

## АНАЛИЗ ОШИБОК СТУДЕНТОВ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ СТРУКТУРИРОВАНИИ ЗНАНИЙ\*

Гаврилова Т.А.<sup>1</sup>, Онуфриев В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Высшая школа менеджмента СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена анализу типичных ошибок студентов при структурировании знаний, также рассматриваются некоторые теоретические аспекты построения интеллект-карт и концептуальных карт. Основные причины этих ошибок связаны с нехваткой навыков системного мышления у студентов и с методологическими недостатками преподавания. Выборка для анализа сформирована из упражнений студентов 5 курса, изучающих курсы «Интеллектуальные системы» и «Инженерия знаний» в Санкт-Петербургском политехническом университете. В заключении обсуждаются возможности улучшения программы обучения.

**Ключевые слова:** инженерия знаний, моделирование знаний, интеллект-карты, концептуальные карты, системное мышление, ошибки моделирования.

**Цитирование:** Гаврилова Т.А., Онуфриев В.А. Анализ ошибок студентов при визуальном структурировании знаний // Компьютерные инструменты в образовании, 2016. № 6. С. 42–54 .

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Курсы «Интеллектуальные системы» и «Инженерия знаний» являются междисциплинарными и ориентированы на студентов старших курсов (будущих магистров и специалистов) ИТ-направления. Их цель — овладение знаниями в области проектирования и программной реализации интеллектуальных систем. Разработка последних невозможна без важных этапов — извлечения и концептуального структурирования предметных знаний, так как речь идет о системах, основанных на знаниях (это касается систем управления знаниями, экспертных систем и др.). Первый шаг в этом направлении — это преобразование неструктурированной информации в поле знаний, под которым понимается условное описание объектов предметной области и связей между ними [7].

Создание поля знаний подразумевает представление знаний в форме концептуальных моделей. Инструментами такого моделирования могут служить интеллект-карты (mind maps) [1], концептуальные карты (concept maps) [26], фреймы [13] и другие средства [4, 14].

---

\*Работа Т.А. Гавриловой над данной статьей по постановке задачи и анализу проблем частично финансировалась в рамках проекта РФФ № 15-18-30048.

Одна из особенностей создания концептуальных моделей — высокие требования к их разработчикам, среди которых можно назвать наличие развитых аналитических и коммуникативных способностей, а также умения обобщать информацию [12]. Именно по этой причине процесс создания баз знаний является трудозатратным, дорогим и пока слабо формализуемым процессом: слишком многое в нем зависит от квалификации аналитика.

Вместе с тем, концептуальные модели можно применять и для оценки знаний студентов в различных областях, и для определения способностей и выявления проблем в аналитической работе. Определение и анализ аналитических способностей человека важен еще и потому, что, в целом, это влияет на успешность как в обучении, так и в профессиональной работе. К тому же, такой анализ способствует совершенствованию курса по инженерии знаний и программ тренингов системно-аналитического мышления [5].

В данной статье обобщены материалы исследования по анализу ошибок при структурировании знаний в рамках курсов «Интеллектуальные системы» и «Инженерия знаний» для студентов 5-го года обучения по направлению «Программная инженерия» Санкт-Петербургского политехнического университета. Один из авторов читает эти курсы уже более 20 лет. Конкретно были проанализированы 47 работ студентов осеннего семестра 2016 года, каждая из которых включает в себя несколько концептуальных моделей в виде интеллект-карт и концептуальных карт. В курсе студенты получают базовые навыки и компетенции работы инженера по знаниям на домашней стадии разработки интеллектуальных систем. В завершении курса они выполняют ряд индивидуальных практических заданий по визуальному структурированию в форме электронного портфолио из 10 моделей.

