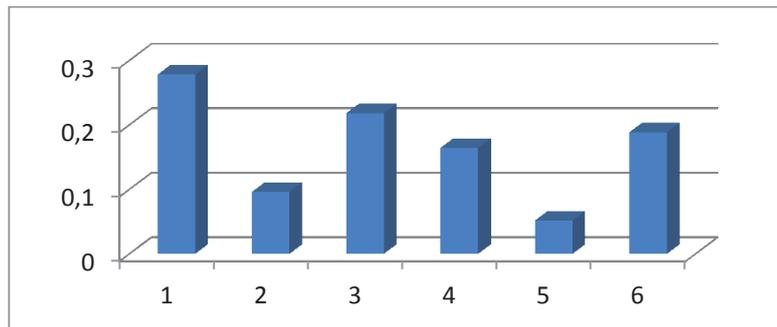


Рисунок 5 – Влияние Онтологии 1 на Онтологию 2 где 1 – Кл17, 2 – Кл110, 3 – Кл111, 4 – Кл112, 5 – Кл13, 6 – Кл14

Если рассмотреть влияние Онтологии 1 на процессы Онтологии 2, то можно его представить диаграммой (см. рисунок 5).

Из рисунка видно, что наибольшее влияние оказывают Кл17, Кл111 и Кл14.

Онтология 1, объединённая с Онтологией 2, представлена на рисунке 6.

