

Оценка когнитивной эргономичности онтологии на основе анализа графа¹

Аннотация. В статье рассматривается вопрос оценки качества онтологий. Приведена классификация существующих методов оценки онтологий и предложена модель оценки воспринимаемости онтологий человеком с когнитивной точки зрения. Кроме того, предложен вариант автоматизации оценки когнитивной эргономичности на основе анализа графа.

Ключевые слова: Онтологический инжиниринг, оценка онтологий, инженерия знаний.

Введение

Вопросом оценки качества создаваемых онтологий является одной из актуальных проблем современного онтологического инжиниринга. Эта часть процесса разработки онтологий важна в практическом плане, и это является причиной того, что разными группами ученых разработано множество различных подходов в области оценки онтологий. В настоящее время известно более десятка методов, и задача выбора подходящей методики для решения конкретной задачи становится все более сложной.

Хорошие обзоры этих существующих методов и подходов в оценке онтологий изложены в работах [11, 6]. Качественные критерии оценки с позиций гештальт-психологии предложены в работах Гавриловой [2, 3].

Обобщенный взгляд на существующие подходы предлагает модель классификации методов оценки онтологий на Рис. 1 [4].

Существующие методы оценки онтологий ставят перед собой одну из следующих целей:

- Полнота и точность словаря предметной области. Такую задачу решают подходы, описанные в работах [14] и [7].
- Адекватность структуры с точки зрения таксономии, отношений и т.п. Наиболее известна в этом отношении формальная онтоло-

гия метасвойств OntoClean [10]. Другие методы изложены в статьях [7, 17, 14].

- Воспринимаемость (с когнитивной точки зрения). Гештальт-подход описан в работе [9]. Внимание этому аспекту уделено также в работе [8].
- Производительность при использовании в приложениях [16].
- Выбор лучшей онтологии из нескольких имеющихся. Как правило, такие работы используют различные метрики, например Ontometric [13].

Оценка онтологий может применяться на разных стадиях разработки и использования онтологий. Возможны указанные ниже варианты:

- Разработка и прототипирование [10].
- Тестирование перед выпуском [13].
- Использование [16].

По степени автоматизации все методы оценки онтологий можно разделить на три группы:

1. Автоматические. Например, EvaLexon [17].
2. Полуавтоматические [8].
3. Ручные [13].

Объектами для анализа у существующих методов могут быть один или несколько из перечисленных ниже объектов:

4. Структура [8].
5. Словарь [7].