## 2. ОБ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТАХ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ КАРТАХ

Интеллект-карты (и-карты) широко используются для отображения понятийных структур в преподавании [6], при проектировании программных систем [10, 15], в бизнесе [2] и в широком спектре других областей [8, 9]. Их особенность состоит в том, что главный объект изучения располагается по центру карты в виде основного концепта, а от него ветвятся сначала основные направления рассмотрения, а затем и дальнейшая узловая структура [1]. Также эти карты можно использовать в качестве первого приближения к модели представления знаний экспертов.

Примером может служить карта на рис. 1.

Правила построения таких карт довольно просты:

- нужно использовать разную величину шрифта при отображении понятий разных уровней;
- полезно использовать цвет для выделения ветвей или уровней;
- визуальные образы и картинки также увеличивают выразительность и-карты.

При внешней простоте разработка таких карт требует навыков системно-аналитического мышления, знаний законов когнитивной эргономики и умения выражать свои мысли образно. Так, карта на рис. 1 содержит несколько типичных упущений и ошибок, например:

- 1) на первом уровне находится слишком много объектов, что затрудняет ее восприятие;
- 2) эти объекты имеют разный уровень общности, то есть это слишком разнородные понятия;



Рис. 1. Пример интеллект-карты

- 3) ветви имеют разную глубину детализации;
- 4) не использованы образы и цвет, что важно в и-картах.

В целом студенты начинают понимать особенности радиантного (центрированного или иерархического) мышления после третьей либо четвертой построенной карты при строгом анализе ошибок.

Если и-карты показывают связи и древовидную структуру произвольных фрагментов знаний, то концептуальные карты (concept maps) позволяют глубже рассмотреть предметную область и включают отношения между понятиями или концептами. Такие концептуальные карты (к-карты, к-графы) состоят из узлов и направленных поименованных отношений, или связей, соединяющих эти узлы. Связи могут быть различного типа, например, «является», «имеет свойство» и т. п. Концепты и связи имеют универсальный характер для некоторого класса понятий предметной области. Поэтому любая разработка к-графа подразумевает анализ структурных взаимодействий между отдельными понятиями предметной области.

Впервые к-карты были предложены Новаком в начале 70-х гг. [24] при изучении детского мышления и формирования первых научных понятий. Это исследование использовало идеи Дэвида Асубеля [17] о формировании понятийного мышления. К-карты оказались эффективным инструментом отображения понятийной системы человека.

Визуальные спецификации в форме концептуальных карт широко применяются в обучающих системах (e-learning) и в традиционном преподавании [21], а также при моделировании корпоративных баз знаний [8].

В простейшем случае построение к-карты сводится к [24, 26]:

- определению контекста путем задания конкретного фокусирующего вопроса (focus question), определяющего главную тему и границы к-карты;
- выделению концептов — базовых понятий данной предметной области (обычно не более 15–20 понятий);
- построению связей между концептами — определению соотношений и взаимодействий базовых понятий;

– упорядочению графа — уточнению, удалению лишних связей, снятию противоречий.

«Хороший» граф обычно получается после 2–3 итераций. Типичные упущения:

- целые предложения вместо отдельных концептов в узле;
- линейные карты;
- слишком много пересекающихся связей;
- слишком много концептов;
- неверно определенные типы отношений.

Строя к-карты в процессе создания баз знаний или экспертных систем, специалисты получают наиболее полное представление о предметной области. Стоит еще раз подчеркнуть, что к-карты — не только цель, но и средство для более глубокого понимания специфики предметной области. В процессе построения к-карты, то есть при взаимодействии семантических связей нашей памяти с визуальной информацией, связи перестраиваются, порождая, в свою очередь, новые знания.

Можно строить к-карты на бумаге, на доске, в любом графическом или текстовом редакторе, но удобнее всего использовать специальный свободно распространяемый на сайте <http://cmap.ihmc.us/> инструментарий IHMC SmartTools [18].

На рис. 2 представлена концептуальная карта для системы образования города, разработанная в рамках Системного проекта г. Москвы [11].