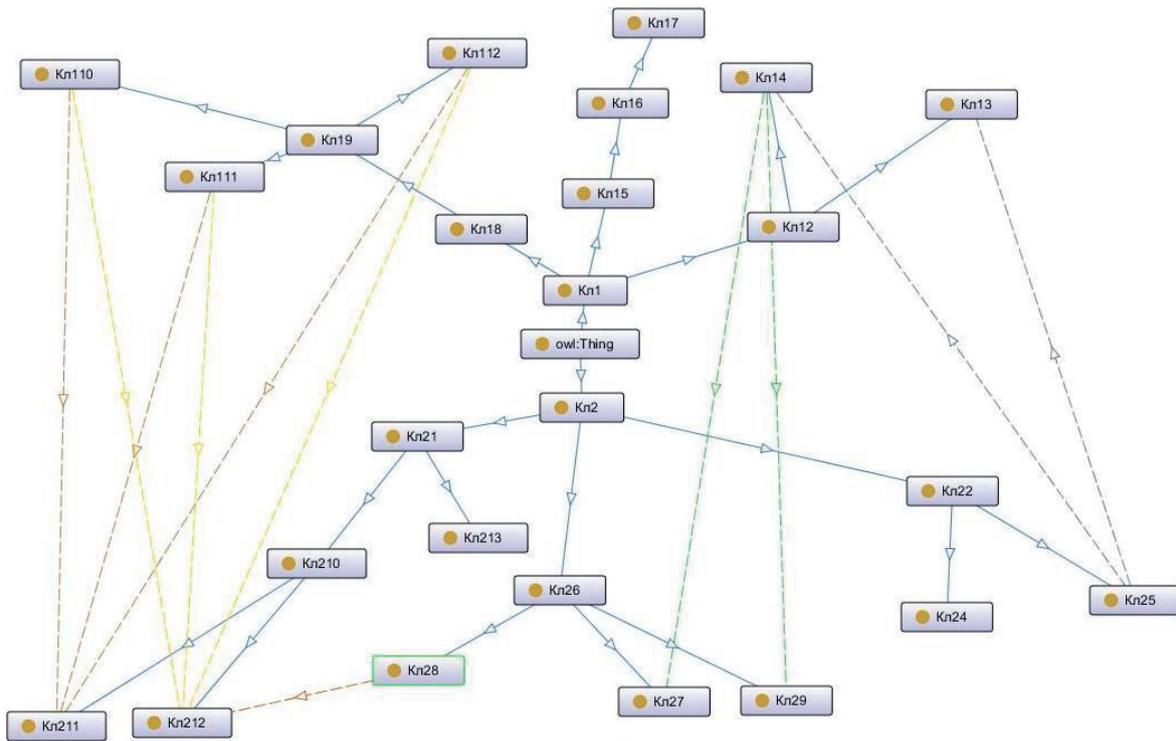


Рисунок 6 – Объединённая Онтология 12

2 Примеры объединения

Пример 1. Объединение онтологий СМК и электронного ДО

Общая онтология СМК представлена на рисунке 7. На рисунке и далее: НПД – нормативно-правовые документы; ОРД – организационно-распорядительные документы; УМК – учебно-методический комплекс.

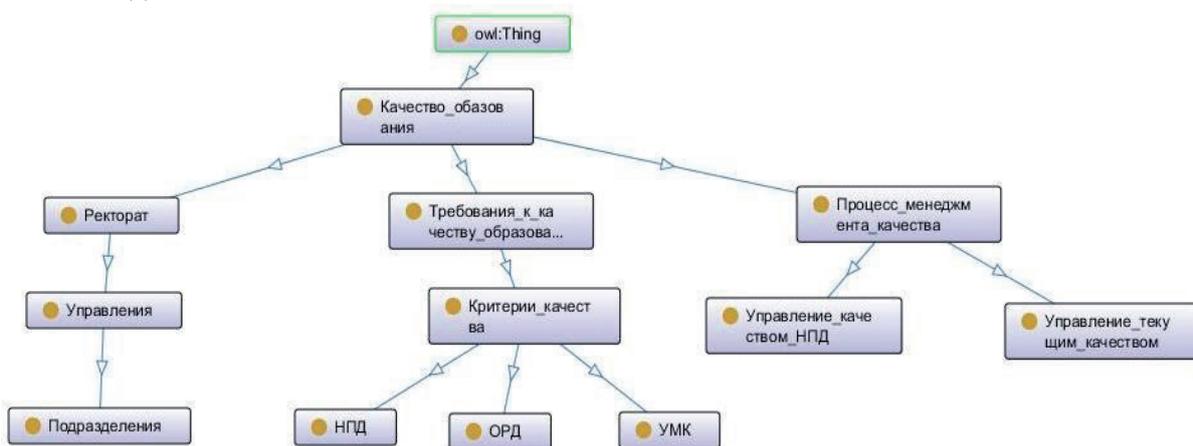


Рисунок 7 – Онтология СМК образования в ВУЗе

Онтология ДО представлена на рисунке 8.

Результаты опроса одного эксперта приведены в таблице 4. При необходимости можно использовать более сложные механизмы обработки экспертных оценок, например, метод анализа иерархий. При простом усреднении получаем показатель M_{cp} . В приведённом примере $M_{cp} = 2217$ при $M^{max} = 4200$.



Рисунок 8 – Онтология документооборота в ВУЗе

По приведённому примеру показатель объединения для матрицы составил 52,78 %. Т.к. значение показателя более 50%, то можно утверждать, что данные две онтологии можно объединять и использовать полученную объединённую онтологию в качестве исходной для проектирования ИС документооборота с внедрённой СМК.

Таблица 4 – Матрица связей онтологий СМК – ДО, заполненная экспертом

| | | | | Качество | | | | | |
|---------------------|----------|---------------------------------|---|---------------|-----|-----------------------------------|-----|------------------------------|---------------------------|
| | | | | Субъекты | | Объекты | | Процессы | |
| | | | | Ректорат | | Требования к качеству образования | | Процесс менеджмента качества | |
| | | | | Управления | | Критерии качества | | Управление качеством НПД | Упр-ние текущим качеством |
| | | | | Подразделения | НДП | ОРД | УМК | | |
| Документооборот | Субъекты | ЛПР | | 100 | 50 | 100 | 50 | 50 | 50 |
| | | Исполнители | | 100 | 0 | 50 | 100 | 0 | 100 |
| | Объекты | Документ | | 50 | 0 | 100 | 0 | 0 | 50 |
| | | Карточка документа | | 100 | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | Процессы | Взаимодействие с пользователями | | 100 | 0 | 100 | 50 | 0 | 100 |
| | | Обработка корреспонденции | | 100 | 0 | 100 | 50 | 0 | 100 |
| Контроль исполнения | | 100 | 0 | 50 | 50 | 0 | 100 | | |

