

ИНЖИНИРИНГ ОНТОЛОГИЙ

УДК 004.82:003.6

DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99

Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге**Т.А. Гаврилова, Э.В. Страхович***Высшая школа менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета,
Санкт-Петербург, Россия***Аннотация**

Статья посвящена вопросам практического применения принципов визуально-аналитического мышления в задачах структурирования знаний при разработке онтологий. Под визуально-аналитическим мышлением понимается применение методологий, использующих различные виды диаграмм для представления идей, концептов, отношений и процессов. Из известных практически используемых видов диаграмм выбраны интеллект-карты как наиболее распространенный, удобный и простой метод корректного формирования и проектирования онтологий сложных предметных областей. Интеллект-карты отражают иерархические связи между понятиями и позволяют достаточно глубоко отображать особенности и закономерности предметных областей с их спецификой отношений. Бьюзен сформулировал идею интеллект-карт в качестве компактного средства организации конспектов, которое впоследствии было доведено до программной реализации и получило широкое распространение в различных областях образования, научных исследований и бизнеса. В статье рассматриваются основные принципы формирования таких карт и анализируются типичные ошибки разработчиков. Впервые предлагается классификация ошибок с учётом синтаксических, семантических и прагматических аспектов. Приводится разбор наиболее частых ошибок, связанных с нарушением правил «хорошего обобщения» и «разумного минимализма». Статья обобщает десятилетний опыт обучения и тренинга навыков визуально-аналитического мышления на программах Executive MBA и на корпоративных тренингах и может быть интересна разработчикам интеллектуальных систем и систем управления знаниями.

Ключевые слова: онтологический инжиниринг, интеллект-карты, визуально-аналитическое мышление, визуальные модели, управление знаниями.

Цитирование: Гаврилова, Т.А. Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге / Т.А. Гаврилова, Э.В. Страхович // Онтология проектирования. – 2020. – Т. 10, №1(35). – С.87-99. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.

«Целью визуализации являются не картинки,
а проникновение в суть»
Бен Шнайдерман, 1999

Введение

Интерес к разработке онтологий плавно нарастает как со стороны разработчиков интеллектуальных систем, так и со стороны бизнес-аналитиков. В первое десятилетие истории онтологий после пионерских работ Грубера и Гуарино усилия исследователей в основном были направлены на разработку технологических инструментов и примеров [1, 2]. Последние 5 лет набирает силу формирование современной теории онтологического инжиниринга [3–7]. Однако разработка практических онтологий в производстве, проектировании и менеджменте,

особенно ИТ-менеджменте, остаётся скорее на уровне «искусства». Проектирование онтологий довольно слабо освещено в литературе по онтологическому инжинирингу, большинство авторов сосредоточили свои усилия на формализации и моделировании как таковом [8–11]. Известные методологии и технологии (например, NEON и METHONTOLY [12, 13]) также ориентированы на организационные и технологические аспекты, не касаясь проблемы формирования понятий, их уровня абстракции, баланса отношений и других вопросов семантики. В то время как онтологии стали стандартом де-факто в области разработки баз знаний, процессы извлечения и особенно структурирования знаний по-прежнему остаются некоторым «белым пятном» в современной литературе по инженерии знаний. Можно сказать, что в семиотическом треугольнике «синтаксис-семантика-прагматика» пока главенствуют синтаксис и прагматика.

Специалистам-разработчикам необходим простой и наглядный инструмент для осмысления и понимания особенностей понятий предметной области (ПрО), глубинных отношений между концептами и классами ПрО. Таким инструментом может послужить поле знаний (в отечественной литературе) или ментальная модель (в зарубежной литературе).

Под полем знаний [14] понимается условное неформализованное описание основных объектов ПрО, их атрибутов и отношений между ними, выявленных из некоторого источника знаний, в виде графа, диаграммы, таблицы или текста. Фактически это «скелет» или прообраз базы знаний. Обычно поле знаний носит иерархическую структуру, что обусловлено иерархичностью понятийной структуры знаний человека [15, 16].

Термин «ментальная модель» был введён в психологии познания для отображения процессов осмысления действительности в виде некоторых упрощённых моделей. Впервые понятие было предложено в работах Джонсон-Лэйрда [17] и Бирн [18].

Визуальный подход к созданию ментальных моделей применялся с самого начала, поскольку с древних времён визуализация считалась мощным инструментами познания, т.е. средством, предназначенным для организации и облегчения процесса познания. Инструментом визуализации ментальных моделей служили различные виды концептуальных карт и графов, семантические сети и когнитивные карты, и, конечно, *интеллект-карты* (и-карты, от англ. *mind maps*). Особенно широко и-карты применяются в менеджменте и в управлении знаниями как один из наиболее привлекательных и простых способов отображения профессиональных знаний, бизнес-идей, проектов, функций или любых других сложных понятийных структур.

Однако и-карты отражают в основном иерархические связи и не позволяют глубоко анализировать закономерности ПрО с их спецификой отношений. Для отображения разнородных отношений чаще применяются концептуальные графы (к-графы, семантические сети, концептуальные карты). К-графы были предложены Новаком в начале 70-х годов [19] при изучении детского мышления и формирования первых научных понятий. В этих исследованиях были использованы идеи Дэвида Асубеля [20] о формировании понятийного мышления. К-графы оказались эффективным инструментом отображения понятийной системы человека. Они обычно состоят из узлов и направленных поименованных отношений или связей, соединяющих узлы. Связи могут быть различного типа, например, «является», «имеет свойство» и т.п. Узлы и связи имеют универсальный характер для некоторого класса понятий ПрО. Поэтому любая разработка к-графа подразумевает анализ структурных взаимодействий между отдельными понятиями ПрО.

И-карты и концептуальные карты можно использовать для прототипирования и разработки онтологий на начальном этапе. Статья посвящена проблеме создания таких карт с позиции последующей разработки онтологических моделей.