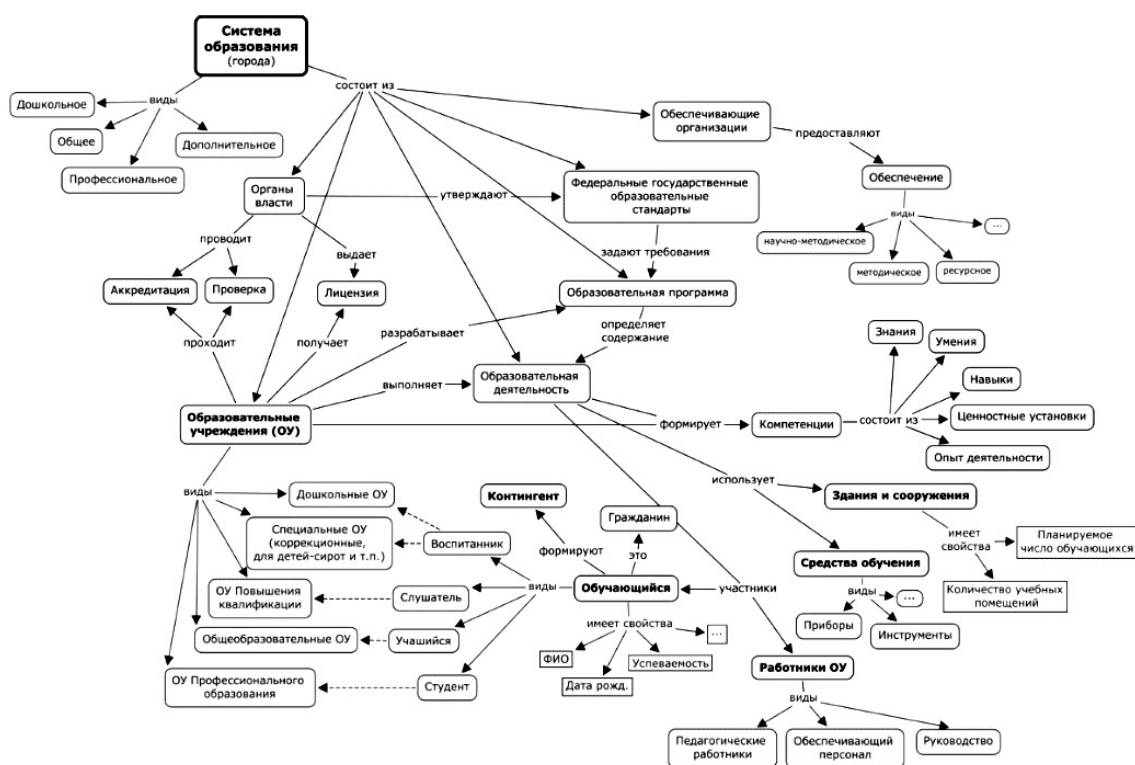


Рис. 2. Пример концептуальной карты

### 3. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ В ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТАХ

Анализируя и-карты студентов можно выделить несколько групп типичных повторяющихся ошибок. Первая группа (ошибки концептуализации) касается самого процес-

са разработки и-карты. Студентам давалось задание по созданию карты, обобщающей знания по одной из книг из списка литературы по курсу «Интеллектуальные системы».

Трудность вызвало структурирование по уровням, одной из самых распространенных ошибок стал пропуск нескольких уровней концептуализации. Это выглядит как использование чисто ассоциативных связей, которые сторонний наблюдатель не может установить. Примером этого является рис. 3, где каждый из концептов первого уровня, особенно «Неопределенности» и «Действия» связан с центральным концептом никак не напрямую.



Рис. 3. Типичная ошибка в и-карте: пропуск уровней концептуализации

Между «Искусственный интеллект» и «Действия» должен был быть размещен более общий концепт, например, «Применение», который бы включал и другие концепты.