В таблице 5 приведены результаты расчёта (по формуле 2) мнений экспертов о влиянии ДО на СМК. Из таблицы видно, что наибольшее влияние на качество оказывают: лицо, принимающее решение (ЛПР); процесс контроля исполнения и сами исполнители.

Таблица 5 – Результаты расчёта мнений экспертов по матрицам СМК - ДО

| | | | | среднее взвешенное мнение | место в рейтинге |
|---------------------|----------|---------------------------------|---|---------------------------|------------------|
| Документооборот | Субъекты | ЛПР | | 0,21 | 1 |
| | | Исполнители | | 0,15 | 3 |
| | Объекты | Документ | | 0,10 | 6 |
| | | Карточка контроля | | 0,09 | 7 |
| | Процессы | Взаимодействие с пользователями | | 0,14 | 4 |
| | | Обработка корреспонденции | | 0,12 | 5 |
| Контроль исполнения | | 0,19 | 2 | | |

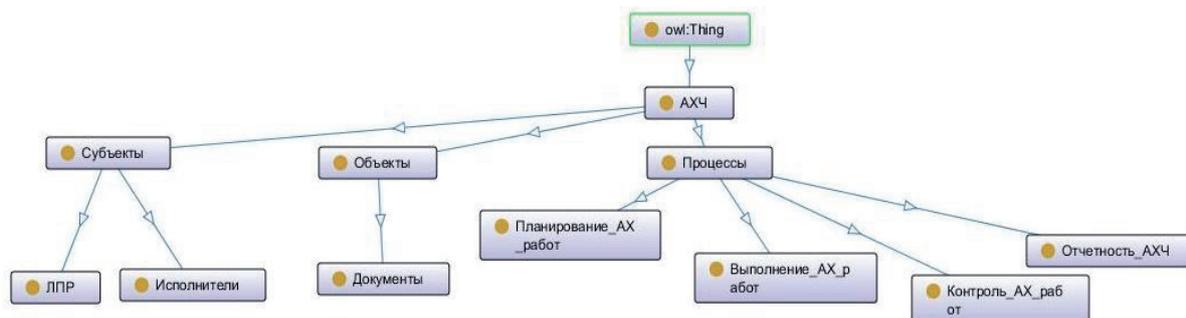


Рисунок 12 - Онтология АХЧ

Эксперты заполняют матрицу. Пример заполненной матрицы приведен в таблице 6. В примере $M_{cp} = 1400$, при $M^{max} = 5600$.

Таблица 6 – Матрица связей онтологий АХЧ-УП, заполненная экспертом

| | | | АХЧ | | | | | | |
|------------------|----------|-----------------|----------|-------------|-----------|------------------------|----------------------|--------------------|----------------|
| | | | Субъекты | | Объекты | Процессы | | | |
| | | | ЛПР | Исполнители | Документы | Планирование АХЧ работ | Выполнение АХЧ работ | Контроль АХЧ работ | Отчетность АХЧ |
| Учебный процесс | Субъекты | АУП | 100 | 50 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | | ППС | 100 | 50 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | | УВП | 100 | 50 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | Процессы | Документ | 50 | 0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | | Планирование УП | 0 | 0 | 50 | 50 | 50 | 0 | 100 |
| | | Ведение УП | 0 | 50 | 50 | 50 | 100 | 0 | 50 |
| | | Контроль УП | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| Отчетность по УП | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

Показатель объединения для матрицы составил 25 %. Таким образом, можно утверждать, что данные онтологии можно объединять либо после преобразования, либо на основе слабо интегрированного подхода. По экспертным данным видно, что наибольшее влияние на АХЧ оказывают документы УП, затем ведение и планирование УП, что в сумме составляет около 50% влияния (см. таблицу 7). Если рассмотреть влияние АХЧ на учебный процесс, то можно его представить диаграммой (см. рисунок 13). Из рисунка видно, что наибольшее влияния оказывают ЛПР, планирование АХЧ-работ и документы АХЧ.