1 О визуально-аналитическом мышлении

В настоящее время рост информационных потоков привел к появлению новых направлений исследований, связанных с визуализацией (инфографика, когнитивная графика, виртуальная реальность, компьютерная графика и т.д.) [21]. Основная задача этих новых видов графической подачи информации – сделать сложные и громоздкие понятия более простыми и наглядными для восприятия и обучения, фактически – это сжатие и упрощение информации. Так, инфографика показывает взаимосвязь между единицей информации, количественным значением и общим положением данной информации в системе. Фактически, это графическая интерпретация информации (т.е. данных и знаний), позволяющая сжимать информацию, освобождая её от словесного «балласта», и взаимосвязывать различные типы информации, выявляя закономерности.

Визуализация информации «вынуждена отвечать» на растущие объёмы общедоступных данных, как когнитивный фильтр, как «увеличительная линза» понимания, и она, по возможности, не должна добавлять «шума» к информационному потоку. Не всякую визуализацию следует считать положительным шагом вперёд. В контексте визуализации информации простая передача данных в визуальной форме, не проливающая свет на изображаемый предмет, или — что даже хуже — усложняющая его, может считаться только неудачной [22].

Вся история науки и образования подчёркивает важность визуализации и основана на использовании диаграмм, рисунков, схем и эскизов, без которых некоторые науки были бы невозможны (астрономия, геометрия, география и др.). В любой деятельности и обучении человеческое сознание использует несколько механизмов мышления [23]. Исторически первым в процессе эволюции являлся наглядно-действенный механизм. Несколько позже появился наглядно-образный механизм мышления, обеспечивающий работу с изображениями, образами и представлениями об этих образах. Его называют также геометрическим, интуитивным и т.п. Затем появился механизм, позволяющий работать с абстрактными цепочками символов, с текстами и т.п. Этот механизм мышления обычно называют абстрактным, логическим или символическим¹. Следует отметить терминологическое разнообразие, противоречивость и нечёткость определений в данной области исследований.

Под визуально-аналитическим мышлением в статье понимается набор методологий, использующих различные виды диаграмм для представления идей, понятий, отношений и процессов.

Традиционно в визуальном мышлении выделяют три фазы:

- 1) формирование набросков идей (понятий, процессов);
- 2) их осмысление;
- 3) создание картинки, образа, диаграммы [24].

Эти фазы подробно рассмотрены на примере разработки и-карт как эскизов онтологических моделей.

2 Формирование и-карт

И-карты — это иерархические диаграммы, используемые для представления идей, проектов, заданий, которые связаны с центральным ключевым понятием и радиально организованы вокруг него [25, 26]. В некоторых источниках и-карту часто называют графическим выражением процесса радиантного или параллельного мышления в отличие от последователь-

¹ Авторы не вторгаются в вопросы когнитивной психологии, а лишь пытаются конструктивно применять имеющиеся научные результаты. *Прим. авт.*

ного. Правила формирования и-карт по Бьюзену представлены на примере абстрактной и-карты на рисунке 1 (подробнее в [25, 27]):

- главное понятие представлено в центральном образе (A);
- основные понятия и/или процессы, связанные с главным, расходятся от центрального образа в виде ветвей, которые именуются ключевыми словами и образами (B, C, D, E);
- ветви формируют связную иерархическую структуру.

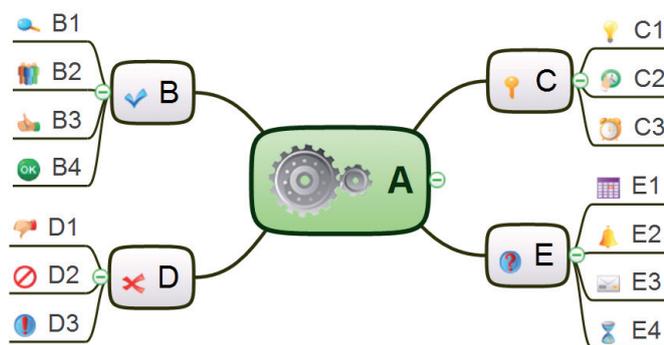


Рисунок 1 — Пример абстрактной и-карты

Идея и-карт (по Бьюзену) заключается

в использовании и совмещении

функции логического и образного мышления для достижения целостного и наглядного представления рассматриваемого понятия. Фактически, это переход от последовательного (текстового) изложения к параллельному (сетевому). Бьюзен задекларировал три правила для и-карт – использование разных шрифтов (уменьшение их от центра), разных цветов и графических образов для увеличения наглядности. Предложенный в качестве компактного средства организации конспектов метод и-карт стал использоваться как мощное орудие мышления применительно к научной работе, инновациям, бизнес-идеям, политическим дискуссиям, педагогике.

2.1 Нейробазис

Идея и-карт имеет некоторый нейрофизиологический базис. Человеческий мозг обладает выраженной сетевой структурой [28]. Естественные нейронные сети мозга содержат миллиарды нейронов, каждый из которых может иметь десятки тысяч связей. И хотя природа их взаимодействия исследована далеко не полностью, так называемый «радиантный» характер передачи возбуждения от центра на периферию доказан.

И-карты применяются, с одной стороны, для генерации, визуализации, структурирования и классификации идей, с другой стороны, для облегчения (ускорения) процесса обучения [29], процесса разрешения проблемы или принятия решения [30–32], а также при составлении и написании различных документов [33]. Их можно использовать в обучении как для объяснения, так и для проверки усвоенного материала. В этом случае структура и-карты служит критерием понимания изучаемого предмета. Применение и-карт может быть полезно при выполнении групповых проектов, анализе кейсов и т.д. Благодаря упрощённому и ясному изображению идей в графическом виде и-карты иногда используют для активизации «мозгового штурма», при решении организационных задач и осуществлении планирования [27, 34]. В и-карте можно подразумевать любой тип связи между понятиями, что может породить хаос и избыточность полученных диаграмм.

2.2 Когнитивные проблемы

Далее рассмотрены когнитивные проблемы разработки и-карт как с позиции разработчика, так и с позиции пользователя карты. Для разработчика важно справиться с проблемой материализации собственных представлений, их адекватной и однозначной репрезентации в карте. Для пользователя важно правильно прочесть и интерпретировать карту, даже если она вызывает когнитивный диссонанс.