Также студенты часто на первом уровне концептуализации использовали слишком специфичные термины, хотя должны были применять более общие. На рис. 4 концепты первого уровня «Что необходимо для внедрения управления знаниями» и «Основные должности» являются слишком конкретными.



Рис. 4. Типичная ошибка в и-карте: специфический термин на первом уровне

Кроме того, временами студенты использовали на первом же уровне концептуализации такие термины, ни значение которых, ни связь с которыми не удастся установить без специальных знаний в этой области. Например, к центральному концепту «компьютерное зрение» были привязаны концепты первого уровня: «виды камер», «гладкие по»

верхности и их контуры», «внешние элементы». Связь эта будет понятна лишь специалисту в этой области.

Вторая группа ошибок — ошибки обобщения, где одна из самых распространенных ошибок — формальное обобщение. Так, например, размещение названий глав книги в качестве концептов первого уровня является чисто формальным обобщением. Причем некоторые студенты делали это явно, приводя в концептах слово «Глава» и ее номер. Это говорит о том, что генерализация в концепты первого уровня либо не делалась совсем, либо не удавалась. В примере на рис. 5 показано множество алгоритмов, взятых в точности из названий глав книги Джонса Т. «Программирование искусственного интеллекта в приложениях».



Рис. 5. Типичная ошибка в и-карте: формальное обобщение

Как видно из рис. 5, студент привел множество различных названий алгоритмов, но они не были обобщены в, например, «Алгоритмы поиска», «Алгоритмы обучения» и др. Студент же сумел генерализовать лишь до понятия «Алгоритмы ИИ».

Также о трудностях с обобщением говорит и тот факт, что часто конструкции типа концептов «история развития», «карта леса», «зарубежные решения», объединяются более общим концептом «Семантические сети». Здесь студент провел генерализацию неким неявным образом, пропустив сразу несколько уровней. Об этом же говорит и соединение концепта «Модели управления» с более общим «Компания — создатель знания».

#### 4. О ТИПИЧНЫХ ОШИБКАХ В КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ КАРТАХ

Более показательными являются ошибки, связанные с созданием к-карт, так как здесь студентам нужно было явно описать не только понятия, но и связи (отношения) между ними.

Самая представительная группа ошибок — это ошибки отношений. Серьезной ошибкой в определении отношений является неверное применение связи АКО (от англ. «A Kind Of»), которая соединяет концепт с его родовым концептом (или категорией или классом). Причем, речь идет как о непонимании самой этой связи, так и о неверном ее установлении.

Самым ярким примером являются попытки студентов определить родовое понятие для «Электронная кожа», при построении к-карты по тексту об электронной коже. Часто они упускали природу явления, как на рис. 6.



Рис. 6. Типичная ошибка в к-карте: неверное определение родового понятия

Электронная кожа — это действительно полимерный материал, но это так же мало информативно, как если бы было написано «Стакан — АКО → стеклянное изделие».

Также студенты создавали связь «Электронная кожа — АКО → Кожа», что формально верно, но не отражает семантики. Другая распространенная ошибка — определение в качестве категории слова, которое таковым не является, как показано на рис. 7.



Рис. 7. Типичная ошибка в к-карте: недопустимое понятие в качестве категории

Использованный концепт «Робототехнический аналог» не является самостоятельным понятием. Более корректно было бы использовать «Аналог кожи», но оптимальный вариант — «Электронная кожа — АКО → Робототехническое устройство/приспособление/прибор». Следующей популярной ошибкой этой группы, является попытка студентов использовать связь «состоит из» там, где вместо этого должна быть «АКО». Например, распространенной была ошибка, представленная на рис. 8.

Здесь все перечисленное — это виды транспорта, а не его части, поэтому должна была быть использована связь АКО.