Таблица 7 – Результаты расчёта мнений экспертов по матрицам АХЧ-УП

| | | | среднее взвешенное мнение | место в рейтинге |
|------------------|----------|-----------------|---------------------------|------------------|
| Учебный процесс | Субъекты | АУП | 0,18 | 2 |
| | | ППС | 0,12 | 5 |
| | | УВП | 0,14 | 3 |
| | Процессы | Документ | 0,24 | 1 |
| | | Планирование УП | 0,13 | 4 |
| | | Ведение УП | 0,11 | 6 |
| | | Контроль УП | 0,05 | 7 |
| Отчетность по УП | 0,03 | 8 | | |

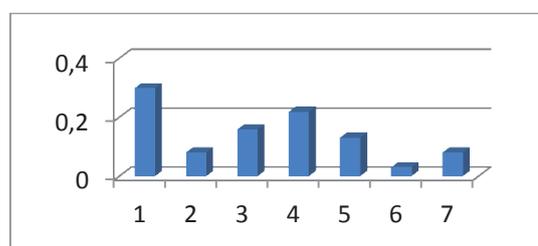


Рисунок 13 – Влияние АХЧ на УП, где 1 – ЛПР АХЧ, 2 – исполнители 3 – документы, 4 – планирование АХЧ-работ, 5 – выполнение АХЧ-работ, 6 – контроль АХЧ-работ, 7 – отчетность по АХЧ-работам.

Пример 3. Объединение онтологий УП и подрядной организации (Подрядчика).

Онтология УП приведена на рисунке 11, а онтология Подрядчика представлена на рисунке 14. Пример заполненной экспертами матрицы приведен в таблице 8.

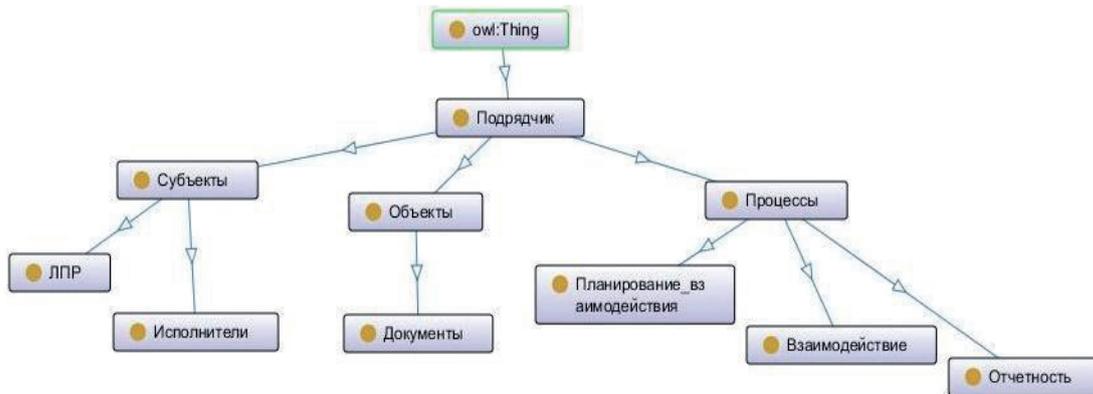


Рисунок 14 – Онтология Подрядчика

Таблица 8 - Матрица онтологий Подрядчик-УП, заполненная экспертом

| | | | Подрядчик | | | | | |
|------------------|----------|-----------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------------|----------------|------------|
| | | | Субъекты | | Объекты | Процессы | | |
| | | | ЛПР | Исполнители | Документы | Планирование взаимодействия | Взаимодействие | Отчётность |
| Учебный процесс | Субъекты | АУП | 50 | 0 | 100 | 0 | 50 | 0 |
| | | ППС | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | | УВП | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | Объекты | Документ | 100 | 0 | 100 | 50 | 50 | 50 |
| | Процессы | Планирование УП | 0 | 50 | 50 | 50 | 0 | 0 |
| | | Ведение УП | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | | Контроль УП | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Отчётность по УП | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