О стратегии. Существуют две стратегии в разработке и-карт – дедуктивная (сверху вниз) и индуктивная (снизу вверх). Первая связана с анализом и декомпозицией, вторая – с синтезом и конструированием понятий.

О критериях общности. Серьезная методологическая проблема связана с выбором критерия декомпозиции или синтеза.

Для дедуктивной стратегии центральное понятие разбивается последовательно на каждом из уровней ветвления карты по выбранному критерию или признаку. Например, можно при построении карты современного программного обеспечения использовать на первом уровне критерий операционной системы (Windows или Mac OS), а можно страны производителя. Соответственно, карты получатся различными. Можно предложить первое правило хорошей декомпозиции: «Принцип (признак) декомпозиции должен быть понятным и прозрачным».

Для индуктивной стратегии можно также выбирать разные признаки. Так, набор концептов (Париж, Рим, Токио, Москва, Санкт-Петербург, Бомбей) можно собирать в категории десятком вариантов группировки в зависимости от выбранных атрибутов. Например, разбиение $X = \{(Париж, Москва, Петербург, Рим), (Токио, Бомбей)\}$ соответствует делению по понятному критерию «Европа – Азия», а разбиение $Y = \{(Париж, Рим, Петербург), (Москва, Дели, Бомбей)\}$ – не совсем. При этом разбиение Y соответствует делению по принципу «наличие величайших коллекций мирового искусства».

Другая проблема связана с системностью мышления разработчика, позволяющей ему выделять понятия одного уровня абстракции. Эта характеристика связана с индивидуальным когнитивным стилем аналитика, чему посвящены работы [35, 36].

Особенно это важно тогда, когда и-карты используются для проектирования онтологий. В этом случае следует накладывать ряд системных ограничений на процесс формирования понятий более низкого уровня иерархии, главное из которых правило однородности (хорошего обобщения): «Понятия на одном уровне иерархии должны быть одной природы и связаны с «предком» одним типом отношения».

О восприятии и-карт. Правильное восприятие и понимание и-карты связано с рядом эргономических проблем. Важными элементами и-карт являются графические образы, цвет и различная величина шрифтов на разных уровнях иерархии, — это позволяет четче и яснее отразить структуру и-карты, ускорить и упростить «чтение» и-карты. На рисунке 2 представлен пример и-карты для понятия «Окно». И-карта описывает виды окон, их конструктивные элементы, определение, предназначение и характеристики окон. Карта создана при помощи инструмента Mind Manager (<https://www.mindjet.com/>).

2.3 Системные проблемы разработки и-карт

Основная сложность создания и-карты – это системное формирование понятий первого уровня, описывающих центральную идею. Ясную и понятную и-карту обычно может нарисовать эксперт ПрО. У новичков часто получаются запутанные и невнятно организованные карты, вследствие нарушения правила однородности. Это правило лежит в основе любой таксономии, так как деление на классы происходит обычно по ОДНОМУ признаку.

Это означает, что понятия одного уровня требуют принадлежности одному уровню обобщения. Понятие «уровень обобщения» требует понимания методов системного анализа (класс-подкласс-элемент класса) и глубокого знания особенностей ПрО.

Так, при декомпозиции понятия ФРУКТЫ один из правильных рядов понятий первого уровня будет: «яблоки, груши, мандарины». Все эти объекты принадлежат к одному уровню грануляции или обобщения. И неправильным будет ряд «яблоки, груши, цитрусовые». «Цитрусовые» – это более высокий уровень обобщения.

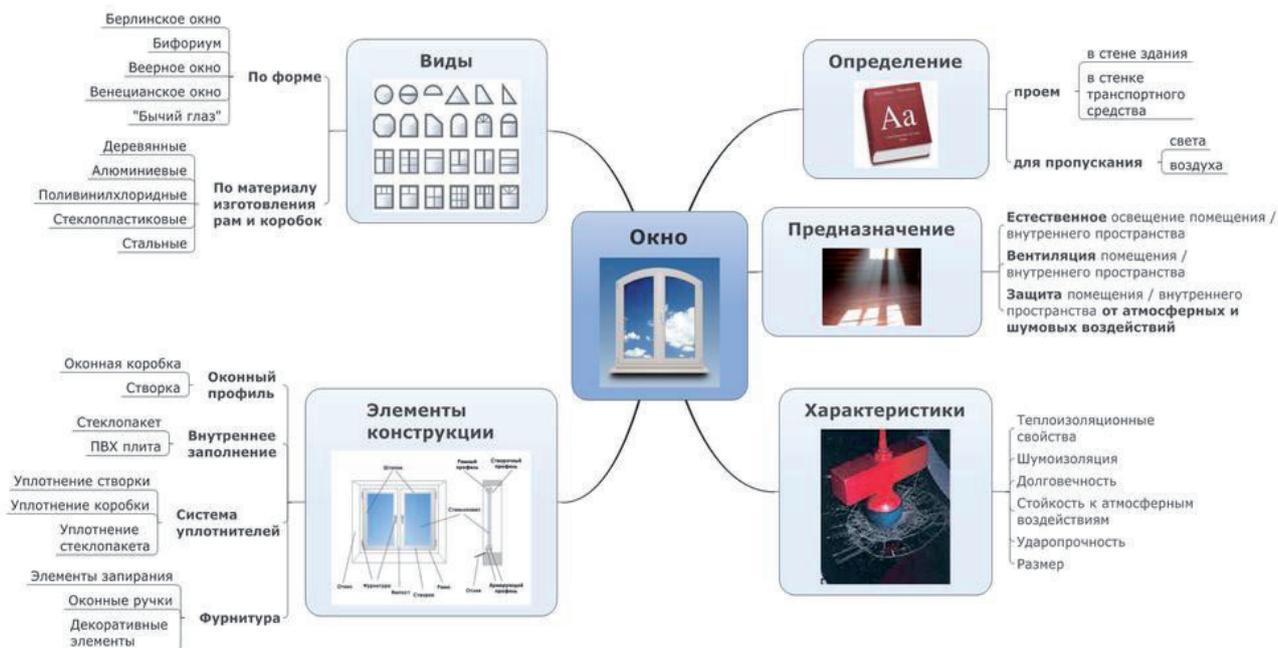


Рисунок 2 – Пример и-карты (автор Д. Кудрявцев [36])

Элементы одного уровня обобщения связаны с вышестоящим понятием одним типом отношения, они однородны, т.е. все признаки или атрибуты понятия, или все его компоненты, или ассоциации. Так, на рисунке 3 объекты нижнего уровня не однородны. Объект «карманы» не продолжает ряд атрибутов (таких, как производитель, цена и вес). Он связан с центральным понятием «рюкзак» отношением «часть-целое».