¹ Работа частично поддержана грантами РФФИ и грантом СПбГУ

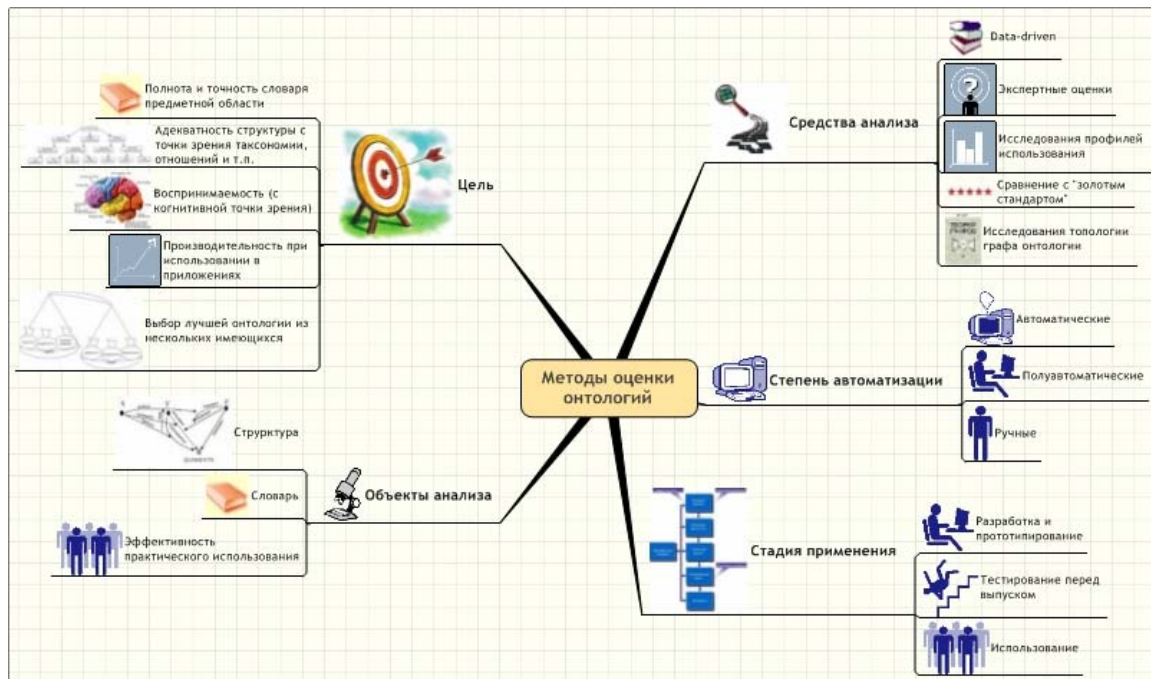


Рис.1. Модель классификации методов оценки онтологий

6. Эффективность практического использования [16].

По средствам, используемым для анализа качества и зрелости онтологий, методы можно разделить на несколько классов:

7. Основанные на данных (Data-driven) [7].
8. Экспертные оценки [13].
9. Исследования профилей использования [16].
10. Сравнение с "золотым стандартом" [14, 17].
11. Исследования топологии графа онтологии [5, 8].

Вопросы, относящиеся к когнитивной эргономике при оценке онтологий, рассматриваются в работах [9] и [8]. Первая из этих работ послужила отправной точкой для формирования принципов, лежащих в основе восприимчивости онтологий, изложенных ниже. Во второй работе предлагается несколько метрик, которые могут использоваться для оценки когнитивной эргономичности.

С точки зрения данной на Рис. 1 классификации предлагаемый в работе метод оценки можно описать следующим образом:

- Цель: оценка восприимчивости (с когнитивной точки зрения), выбор лучшей онтологии из нескольких имеющихся.
- Объект анализа: структура онтологии.
- Средство анализа: анализ топологии графа онтологии.

- Степень автоматизации: автоматический, полуавтоматический (окончательное решение принимает эксперт на основе посчитанной автоматически модели).

- Стадия применения: разработка и прототипирование (подсчет может производиться на каждой следующей итерации разработки), тестирование перед выпуском.

1. Исследования качества онтологий на основе анализа графа

Подход к оценке качества на основе топологии графа онтологии использован в работах [5,8].

Во второй работе приводится достаточно много метрик, используемых для анализа качества онтологии, часть из которых рассчитывается на основе топологии графа онтологии. Приведем здесь те из них, которые относятся к метрикам когнитивной эргономичности (в контексте этих метрик будем далее рассматривать только is-A дуги в качестве ребер графа):

Глубина онтологии. Gangemi выделяет три метрики для подсчета глубины:

- Абсолютная глубина. Вычисляется как сумма длин всех путей графа (где путем называется любая последовательность соединенных между собой вершин, начи-

нающаяся от корневой вершины и заканчивающаяся листом графа).

- Средняя глубина. Равняется абсолютной глубине деленной на количество путей в графе.
- Максимальная глубина. Равняется максимальной длине пути.

Чем больше глубина, тем труднее граф поддается восприятию.

Ширина онтологии.

- Абсолютная ширина. Равняется сумме количества вершин для каждого уровня иерархии по всем уровням.
- Средняя ширина. Вычисляется как абсолютная ширина, деленная на количество уровней иерархии.
- Максимальная ширина. Равняется количеству вершин на самом большом по количеству вершин уровне.

Чем она меньше, тем лучше с точки зрения когнитивной эргономики.

Запутанность онтологии (tangledness). Определяется как количество вершин графа онтологии, деленное на количество вершин, у которых есть несколько непосредственных суперклассов. Таким образом, в онтологиях, где нет множественного наследования (связи is-A), эта метрика будет равняться нулю. Чем меньше итоговое значение, тем лучше онтология с точки зрения когнитивной эргономики.

Отношение количества классов к количеству свойств. Чем больше, тем легче воспринимать онтологию.

Количество анонимных классов. Для улучшения воспринимаемости, лучше минимизировать их число.

Несмотря на полезность этих метрик, они покрывают лишь очень небольшую часть факторов, влияющих на наше восприятие и способность к запоминанию. В следующем разделе изложены принципы, влияющие на когнитивные способности человека, которые легли в основу предлагаемой модели метрик.