В приведённом примере $M_{cp} = 850$, при $M^{max} = 5600$, а показатель объединения для матрицы составил около 15 %. Таким образом, данные онтологии можно объединять только на основе слабоинтегрированного подхода, например, через частичное объединение ДО.

По результатам расчёта мнений экспертов (см. таблицу 9) видно, что наибольшее влияние на Подрядчика оказывают документы УП, затем АУП, а затем планирование УП, причём основное влияние (более 40%) оказывают документы.

Таблица 9 – Результаты расчёта мнений экспертов по матрицам Подрядчик-УП

| | | | среднее взвешенное мнение | место в рейтинге |
|------------------|----------|-----------------|---------------------------|------------------|
| Учебный процесс | Субъекты | АУП | 0,24 | 2 |
| | | ППС | 0,06 | 4/5/6 |
| | | УВП | 0,06 | 4/5/6 |
| | Объекты | Документ | 0,41 | 1 |
| | Процессы | Планирование УП | 0,17 | 3 |
| | | Ведение_УП | 0,06 | 4/5/6 |
| | | Контроль_УП | 0 | 7/8 |
| Отчетность по УП | | 0 | 7/8 | |

Заключение

При проектировании ИС путём объединения отдельных подсистем возникает ряд вопросов: как объединять, надо ли перепроектировать составные части, возможна ли «бесшовная» интеграция, как построить информационный обмен между частями. Одним из путей решения данных вопросов является использование онтологий, при этом ставится задача объединения онтологий, описывающих отдельные подсистемы.

В статье показано, что при объединении онтологий можно «предсказать» их уровень взаимосвязи. На основе расчёта можно выбрать наиболее простую модель интеграции ИС, что снизит затраты на общую разработку и повысит эффективность объединённой ИС.

Благодарности

Выражаем признательность коллективам кафедр автоматизированных систем управления и высокопроизводительных вычислительных технологий и систем, а также сотрудникам управления информационных технологий Уфимского государственного авиационного технического университета.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-08-00937 А «Методы и модели интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении программными проектами, реализуемыми в среде производственных предприятий».