Рисунок 3 – Пример ошибки разнородности

На рисунке 4 также можно увидеть эту ошибку, но приблизительную структуру знаний о малом предприятии карта отражает.



Рисунок 4 – И-карта понятия «малое предприятие»

3 Практические рекомендации по построению и-карт

3.1 Правила построения хорошей и-карты

Обобщая опыт разработки и-карт и обучения аналитиков, можно сформулировать ряд эвристических правил, облегчающих построение и-карты:

- *Правила, способствующие глубине понимания*
 - А. Правило системного мышления: «Охватывайте все элементы, а не выборочные фрагменты».
 - Б. Правило хорошего обобщения (см.п.2.2)
Эти правила требуют значительных когнитивных усилий и навыков системно-аналитического мышления.
- *Правила, увеличивающие наглядность*
 - В. Правила Бьюзена – об использовании цвета, рисунков и уменьшения шрифтов при удалении от центра [25].
 - Г. Бритва Оккама: «Не стоит множить сущности без необходимости». В этом ошибка карты на рисунке 5.

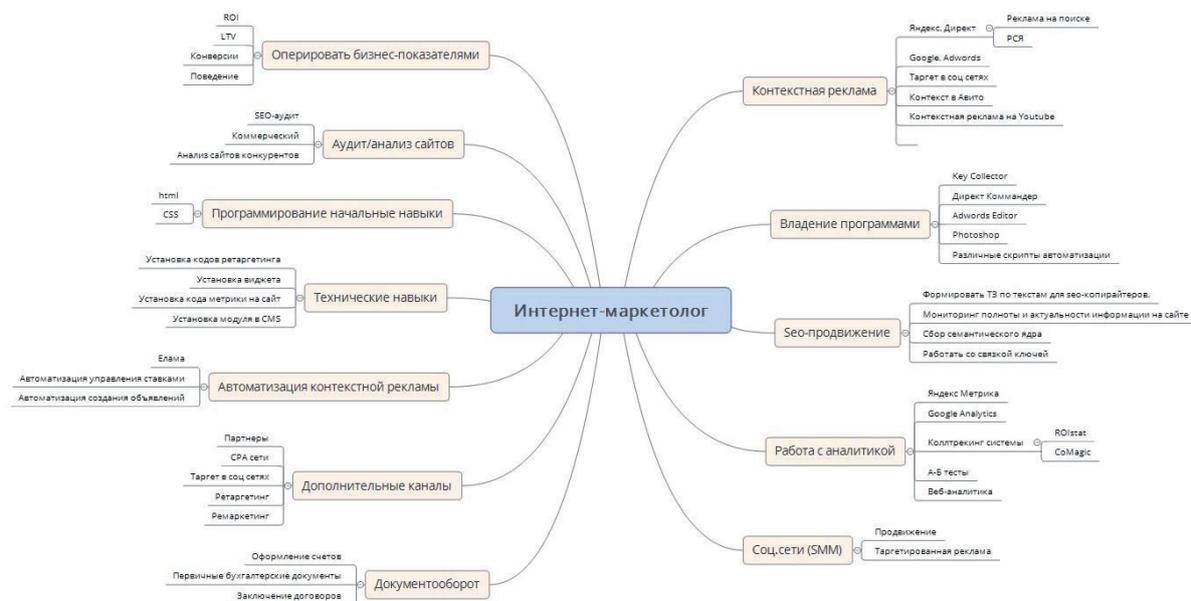


Рисунок 5 – Пример и-карты, нарушающей правило Оккама и другие правила²

Д. «Не стоит использовать шрифты с засечками». Например, Times New Roman.

Е. «В узле и-карты должны быть словосочетания в именительном падеже, не более трёх слов». Например, «железная дорога» или «входные финансовые потоки».

3.2 Анализ традиционных ошибок

В анализе обобщён 10-летний педагогический и практический опыт авторов по разработке онтологий на основе и-карт.

На рисунке 6 впервые предложена типология основных ошибок при разработке и-карт, основанная на анализе более 750 и-карт как студентов старших курсов Санкт-Петербургского государственного университета, так и слушателей программ Executive MBA.

² <https://kwork.ru/keywords/94461/intellekt-karta-mind-map-dlya-vashego-proekta>



Рисунок 6 – Типология ошибок разработки и-карт

К ошибкам I рода отнесены существенные смысловые ошибки разработки, в частности, семантические ошибки, включающие ошибки понимания (нет понимания, как устроена ПрО, отсюда неадекватные категории, неверная атрибуция к категориям) и фрагментарность (карта отражает только часть проблемы). Ошибки I рода включают также ошибки в систематизации элементов ПрО. Часто это излишнее дробление концептов и их избыточная детализация. К этой ошибке обычно ведёт нарушение правила «Бритвы Оккама». К системным также можно отнести самую «тяжёлую» и плохо поддающуюся исправлению ошибку разнородности понятий одного уровня (см. правило Б подраздела 3.1). Ошибка возникает при сочетании двух первых системных ошибок и недостатке знаний разработчика карты.

Ошибки II рода не столь принципиальны, так как касаются нарушений правил «хорошего» стиля, влияющих на восприятие общего образа и-карты. К ним относятся синтаксические и эргономические ошибки.