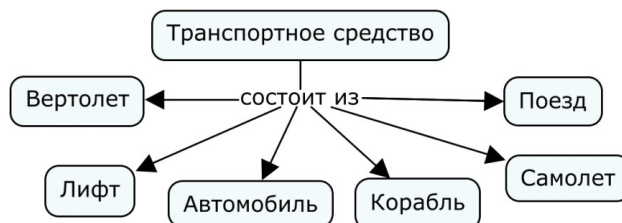


Рис. 8. Типичная ошибка в к-карте: замена связи «АКО» на «состоит из»

Также следует отметить ошибку, когда родовидовая связь «АКО», одна из основополагающих в концептуальном моделировании, подменяется атрибутивной («имеет свойство»). Так, на рис. 9 воздушный транспорт, наземный транспорт, водный и космиче-

ский, представлены не как, например, «Наземный транспорт — АКО → Транспорт», а через атрибутивную связь «имеет свойство → Среда перемещения».

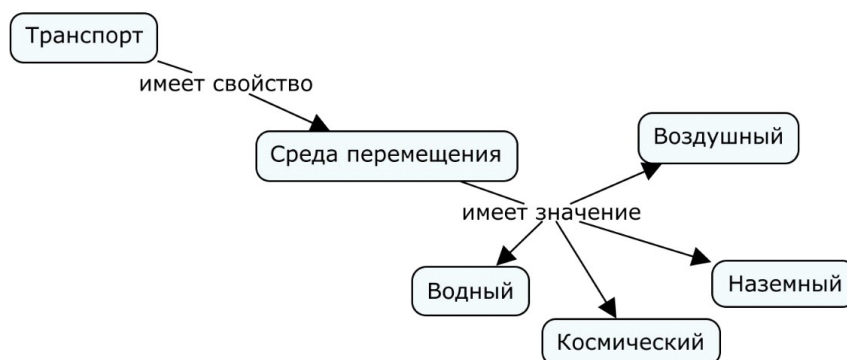


Рис. 9. Типичная ошибка в к-карте: замена родовидовой связи на атрибутивную

Аналогично студенты вместо связи АКО используют свойства «вид» и «тип», например, «Каникулы — имеет свойство → тип — имеет значение → школьные каникулы». Также для этого использовались и другие свойства: «стена — имеет свойство → назначение — имеет значение → подпорная стена».

Также распространенной ошибкой стало применение связи «имеет значение» там, где не было обозначено «имеет свойство». Например, «Транспорт — обслуживает → сфера использования — имеет значение → личное пользование». Также имела место ситуация «функционирование — имеет значение → 5 вольт».

Вторая группа ошибок — смысловые ошибки. Ошибкой является стремление дословно передать фразу вместо передачи ее смысла. В этой связи, видя слово «вдруг» во фразе «прилетит вдруг волшебник», студенты составляли связку «прилетит — имеет свойство → вдруг» либо «прилет — имеет свойство → уровень внезапности — имеет значение → вдруг». Аналогичная проблема была в передаче слова «старый»: «срок давности — имеет значение → старый».

Следующая ошибка, показанная на рис. 10, отражает непонимание связей между концептами.

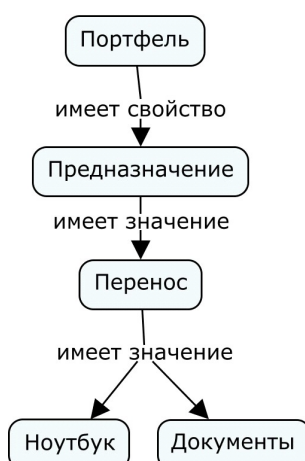


Рис. 10. Типичная ошибка в к-карте: использование неверной связи субъект-объект



Здесь вместо необходимой связи «имеет объект действия» использовано «имеет значение». Эта ошибка также не единична, что также говорит о трудностях понимания студентами субъект-объектной связи.