Список источников

- [1] *Dietz J.* Enterprise Ontology: Theory and Methodology. N. Y.: Springer, 2006. 243 p.
- [2] *A. van Renssen.* A Generic Extensible Ontological Language: Design and Application of a Universal Data Structure. Delft University; Delft: Delft University Press, 2005. 238 p.
- [3] *Набатов, А.Н.* Применение онтологического подхода к процессу проектирования информационной системы / А.Н. Набатов, И.Э. Веденяпин, А.Р. Мухтаров // Труды МАИ 2018. № 102, 14 с. - <http://trudymai.ru/published.php?ID=99177>.
- [4] *Тузовский, А.Ф.* Построение модели знаний организации с использованием системы онтологий / А.Ф. Тузовский, С.В. Козлов // Материалы конференции DIALOGUE 2020. - <http://www.dialogue-21.ru/digests/dialog2006/materials/html/Tuzovsky.htm>.
- [5] *Бездушный, А.Н.* Место онтологий в единой интегрированной системе РАН / А.Н. Бездушный, Э.А. Гаврилова, В.А. Серебряков, А.В. Шкотин // Вычислительный Центр РАН. - <http://www.ras.ru/ph/0006/3q3t33rc.html>.
- [6] *Харитонова, Я.А.* Онтологии как средство формирования базы знаний по многоальтернативным системам / Я.А. Харитонова, Е.С. Подвальный // Вестник Воронежского государственного технического университета 2014, т.4 - <https://cyberleninka.ru/article/n/ontologii-kak-sredstvo-formirovaniya-bazy-znaniy-pomnogoalternativnym-sistemam>.
- [7] *Горшков, С.* Использование онтологий в корпоративных автоматизированных системах / С. Горшков // Научно-публицистический журнал «Цифровая экономика». 16.12.2017. - <http://digital-economy.ru/mneniya/ispolzovanie-ontologij-v-korporativnykh-avtomatizirovannykh-sistemakh>.
- [8] *Лапшин, В.А.* Онтологии в компьютерных системах / В.А. Лапшин. - М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
- [9] *Шахиди Акобир.* Онтология анализа данных / Акобир Шахиди. BaseGroupLab 2003 - <https://basegroup.ru/community/articles/ontology>.
- [10] *Парашук, А.В.* Исследование методов оценки качества онтологии предметной области / А.В. Парашук, А.А. Рыбанов // Научный журнал «NovaInfo.ru» №43-1, 31.03.2016. - <https://novainfo.ru/article/4981>.
- [11] *Маслов, В.А.* Обработка семантических запросов в среде Protégé на примере построения онтологии дорожных знаков / В.А. Маслов, С.М. Соколов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 260. - <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-260>.
- [12] *Антонов, И.В.* Метод построения онтологии предметной области / И.В. Антонов, М.В. Воронов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 28-32.

- [13] **Гвоздев, В.Е.** Построение модели многосвязного объекта на основе совместного использования данных и экспертных оценок / В.Е. Гвоздев, Р.А. Мунасыпов, О.Я. Бежаева, Д.Р. Ахметова // *Онтология проектирования*. – 2019. – Т.9, №3(33). – С.361-368. – DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-361-368.
- [14] **Гончар, А.Д.** Сравнительный анализ баз данных и баз знаний (онтологий) применимо к моделированию сложных процессов / А.Д. Гончар // *Современные научные исследования и инновации*. 2014. № 5. Ч. 1 - <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34325>.
- [15] **Заковряшин, А.И.** Метод количественных оценок технических состояний сложных систем / А.И. Заковряшин // *Труды МАИ*. 2014. №72. - <http://trudymai.ru/published.php?ID=47270>.
- [16] *Онтологии в семантически интероперабельных экосистемах*. Коммюнике Онтологического Саммита 2016. http://ontologforum.org/index.php/OntologySummit2016/Communique_
- [17] **Adrian Walker.** Semantic Interoperability via Business Rules in Open Vocabulary, Executable English. - https://ontologforum.org/index.php/ConferenceCall_2005_12_15.
- [18] **Болотникова, Е.С.** Об одном методе оценки онтологий / Е.С. Болотникова, Т.А. Гаврилова, В.А. Горовой // *Известия РАН, Теория и системы управления*, N3, 2011. – С.98-110.

Сведения об авторах



Набатов Александр Нурович, 1967 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет в 1992 г., к.т.н. (1995). Доцент кафедры автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 80 работ в области АСУ. AuthorID (РИНЦ): 1004548. Author ID (Scopus): 6602859711. nbtv@yandex.ru.

Веденяпин Игорь Эдуардович, 1972 г. рождения. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет в 1995 г., к.т.н. (2003). Доцент кафедры высокопроизводительных вычислительных технологий и систем Уфимского государственного авиационного технического университета. Заместитель начальника управления информационных технологий Уфимского государственного авиационного технического университета. В списке научных трудов более 70 работ в области информационных систем управления, систем менеджмента качества. AuthorID (РИНЦ): 126719. vig@ugatu.su.



Поступила в редакцию 20.04.2020, после рецензирования 06.05.2020. Принята к публикации 22.06.2020.