Синтаксические ошибки обусловлены нарушением правил Бьюзена о шрифте, цвете и пиктограммах, а также пренебрежением правил использования в и-карте минимума слов и имён существительных в именительном падеже в единственном числе.

Эргономические ошибки касаются непосредственно дизайна и стиля карты, что также важно в восприятии онтологии. Гангеми и его последователи разработали специальные метрики оценки эргономичности онтологий [37]. Список нарушений такого рода рекомендаций включает использование более трёх цветов (пестрота), наличие слишком длинных или коротких ветвей (дисбаланс), употребление мелкого шрифта (нечитабельность), перегруженность концептами и картинками и такой неформализуемый критерий, как отсутствие гармонии. Вопросы гармонии в дизайне бизнес-диаграмм и онтологий подробно обсуждены в работах [36, 38].

В целом ошибки первого рода вызваны отсутствием навыков системного и структурного анализа, в части категоризации и обобщения понятий. Помимо отсутствия навыков эти ошибки можно объяснить особенностями характеристик когнитивного стиля аналитика [35]. В частности, существует характеристика «способность к обобщению», которая не может быть исправлена ни тренингом, ни опытом. Анализ ошибок проектирования носит диагностический характер, то есть карта обнажает пробелы знаний и особенности мышления.

Отдельной дискуссии заслуживает вопрос «правильности и пользы». Можно допустить, что любая карта лучше её отсутствия. Однако тиражирование искажённых или неадекватных представлений о структуре ПрО также нежелательно.

И-карта, отражающая мнение одного эксперта, субъективна. Карта, полученная в результате мозгового штурма или совместного обсуждения, может приблизиться к объективной картине.

Заключение

Интерес к инфографике и визуализации, помогающим быстрому пониманию, не случаен в настоящее время. Визуализации позволяют подняться на более высокий уровень концептуального обобщения больших и сверхбольших объёмов данных, облегчить коммуникативные разрывы между различными группами исследователей и экспертов, между студентами и преподавателями [39].

Для онтологического инжиниринга тема пока не стала «горячей» в силу «незрелости» и учебного характера многих онтологий. При этом и-карты уже превратились в рабочий инструмент стратегического менеджмента, а онтологии завоёвывают всё новые области компьютерного моделирования, и здесь важно не допускать ошибок в их проектировании.

Десятилетний опыт по обучению и тренингу навыкам визуально-аналитического мышления на программах Executive MBA и на корпоративных тренингах показывает, что не все обучаемые способны научиться разрабатывать «полезные и правильные» и-карты.

Главной особенностью онтологического моделирования является системный взгляд и корректное обобщение при формировании категорий и классов. Разработка онтологии на первоначальном этапе должна базироваться на системном хорошо структурированном каркасе ПрО. И-карты делают этот каркас зримым.

Благодарности

Статья посвящается Дмитрию Поспелову - основателю междисциплинарного подхода к исследованиям по искусственному интеллекту в России.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект N 20-07-00854).

Список источников

- [1] *Lambrix, P.* Evaluation of ontology development tools for bioinformatics / Lambrix, Patrick, Manal Habbouche, and Marta Perez // Bioinformatics. – 2003. – 19(12). – P.1564-1571. – DOI: 10.1093/bioinformatics/btg194.
- [2] *Corcho, O.* Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? / Corcho, Oscar, Mariano Fernández-López, and Asunción Gómez-Pérez // Data & knowledge engineering. – 2003. – 46(1). – P.41-64. – DOI: 10.1016/S0169-023X(02)00195-7.
- [3] *Guizzardi, G.* Taking It to the Next Level: Nicola Guarino, Formal Ontology and Conceptual Modeling / Guizzardi, G., & Mylopoulos, J. // Ontology Makes Sense. – 2019. – P.223-241. – DOI: 10.3233/978-1-61499-955-3-223
- [4] *Hitzler, P.* Ontology Engineering with Ontology Design Patterns: Foundations and Applications / Hitzler, Pascal, Aldo Gangemi, and Krzysztof Janowicz, eds. // Studies on the Semantic Web. – IOS Press, 2016. – 25. – 388 p. – DOI: 10.3233/978-1-61499-676-7.
- [5] *Боргест, Н.М.* Онтологии проектирования от Витрувия до Виттиха / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 487-522. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [6] *Петрова, Г.Г.* Онтология FIBO и её применение для решения прикладных задач финансовой сферы / Г.Г. Петрова, А.Ф. Тузовский // Знания-Онтологии-Теории (ЗОНТ-2015) - 2015. – С.96-99.
- [7] *Ахмадеева, И.П.* Сбор онтологической информации для интеллектуальных научных Интернет-ресурсов / И.П. Ахмадеева, О.И. Боровикова, Ю.А. Загорулько, Е.А. Сидорова // Системная информатика. — 2014. — № 3. — С.13-23. – DOI: 10.31144/si.2307-6410.2014.n3.p13-23.
- [8] *Добров, Б.В.* Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров, В.В. Иванов, В.Д. Соловьев, Н.В. Лукашевич. – М.: Интернет-Университет ИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 173 с.