2. Принципы, лежащие в основе оценки когнитивной эргономичности

Основные принципы оценки визуальной воспринимаемости и понятности онтологий изложены в работах [2, 3, 9]. В их основе лежат взгляды Макса Вертгеймера в области гештальт-

психологии [1]. Он рассматривал все задачи с точки зрения незавершенности или несовершенства структуры. Так основной принцип хорошего гештальта (хорошей формы) или закон прегнантности был сформулирован так:

«Организация любой структуры в природе или в сознании должна быть настолько хороша (регулярна, полна, сбалансирована или симметрична), насколько позволяют существующие условия».

Также полезными могут и другие когнитивно-перцептивные принципы:

- **Закон близости** – визуальные стимулы (объекты), находящиеся *близко* друг от друга воспринимаются как единое *целое*.

- **Закон сходства** – вещи, обладающие *одинаковыми свойствами*. Обычно воспринимаются как нечто *единое* (цельное).

- **Закон включения В.Келера** – есть тенденция воспринимать только большую фигуру, а не ту меньшую которую она включает.

- **Закон парсимонии** – самый простой пример является самым лучшим, известен как принцип «бритвы Оккама»: «не нужно умножать сущности без необходимости».

Для целей онтологического инжиниринга эти законы можно переформулировать и сделать применимыми для практического инженера по знаниям. Основная гипотеза может быть сформулирована как: «*Гармония = концептуальный баланс + ясность*».

При этом концептуальный баланс подразумевает, что

- Понятия одного уровня иерархии связываются с родительским концептом одним и тем же типом отношения (например, «класс-подкласс» или «часть-целое»).

- Глубина ветвей онтологического дерева должна быть примерно одинаковая (± 2).

- Общая картинка должна быть довольно симметричной.

- Перекрестные ссылки должны быть по возможности исключены.

Ясность включает

- Минимизацию. Так максимальное число концептов одного уровня или глубина ветви не должна превышать знаменитое число Ингве-Миллера (7 ± 2) [15].

- Прозрачность для чтения. Тип отношений должен быть по возможности очевиден, так

чтобы не перегружать схему онтологии лишней информацией и опускать названия отношений.

Полученная в данной работе модель оценки качества онтологии основана на принципах, изложенных выше, и во многом является их формализацией. Целью применения модели является оценка сбалансированности и воспринимаемости онтологий пользователями.

3. Модель оценки качества онтологии с точки зрения когнитивной эргономики

На качество онтологии с когнитивной точки зрения влияют множество аспектов, многие из которых описаны в предыдущем разделе. Предлагаемая модель оценки состоит из нескольких метрик, на основе измерения которых, можно сделать некоторые выводы о качестве онтологий. Они рассмотрены ниже.

Примем следующие обозначения:

- g – граф, представляющий онтологию. Концепты (классы и экземпляры) онтологии являются вершинами графа, отношения между концептами представлены в виде ребер графа

- G – множество всех вершин графа g
- E – множество всех ребер графа g

3.1. Метрики циклов

Наличие циклов не помогает восприятию. Желательно, чтобы их не было вообще. Ниже приводятся две метрики для измерения степени цикличности графа:

- Количество различных циклов в графе. В хорошей онтологии оно должно быть равно нулю.
- Количество вершин, входящих в какой-нибудь цикл деленное на количество вершин в графе. Чем значение этой метрики меньше, тем лучше для онтологии, оптимальное значение равно нулю.

$$m = \frac{N_{\text{цикл}}}{n_G}$$

Где n_G — количество вершин графа, C — множество вершин графа, входящих в хотя бы один цикл, $N_{\text{цикл}}$ — количество вершин графа, входящих в какой-нибудь цикл.

3.2. Метрики Ингве-Миллера

Основная идея этих метрик в том, что количество связей у одного концепта не должно

превышать 7 ± 2 [15]. Таким образом, будем называть вершинами с нормальной степенью (степень вершины — количество дуг, для которых она является концевой) вершины, у которых суммарное число входящих и исходящих ребер не превышает 9. Предлагаются следующие метрики Ингве-Миллера:

- Отношение количества вершин с нормальной степенью по отношению ко всем вершинам. Чем ближе оно к 1, тем лучше онтология с точки зрения когнитивной эргономики.

$$m = \frac{N_{\text{внГД}}}{n_G}$$

Где n_G — количество вершин графа, $\text{ГД} = \{v \in G | \deg(v) \leq 9\}$ — множество вершин с нормальной степенью, $N_{\text{внГД}}$ — количество вершин графа с нормальной степенью

- Средняя степень вершины графа.

$$m = \frac{\sum_{v \in G} \deg(v)}{n_G} = \frac{2 * n_E}{n_G}$$

Где $\sum_{v \in G} \deg(v)$ — сумма всех степеней вершин графа, n_E — количество ребер графа.