## 5. О ПРИЧИНАХ ОШИБОК

Основные выявленные ошибки у студентов при концептуальном моделировании проанализированы в табл. 1. Из таблицы видно, что все ошибки можно разделить на три большие группы (частично пересекающиеся). Это

- системно-аналитические ошибки, связанные с отсутствием навыков структурно-логического и абстрактного системного мышления;
- синтаксические, связанные с незнанием синтаксических правил построения концептуальных карт;
- семантические, обусловленные не глубоким пониманием природы и структуры предметной области.

Таблица 1. Интерпретация ошибок студентов

Тип ошибки	Ошибка	Вероятные причины
Системно-аналитические ошибки	пропуск нескольких уровней концептуализации	непонимание механизма определения уровней обобщения и иерархичности мышления
	неверное определение родового понятия	непонимание сути родового понятия и необходимости его определения
	использование недопустимого понятия в качестве родового	неумение определять ближайший уровень обобщения
Синтаксические ошибки	подмена связи «АКО» связью «состоит из»	непонимание разницы между разделением на части и разделением на классы
	подмена связи «АКО» атрибутивной связью	общее непонимание роли родовидовой связи в концептуальном моделировании
Семантические ошибки	использование излишне специфических терминов на первом уровне концептуализации, иногда не вполне грамотных, и формальное обобщение	недостаток знаний и глубины понимания предметной области плюс непонимание механизмов категоризации и обобщения в понятийных структурах
	неверное встраивание в карту отдельных слов (на примере «вдруг»)	нехватка знаний и умений по морфологическому и синтаксическому анализу
	использование неверной связи субъект-объект	неумение точно определить характер субъект-объектной связи, незнание ее видов

Таблица показывает, что почти все ошибки связаны с трудностями либо в операции логического обобщения (категоризации), либо в процедуре анализа.

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании данных выводов можно предложить ряд методических дополнений к программе читаемых курсов «Инженерия знаний» и «Интеллектуальные системы». Среди них можно обозначить следующие:

1. Студентам технических специальностей необходимо включение в программу курсов по инженерии знаний модуля «Системное мышление» и «Основы когнитивной психологии».
2. Также целесообразно проведение тренинга использования визуальных средств моделирования знаний в различных областях, включая применение их за пределами образовательной программы и профессиональной сферы.
3. Несколько занятий нужно выделять исключительно для контроля и развития навыков обобщения у студентов. Для этого должны быть использованы упражнения на развитие навыков нахождения родового концепта, а также на построение связей (отношений) между концептами.

При методически верной проработке данных вопросов можно ожидать повышение качества усвоения навыков концептуального моделирования.

## 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время активно развиваются несколько проектов по формированию профессиональных стандартов для массовых и востребованных специализаций в области ИТ, описывающих должности, профессиональные компетенции, требования к уровням образования, стажу работы и сертификации в соответствии с квалификационными уровнями [3]. Несмотря на наличие множества стандартов в области информационных технологий, специальность аналитика или инженера по знаниям ближе всего приближается к профессиональному стандарту «Системный аналитик». Однако, «Системный аналитик» ориентирован на синтез программных систем, а в области интеллектуальных систем необходимо глубокое понимание и декомпозиция знаний предметной области, что несколько смещает и расширяет область компетенций.

В то же время, визуализация сегодня становится мощным трендом во всех разделах наук о данных и знаниях (data and knowledge science). Визуальные спецификации в форме и-карт и к-карт могут использоваться не только при учебной разработке баз знаний. Они широко используются в обучающих системах (E-learning) и в традиционном обучении в классе. И студенты, и преподаватели могут применять такие карты в качестве инструментов для оценки изменений, произошедших в их мышлении. Козма [22], один из разработчиков программы организации к-карт — Learning Tool, считает, что эти средства являются инструментами познания (mind tool), усиливающими и расширяющими познания человека. Разработка визуальных концептуальных моделей требует от обучающихся:

- навыков системного мышления;
- навыков описания понятий и связей между ними;
- глубокого понимания предметной области, что способствует лучшему запоминанию и извлечению из памяти знаний, а также повышает способности применять знания в новых ситуациях;
- способности связывания новых понятий с существующими понятиями и представлениями для улучшения понимания.