- [9] **Гришин, М. В.** Онтологии проектирования шаблонной оснастки в авиационном производстве / М. В. Гришин, С.Н. Ларин, П.И. Соснин // Онтология проектирования. - 2016. - Том 6, 1(19). - С.7-28. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-7-28.
- [10] **Suárez-Figueroa, M. C.** Scheduling ontology development projects / M.C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López // Data & Knowledge Engineering. - 2016. - 102. - P.1-21. - DOI: 10.1016/j.datak.2015.11.004.
- [11] **Otero-Cerdeira, L.** Ontology matching: A literature review / Otero-Cerdeira, Lorena, Francisco J. Rodríguez-Martínez, Alma Gómez-Rodríguez. // Expert Systems with Applications. - 2015. - 42(2). - P.949-971. - DOI: 10.1016/j.eswa.2014.08.032.
- [12] **Suárez-Figueroa, M. C.** The NeOn methodology for ontology engineering / M.C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López // Ontology engineering in a networked world. Springer, Berlin, Heidelberg. - 2012. - P. 9-34. - DOI: 10.1007/978-3-642-24794-1_2.
- [13] **Fernandez, M.** METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering / M. Fernandez, A. Gomez-Perez, N. Juristo // AAAI Technical Report SS-97-06. - 1997. - http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf.
- [14] **Гаврилова, Т.А.** Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. - СПб, Лань, 2016. - 324 с.
- [15] **Брунер, Дж.** Психология познания / Дж. Брунер. - М.: Прогресс, 1977. - 413 с.:
- [16] **Веккер, Л.М.** Психические процессы (в 3-х томах) / Л.М. Веккер. - Л. ЛГУ, 1974. - т. 2. - 344 с.
- [17] **Johnson-Laird, Ph. N.** Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness / Philip Nicholas Johnson-Laird. - Harvard University Press, 1983. - 513 p.
- [18] **Johnson-Laird, Ph. N.** Mental models or formal rules? / Philip N. Johnson-Laird, Ruth MJ Byrne // Behavioral and Brain Sciences. - 1993. - 16. - P.368-380. - DOI: 10.1017/S0140525X0003065X.
- [19] **Novak, J.** Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education / J. Novak // Instructional Science. - 1990. - 19. - P.29-52. - DOI: 10.1007/BF00377984.
- [20] **Ausubel, D. P.** Educational psychology: A cognitive view / D. P. Ausubel. - New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968. - 733 p.
- [21] **Рапуто, А.Г.** Deskриптивное моделирование образного мышления при репрезентации дидактических объектов / А.Г. Рапуто // Институт информатизации образования, Сборник «Ученые записки». - М.: ИИО РАО. 2011. - Выпуск 34. - С.114-116.
- [22] **Shneiderman, B.** Information Visualization Manifesto / Ben Shneiderman // VC blog. - 1999. - <http://www.visualcomplexity.com/vc/blog/?p=644>.
- [23] **Зинченко, В.П.** Большой психологический словарь / В.П. Зинченко, Б.Г. Мещеряков. - М.: АСТ, 2008. - 632 с.
- [24] **McKim, R.H.** Experiences in visual thinking / R. H. McKim. - Brooks/Cole, 1972. - 210 p.
- [25] **Бьюзен, Т.** Интеллект-карты. Практическое руководство / Т. Бьюзен, Б. Бьюзен.- Минск: Попурри, 2010. - 368 с.
- [26] **Черниговская, Т.В.** Сенсо-моторный и когнитивный латеральный профиль: тестирование и интерпретация / Т.В. Черниговская, Т.А. Гаврилова, А.В. Воинов, К.Н. Стрельников // Физиология человека. - 2005. - Том 31, N2. - С.35-44.
- [27] **Koznov, D.** Mind maps merging in collaborative work / D. Koznov, E. Larchik, M. Pliskin, N. Artamonov // Programming and Computer Software. - 2011. - Vol. 37, Issue 6. - P.315-321. - DOI: 10.1134/S036176881106003X.
- [28] **Дубровский, Д.И.** Психические явления и мозг / Д.И. Дубровский. - М.: Рипол Классик, 2013. - 394 с.
- [29] **Chei Chang, C.** The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests / C. Chei Chang // Innovations in Education and Teaching International. - 2008. - Vol. 45, № 4. - P.375-387. - DOI: 10.1080/14703290802377240.
- [30] **Роэм, Д.** Визуальное мышление Решение проблем и продажа идей при помощи картинок на салфетке / Д. Роэм. - М.: Эксмо, 2009. - 296 с.
- [31] **Hverle, D.** Visual Tools for Transforming Information Into Knowledge / D. Hverle. - Corwin, 2009. - 192 p.
- [32] **Jeffery, A.B.** Improving team decision-making performance with collaborative modeling / A.B. Jeffery, J.D. Maes, M.F. Bratton-Jeffery // Team Performance Management. - 2005. - Vol. 11, № 1-2. - P.40-50. - DOI: 10.1108/13527590510584311.
- [33] **Margulies, N.** Visual Thinking Tools for Mapping Your Ideas / N. Margulies, C. Valenza. - Crown House Publishing, 2005. - 160 p.
- [34] **Lim, B.C.** Team mental models and team performance: A field study of the effects of team mental model similarity and accuracy / B.C. Lim, K.J. Klein // Journal of Organizational Behavior. - 2006. - 27(4). - P.403-418. - DOI: 10.1002/job.387.

- [35] *Холодная, М.А.* Когнитивные стили. О природе индивидуального ума / М.А. Холодная. – ПЕР СЭ, 2002. – 304 с.
- [36] *Григорьев, Л.Ю.* Технология наполнения баз знаний онтологического типа / Л.Ю. Григорьев, А.А. Заблоцкий, Д.В. Кудрявцев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». – 2012. – 3. – С.27-36.
- [37] *Gangemi, A.* Ontology design patterns / Aldo Gangemi, Valentina Presutti // Handbook on ontologies. - Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. – P.221-243. – DOI: 10.1007/978-3-540-92673-3_10.
- [38] *Effinger, Ph.* On a study of layout aesthetics for business process models using BPMN / Philip Effinger, Nicole Jogsch, Sandra Seiz. // International Workshop on Business Process Modeling Notation. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2010. – P.31-45. – DOI: 10.1007/978-3-642-16298-5_5.
- [39] *Henderson, M.K.* Flexible Sketches and Inflexible Data Bases: Visual Communication, Conscriptioin Devices, and Boundary Objects in Design Engineering / М. К. Henderson // Science Technology Human Values. – 1991. – 16(4). – P.448-473. – DOI: 10.1177/016224399101600402.