The ontology of merging information subsystems: principles and examples

A.N. Nabatov, I.E. Vedenyapin

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

Abstract

The article is devoted to the issues of merging ontologies. These ontologies are used in the design of subsystems included in the corporate information system. This problem arises when it is necessary to build a united ontology for the design of information systems in the process of integrating various information solutions, as well as in the step-by-step design of a corporate information system created by different developers in different times. It is assumed that ontologies are built based on the same principles and on the basis of one thesaurus. But nevertheless, the task of a merged ontology may have significant difficulties in combining different ontologies that describe different subsystems of an enterprise. The authors investigated the formal determination of the possibility to merge ontologies without their preliminary revision. The article proposes a criterion for the possibility of merging. The method based on expert opinions for calculating the criterion is proposed. Various examples of merging different ontologies with the calculation of the proposed criterion are also considered. The novelty of the presented material lies in developing the principle and criterion for merging ontologies and a methodology for the application of this criterion.

Key words: ontologies, merged ontologies, designing, information systems, information systems design, corporate information systems

Citation: Nabatov AN, Vedenyapin IE. The ontology of merging information subsystems: principles and examples [In Russian]. *Ontology of designing*. 2020; 10(2): 218-231. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-2-218-231.

Acknowledgment: We express our gratitude to the teams of the departments of automated control systems and high-performance computing technologies and systems, as well as to the staff of the information technology department of the Ufa State Aviation Technical University. The research was supported by the RFBR grant No. 19-08-00937 A “Methods and models of intellectual decision making support in software project management implemented on manufacturing enterprises”.

List of figures and tables

- Figure 1 – Possible ways of modeling and representing the subject area
Figure 2 – The general scheme of the subject area transformation into various information systems
Figure 3 – Ontology 1
Figure 4 – Ontology 2
Figure 5 – The influence of Ontology 1 on Ontology 2
Figure 6 – Joint Ontology 12
Figure 7 – Ontology of the education quality at the university
Figure 8 – University document workflow ontology
Figure 9 – The influence of quality on the document workflow
Figure 10 – Joint ontology of the quality management system and document workflow
Figure 11 – Ontology of the educational process
Figure 12 – Ontology of Service department
Figure 13 – The influence of the educational process on Service department
Figure 14 – Contractor ontology
Table 1 – The source matrix of ontology relationships
Table 2 – An example of an expert filling in an ontology relationship matrix of C1-C2 classes
Table 3 – Calculation of expert evaluations on Ontology 2 - Ontology 1
Table 4 – QM-DMS ontology matrix completed by an expert
Table 5 – Calculation of expert evaluations on QM-DMS matrices
Table 6 – Service department – Education process ontology matrix completed by an expert
Table 7 – Calculation of expert evaluations on Service department – Education process matrices
Table 8 – Contractor - Education process ontology matrix completed by an expert
Table 9 – Calculation of expert evaluations on Contractor - Education process matrices

References

- [1] **Dietz J.** Enterprise Ontology: Theory and Methodology. N. Y.: Springer, 2006. 243 p.
- [2] **A. van Renssen.** A Generic Extensible Ontological Language: Design and Application of a Universal Data Structure. Delft University; Delft: Delft University Press, 2005. 238 p.
- [3] **Nabatov AN, Vedenyapin IE, Muhtarov AR.** Application of an ontological approach to the design process of an information system [In Russian]. Proceedings of the Moscow Aviation Institute 2018. No. 102, 14 p. <http://trudymai.ru/published.php?ID=99177>.
- [4] **Tuzovski AF, Kozlov SV.** Construction of the organization knowledge model using a system of ontologies [In Russian]. Conference materials DIALOGUE 2020. <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2006/materials/html/Tuzovsky.htm>.
- [5] **Bezdushni AN, Gavrilova EA, Serebryakov VA, Shkotin AV.** The place of ontologies in a single integrated system of RAS [In Russian]. Computing Center RAS. <http://www.ras.ru/ph/0006/3q3t33rc.html>.
- [6] **Haritonova YA, Podvalni ES.** Ontologies as a means of forming a knowledge base for multi-alternative systems [In Russian]. Bulletin of Voronezh State Technical University 2014, v.4. <https://cyberleninka.ru/article/n/ontologii-kak-sredstvo-formirovaniya-bazy-znaniy-po-mnogoalternativnym-sistemam>.
- [7] **Gorshkov S.** Using ontologies in corporate automated systems [In Russian]. Scientific publicist journal “Digital Economy”. 16.12.2017. <http://digital-economy.ru/mneniya/ispolzovanie-ontologij-v-korporativnykh-avtomatizirovannykh-sistemakh>.