Полезность к-карт, пожалуй, лучше всего демонстрируется их возможностью отображать формы мышления высшего порядка. Их применяют для формальных обоснований и для аргументации высказываний в [19, 23, 27] и при обучении химии, биологии и другим дисциплинам. Также было показано, что к-карты полезны в программной инженерии [10] при описании процессов проведения научных исследований [20, 25]. Другим

применением концептуального моделирования может служить тематическое хранение и работа с учебными материалами в системах дистанционного обучения (например, система ECOLE, где используются онтологии, которые являются также результатом концептуального моделирования [16]).

Разделы инженерии знаний с учетом анализа типичных ошибок студентов, описанных в данной статье, могли бы существенно обогатить набор компетенций как студентов-программистов, так и студентов многих других направлений, так как в современном информационном пространстве от перегрузок страдают все. А визуальное структурирование — один из мощных инструментов компрессии информации — является предварительным этапом в концептуальном моделировании, необходимым для разработки сложных систем, основанных на знаниях.

### Список литературы

1. Бьюзен Т., Бьюзен Б. Супермышление. Минск: Белорусский дом печати, 2002.
2. Бьюзен Т., Гриффитс К. Интеллект-карты для бизнеса. Минск: Попурри, 2011.
3. Волков А.И., Рейнгольд Л.А., Рейнгольд Е.А. Профессиональные стандарты в области ИТ как фактор технологического и социального развития // Прикладная информатика, 2015. Т. 10, № 2. С. 37–48.
4. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. СПб: Издательство «Лань», 2016.
5. Гаврилова Т.А., Лещева И.А. Системный взгляд на подготовку инженеров по знаниям и бизнес-аналитиков // Труды 14-ой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ–2014, Смоленск, 2016. С. 16–23.
6. Гаврилова Т.А., Лещева И.А., Страхович Э.В. Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании // Вестник СПбГУ, серия «Менеджмент», 2011. № 4. С. 125–151.
7. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем // СПб: Питер, 2000.
8. Загоруйко Ю.А., Загоруйко Г.Б., Кравченко А.Ю., Сидорова Е.А. Разработка системы поддержки принятия решений для нефтегазодобывающего предприятия // Труды 12-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ–2010, М.: Физматлит, 2010. № 3. С. 137–145.
9. Кобринский Б.А., Зарубина Т.В. Медицинская информатика. М.: Академия, 2007.
10. Кознов Д.В. Программная инженерия и визуальное моделирование: воспитание культуры работы с информацией // Программная инженерия, 2015. № 10. С. 3–11.
11. Костырко А., Кудрявцев Д., Григорьев Л., Кислова В., Жулин А., Синятуллина Л., Ермаков Р. Моделирование комплексов городского хозяйства для системного развития ИКТ города / Сборник трудов конференции «Инженерия знаний и технологии семантического веба — 2012». СПб: Издательство СПбГУ ИТМО, 2012. С. 81–88.
12. Кудрявцев Д., Гаврилова Т. Ошибки в концептуальном моделировании / Четвёртая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: в 2 т. Томск, 2010. С. 362–364.
13. Минский М.Л. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979.
14. Муромцев Д.И. Концептуальное моделирование знаний в системе Cmap Tools. СПб: ИТМО, 2009.
15. Романовский К.Ю., Кознов Д.В. Язык DRL для проектирования и разработки документации семейств программных продуктов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления, 2007. № 4. С. 110–122.
16. Стафеев С.К., Муромцев Д.И., Козлов Ф.А. ECOLE — семантический агрегатор открытых образовательных ресурсов // Компьютерные инструменты в образовании, 2015. № 1. С. 48–60.
17. Ausubel D.P. Educational psychology: A cognitive view. Holt, Rinehart and Winston: New York, 1968.
18. Casas A.J., Hill G., Lott J. Support for constructing knowledge models in CmapTools // Technical Report IHMC. Pensacola, FL. Institute for Human and Machine Cognition 2, 2003.