Сведения об авторах



Гаврилова Татьяна Альбертовна. Проф, д.т.н. (с 1996 г.), зав. кафедрой информационных технологий в менеджменте Высшей школы менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета. Автор более 200 публикаций, число цитирований в РИНЦ 5163 (на 28 января 2020), индекс Хирша 27, председатель Северо-западного отделения Российской ассоциации искусственного интеллекта. AuthorID (РИНЦ): 7060. Author ID (Scopus): 56447180000; Researcher ID (WoS): E-9154-2010. gavrilova@gsom.spbu.ru.

Страхович Эльвира Витаутасовна. Окончила математико-механический факультет Ленинградского государственного университета,

к.ф.-м.н. (1992). Доцент кафедры информационных технологий в менеджменте Высшей школы менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета. До 2010 г. работала в ИТ-компании. Область научных интересов - информационно-коммуникационные технологии в образовании. AuthorID (РИНЦ): 443895; Author ID (Scopus): 55304837700; ORCID 0000-0003-1374-9670; Researcher ID (WoS): I-6632-2013. strakhovich@gsom.spbu.ru.



Поступила в редакцию 08.01.2020, после рецензирования 10.02.2020. Принята к публикации 10.03.2020.

Visual analytical thinking and mind maps for ontology engineering

T.A. Gavrilova, E.V. Strakhovich

Graduate School of Management, St. Petersburg University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

The article is devoted to the practical application of the principles of visual analytical thinking for the problems of knowledge structuring for the ontology design and development. Visual analytical thinking refers to implementation of methodologies that use different types of diagrams to represent ideas, concepts, relationships and processes. From the well-known practically used types of diagrams, mind maps were selected as the most common, convenient and simple method for the proper formation and design of ontologies of complex domains. Mind maps reflect hierarchical relationships among concepts and allow the analyst to sufficiently deeply reflect the features and patterns of the domain with their specific relationships. Buzan formulated the idea of mind maps in the 1970s as a compact means of organizing abstracts, he later deepened and enhanced this idea, which was brought to software implementation and was widely used in various fields of education, research and business. The paper discusses the basic principles of the formation of such maps and analyzes the typical mistakes of analysts. For the first time, a classification of main errors and mistakes is proposed taking into account syntactic, semantic and pragmatic aspects. The analysis of the most common errors associated with the violation of the rules of “good generalization” and reasonable minimalism is given. The article may be of interest to both intelligent systems’ developers and knowledge management systems’ creators; it summarizes ten years of experience in teaching and training visual analytical thinking skills in executive MBA programs and corporate trainings.

Keywords: *ontology engineering, mind maps, visual analytical thinking, visual models, knowledge management.*

Citation: *Gavrilova TA, Strakhovich EV.* Visual analytical thinking and mind maps for ontology engineering [In Russian]. *Ontology of designing.* 2020; 10(1): 87-99. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.

Acknowledgment: The article is dedicated to Dmitry Pospelov, the founder of an interdisciplinary approach to research on artificial intelligence in Russia. The work supported by grant of Russian Foundation for basic research (project N 17-18-30048).

List of figures

Figure 1 - An example of an abstract mind map

Figure 2 - An example of a mind map “Window” (by D. Kudryavtsev)

Figure 3 - An example of a heterogeneity error

Figure 4 - Mind map of the concept of “small business”

Figure 5 - An example of a mind map that violates Occam's rule and other basic rules

Figure 6 - Typology of errors

References

- [1] **Lambrix P, Habbouche M, Perez M.** Evaluation of ontology development tools for bioinformatics. *Bioinformatics.* 2003; 19(12): 1564-1571. – DOI: 10.1093/bioinformatics/btg194.
- [2] **Corcho O, Fernández-López M, Gómez-Pérez A.** Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & knowledge engineering.* 2003; 46(1): 41-64. – DOI: 10.1016/S0169-023X(02)00195-7.
- [3] **Guizzardi G, Mylopoulos J.** Taking It to the Next Level: Nicola Guarino, Formal Ontology and Conceptual Modeling. *Ontology Makes Sense.* 2019: 223-241. – DOI: 10.3233/978-1-61499-955-3-223.
- [4] **Hitzler, Pascal.** Ontology Engineering with Ontology Design Patterns: Foundations and Applications. Hitzler, Pascal, Aldo Gangemi, and Krzysztof Janowicz, eds. *Studies on the Semantic Web.* IOS Press, 2016; 25. 388 p. DOI: 10.3233/978-1-61499-676-7.
- [5] **Borgest NM.** The ontologies of designing from Vitruvius to Wittich [In Russian]. *Ontology of designing.* 2018; 8(4): 487-522. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-487-522.
- [6] **Petrova GG, Tuzovsky AP.** Fibo ontology and its application for solving applied problems in the financial sphere [In Russian]. *Knowledge-Ontologies-Theories (ZONT-2015)* 2015: 96-99.
- [7] **Akhmadeeva IR, Borovikova OI, Zagorulko YuA, Sidorova EA.** Collection of ontological information for intellectual scientific Internet resources [In Russian]. *System Informatics.* 2014; 3: 13-23. DOI: 10.31144/si.2307-6410.2014.n3.p13-23.
- [8] **Dobrov BV, Ivanov VV, Soloviev VD, Lukashevich NB.** Ontologies and thesauruses: models, tools, applications: handbook [In Russian]. Moscow: Internet-University of Information Technology, BINOM. Knowledge Laboratory, 2009. 173 p.
- [9] **Grishin MV, Larin SN, Sosnin PI.** Ontologies of design of template equipment in aircraft manufacturing [In Russian]. *Ontology of designing.* 2016; 6(1): 7-28. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-7-28.
- [10] **Suárez-Figueroa MC, Gómez-Pérez A, Fernández-López M.** Scheduling ontology development projects. *Data & Knowledge Engineering.* 2016; 102: 1-21. DOI: 10.1016/j.datak.2015.11.004.
- [11] **Otero-Cerdeira L, Rodríguez-Martínez FJ, Gómez-Rodríguez A.** Ontology matching: A literature review. *Expert Systems with Applications.* 2015; 42(2): 949-971. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.08.032.
- [12] **Suárez-Figueroa, M. C.** The NeOn methodology for ontology engineering / M.C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López // *Ontology engineering in a networked world.* Springer, Berlin, Heidelberg. – 2012. – P. 9-34. DOI: 10.1007/978-3-642-24794-1_2.
- [13] **Fernandez, M.** METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering / M. Fernandez, A. Gomez-Perez, N. Juristo // AAAI Technical Report SS-97-06. – 1997. – http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf.
- [14] **Gavrilova TA, Kudryavtsev DV, Muromtsev DI.** Knowledge Engineering. Models and methods [In Russian]. SPb, Lan, 2016. 324 p.
- [15] **Bruner G.** Cognitive Psychology [In Russian]. Moscow: Progress, 1977. 413 p.
- [16] **Vekker LM.** Psychological processes (in 3-e volumes) [In Russian]. L. LGU, 1974; vol.2. 344 p.
- [17] **Johnson-Laird PhN.** Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Harvard University Press, 1983. 513 p.