-
- [8] **Lapshin VA.** Ontologies in computer systems [In Russian]. Moscow. Nauchni mir; 2010. 224 p.
- [9] **Shahdi Akobir.** Data Analysis Ontology. BaseGroupLab 2003. https://basegroup.ru/community/articles/ontology_
- [10] **Prashuk AV, Ribanov AA.** Research methods for quality control of the ontology of the subject area [In Russian]. Scientific Magazine «NovaInfo.ru» N43-1, 31.03.2016. https://novainfo.ru/article/4981_
- [11] **Maslov VA, Sokolov SM.** Processing semantic queries in the Protégé environment on the example of building an ontology of road signs [In Russian] // Preprints IPM M.V. Keldysh. 2018. N260. DOI:10.20948/prepr-2018-260. http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-260_
- [12] **Antonov IV, Voronov MV.** A method for constructing a domain ontology [In Russian]. Bulletin of Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. Series 1: Natural and Technical Sciences. 2010; 2: 28-32.
- [13] **Gvozdev VE, Munasyrov RA, Bezhayeva OY, Akhmetova DR.** Construction of a multi-connected object model based on joint use of data and expert evaluations [In Russian]. *Ontology of designing*. 2019; 9(3): 361-368. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-3-361-368.
- [14] **Gonchar AD.** Comparative analysis of databases and knowledge bases (ontologies) for complex processes modeling [In Russian]. Modern research and innovation. 2014. N5. part 1. http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34325_
- [15] **Zakovryashin AI.** A method for quantitative assessment of the technical conditions of complex systems [In Russian]. Proceedings of the Moscow Aviation Institute [Trudi MAI] 2014. N72. <http://trudymai.ru/published.php?ID=47270>.
- [16] Ontology Summit 2016 Communique. Ontologies within Semantic Interoperability Ecosystems. http://ontologforum.org/index.php/OntologySummit2016/Communique_
- [17] **Adrian Walker.** Semantic Interoperability via Business Rules in Open Vocabulary, Executable English. https://ontologforum.org/index.php/ConferenceCall_2005_12_15_
- [18] **Bolotnikova ES, Gavrilova TA, Gorovoi VA.** About an ontology evaluation method [In Russian]. *Izvestiya RAS. Theory and Control Systems*, 2011; 3: 98-110.
-

About the authors

Alexander Nurovich Nabatov (b. 1967) graduated from Ufa State Aviation Technical University in 1992, PhD (1995). He is an Associate Professor at Ufa State Aviation Technical University (Department of Automated Control Systems). He is the co-author of about 80 scientific articles and abstracts in the field of ACS. AuthorID (RCI): 1004548. Author ID (Scopus): 6602859711. nbtv@yandex.ru

Igor Eduardovich Vedenyapin (b. 1972) graduated from Ufa State Aviation Technical University in 1995, PhD (2003). He is an Associate Professor of High Performance Computing Technology and Systems at Ufa State Aviation Technical University. He is a Deputy Head of Information Technology Department of Ufa State Aviation Technical University. There are more than 70 works in the field of information management systems, quality management systems in the list of his scientific works. AuthorID (RCI): 126719. vig@ugatu.su

Received April 20, 2020. Revised May 06, 2020. Accepted June 22, 2020.