19. *Eppler M.J.* A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing // *Information visualization*, 2006. № 5(3). P. 202–210.
20. *Goldsmith T.E., Johnson P.J., Acton W.H.* Assessing structural knowledge // *Journal of Educational Psychology*, 1991. № 83. P. 88–96.
21. *Kinchin I.M., Hay D.B., Adams A.* How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development // *Educational research*, 2000. № 42(1). P. 43–57.
22. *Kozma R.B.* Constructing knowledge with learning tool // In P. Kommers, D. Jonassen, A T. Mayes (Eds.). *Cognitive tools for learning*. Berlin. Springer-Verlag, 1992. P. 23–32.
23. *Mikulesky L.* Development of interactive computer programs to help students transfer basic skills to college level science and behavioral sciences courses. Bloomington IN. Indiana University, 1988.
24. *Novak J.* Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education // *Instructional Science* 19, 1990. P. 29–52.
25. *Novak J.* *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Routledge, 2010.
26. *Novak J. Sacas A.* The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical Report IHMC Cmap. 1, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2006 // URL: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf> (дата обращения: 13.01.17).
27. *Schlenker D., Abegg G.* Scoring student-generated concept maps in introductory college chemistry // Paper presented at the annual meeting of National Association for Research in Science Teaching. Lake Geneva, 1991.

Поступила в редакцию 10.11.16, окончательный вариант — 12.12.16.

---

Computer tools in education, 2016

№ 6: 42–54

<http://ipo.spb.ru/journal>

## AN ANALYSIS OF STUDENTS' ERRORS IN VISUAL KNOWLEDGE STRUCTURING

Gavrilova T.A.<sup>1</sup>, Onufriev V.A.<sup>1</sup>

### Abstract

This paper presents the most common students' faux pas in visual knowledge structuring and explores some theoretical issues of concept mapping and mind mapping. These errors are caused both by lack of system thinking skills and methodological mistakes of educators. The total sample was taken from the learning exercises of 5-th year students that studied the courses of "Intelligent systems" and "Knowledge engineering" in Saint-Petersburg Polytechnic University. The paper concludes with an exploration of the topics necessary and sufficient for the realization of improved practices in educational design for future curricula of teaching programs.

**Keywords:** *knowledge engineering, knowledge modelling, mind maps, concept maps, system thinking, modelling mistakes.*

**Citation:** Gavrilova, T. & Onufriev, V., 2016. "Analiz oshibok studentov pri vizual'nom strukturirovanii znanii" ["An Analysis of Students' Errors in Visual Knowledge Structuring"], *Computer tools in education*, no. 6, pp. 42–54.

*Received 10.11.16, the final version — 12.12.16.*

**Tatiana A. Gavrilova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Information Technologies in Management Department Graduate School of Management, St. Petersburg State University; 199004 St. Petersburg, Volkovsky Pereulok, 3, [gavrilova@gsom.pu.ru](mailto:gavrilova@gsom.pu.ru)**

**Vadim A. Onufriev, Ph.D., associate professor of High School of Cyberphysical and control systems, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, [ovavadim@gmail.com](mailto:ovavadim@gmail.com)**

---

---



Наши авторы, 2016.

Our authors, 2016.

**Гаврилова Татьяна Альбертовна,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующая кафедрой информационных  
технологий в менеджменте  
Высшей школы менеджмента СПбГУ;  
199004 Санкт-Петербург, Волховский пер. 3,  
[gavrilova@gsom.pu.ru](mailto:gavrilova@gsom.pu.ru)**

**Онуфриев Вадим Александрович,  
кандидат технических наук, доцент  
Высшей школы Киберфизических систем  
и управления СПбГПУ,  
[ovavadim@gmail.com](mailto:ovavadim@gmail.com)**