- [18] **Johnson-Laird PhN, Byrne RMJ.** Mental models or formal rules? *Behavioral and Brain Sciences*. 1993; 16: 368-380. DOI: 10.1017/S0140525X0003065X.
- [19] **Novak J.** Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education. *Instructional Science*. 1990; 19: 29-52. DOI: 10.1007/BF00377984.
- [20] **Ausubel DP.** Educational psychology: A cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968. 733 p.
- [21] **Raputo AG.** Descriptive modeling of imaginative thinking in the representation of didactic objects [In Russian]. Institute of Informatization of education, *Scientific notes*. 2011; 34: 114-116.
- [22] **Shneiderman B.** Information Visualization Manifesto. Visual complexity. VC blog. 1999. <http://www.visualcomplexity.com/vc/blog/?p=644>.
- [23] **Zinchenko VP, Mescheriakov BG.** Big psychological dictionary [In Russian]. Moscow: AST, 2008. 632 p.
- [24] **McKim RH.** Experiences in visual thinking. Brooks/Cole, 1972. 210 p.
- [25] **Buzan T, Buzan B.** The Mind Map Book [In Russian]. Minsk: Popurry, 2003. 280 p.
- [26] **Chernigovskaya TB, Gavrilova TA, Voinov AV, Strelnikov KN.** Sensorimotor and cognitive lateral profile: testing and interpretation [In Russian]. *Human physiology*. 2005; 31(2): 35-44.
- [27] **Koznov D, Larchik E, Pliskin M, Artamonov N.** Mind maps merging in collaborative work. *Programming and Computer Software*. 2011; 37(6): 315-321. DOI: 10.1134/S036176881106003X.
- [28] **Dubrovsky DI.** Mental phenomena and the brain [In Russian]. Moscow: Ripol Classic, 2013. 394 p.
- [29] **Chei Chang C.** The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International*. 2008; 45(4): 375-387. DOI: 10.1080/14703290802377240.
- [30] **Roem D.** Visual thinking. Solving problems and selling ideas with pictures on a napkin [In Russian]. Moscow: Eksmo, 2009. 296 p.
- [31] **Hverle D.** Visual Tools for Transforming Information Into Knowledge. Corwin, 2009. 192 p.
- [32] **Jeffery AB, Maes JD, Bratton-Jeffery MF.** Improving team decision-making performance with collaborative modeling. *Team Performance Management*. 2005; 11(1-2): 40-50. DOI: 10.1108/13527590510584311.
- [33] **Margulies N, Valenza C.** Visual Thinking Tools for Mapping Your Ideas. Crown House Publishing, 2005. 160 p.
- [34] **Lim BC, Klein KJ.** Team mental models and team performance: A field study of the effects of team mental model similarity and accuracy. *Journal of Organizational Behavior*. 2006; 27(4): 403-418. DOI: 10.1002/job.387.
- [35] **Kholodnaya MA.** Cognitive style. On the nature of the individual mind [In Russian]. PER SE, 2002. 304 p.
- [36] **Grigoriev LYu, Zablotzky AA, Kudryavtsev DV.** Ontological-type knowledge base filling technology [In Russian]. *Scientific and technical statements of SPbSPU. Series "Informatics. Telecommunications. Control"*. 2012; 3: 27-36.
- [37] **Gangemi A, Presutti V.** Ontology design patterns. *Handbook on ontologies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. P. 221-243. DOI: 10.1007/978-3-540-92673-3_10.
- [38] **Effinger Ph, Jogsch N, Seiz S.** On a study of layout aesthetics for business process models using BPMN. International Workshop on Business Process Modeling Notation. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010. P.31-45. DOI: 10.1007/978-3-642-16298-5_5.
- [39] **Henderson MK.** Flexible Sketches and Inflexible Data Bases: Visual Communication, Conscriptioin Devices, and Boundary Objects in Design Engineering. *Science Technology Human Values*. 1991; 16(4): 448-473. DOI: 10.1177/016224399101600402.

About the authors

Tatiana Albertovna Gavrilova, prof., DSc. (since 1996), head of Information Technologies in Management Department at Graduate School of Management (GSOM) in St. Petersburg University, author of more than 200 publications, citation number in Russian citation index 5163 (as of January 28, 2020), Hirsh index 27, Head of North-West chapter of Russian Association for Artificial Intelligence. AuthorID (RCI): 7060. Author ID (Scopus): 56447180000; Researcher ID (WoS): E-9154-2010. gavrilova@gsom.spbu.ru.

Elvira Vitautasovna Strakhovich graduated from Leningrad State University, mathematical and mechanical department, Ph.D. (1992). She is Associate Professor in Information Technology in Management department in the Graduate School of Management, Saint-Petersburg State University. Before 2010 E.V. Strakhovich worked for IT company. Her research interests – information and communication technologies in education. AuthorID (RCI): 443895; Author ID (Scopus): 55304837700; ORCID 0000-0003-1374-9670; Researcher ID (WoS): I-6632-2013. strakhovich@gsom.spbu.ru.

Received January 8, 2020. Revised February 10, 2020. Accepted March 10, 2020.