- Медиана степени вершины графа.

$$m = \overline{\deg(v)}$$

Где $\overline{\deg(v)}$ — медиана степени вершины графа (возможное значение степени вершины графа, которое делит ранжированную совокупность вершин графа на две равные части: 50 % «нижних» единиц ряда данных будут иметь значение степени вершины не больше, чем медиана, а «верхние» 50 % — значения степени вершины не меньше, чем медиана).

- 90%-line степени вершины графа.

$$m = P_{90}(\deg(v))$$

Где $P_{90}(\deg(v))$ — 90-я процентиль степени вершины графа (возможное значение степени вершины графа, которое не превышает степени 90% вершин графа).

- Среднее квадратичное отклонение степени вершины графа.

$$m = \frac{\sum_{v \in G} (\deg(v) - \frac{\sum_{v \in G} \deg(v)}{n_G})^2}{n_G - 1} = \frac{\sum_{v \in G} (\deg(v) - \frac{2 * n_E}{n_G})^2}{n_G - 1}$$

3.3. Метрики разнообразия количества связей

Чем больше различных типов связей используется в онтологии, тем сложнее она для восприятия. Многие виды онтологии (генеалогии, например), строятся на одном типе связи. Но

иногда встречается несколько типов связей и в этом случае влияние на восприятие можно оценить следующим образом:

- Количество различных типов связей в графе.

$$m = N_{\text{typeTE}}$$

Где $\text{TE} = \{\text{type}(e) | e \in E\}$ — множество всех типов связей графа, N_{typeTE} — количество различных типов связей.

- Нормированное количество различных типов связей, т.е. количество различных типов связей, деленное на количество концептов (вершин графа).

$$m = \frac{N_{\text{typeTE}}}{n_G}$$

3.4. Метрики разнообразия типов связей концептов

Преимущественно у вершин желателен одинаковый тип исходящих связей и одинаковый тип входящих связей. Этот принцип можно измерить следующими метриками:

- Количество вершин с разными типами исходящих связей по отношению ко всем вершинам графа:

$$m = \frac{N_{\text{typeVD}}}{n_G}$$

Где $\text{VD} = \{v \in G | N_{\text{type}(e_v)} > 1\}$ — множество всех вершин графа, с разными типами исходящих связей, $\text{type}(e_v)$ — множество типов исходящих из вершины v связей.

- Количество вершин с разными типами входящих связей по отношению ко всем вершинам графа.

$$m = \frac{N_{\text{typeVB}}}{n_G}$$

Где $\text{VB} = \{v \in G | N_{\text{type}(e_v)} > 1\}$ — множество всех вершин графа, с разными типами входящих связей, $\text{type}(e_v)$ — множество типов входящих в вершину v связей.

- Среднее число типов входящих связей вершины графа.

$$m = \frac{\sum_{v \in G} N_{\text{type}(e_v)}}{n_G}$$

- Среднее число различных типов исходящих связей вершины графа.

$$m = \frac{\sum_{v \in G} N_{\text{type}(e_v)}}{n_G}$$

3.5. Метрики глубины

Если длины различных путей в графе сильно отличаются, то это вредит сбалансированности онтологии и качеству ее восприятия. Для измерения показателей, связанных с глубиной графа предлагаются следующие метрики:

- Метрики глубины, предложенные в работе [8]:

- Абсолютная глубина.

$$m = \sum_j^P N_{j \in P}$$

Где $N_{j \in P}$ — длина каждого пути j из множества путей P графа g .

- Средняя глубина.

$$m = \frac{1}{n_{P \in g}} \sum_j^P N_{j \in P}$$

Где $N_{j \in P}$ — длина каждого пути j из множества путей P графа g , $n_{P \in g}$ — количество всех путей.

- Максимальная глубина.

$$m = N_{j \in P} \\ \forall i (N_{j \in P} \geq N_{i \in P})$$

Где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ — длины пути j и i из множества путей P графа g .

- Минимальная глубина.

$$m = N_{j \in P} \\ \forall i (N_{j \in P} \leq N_{i \in P})$$

Где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ — длины пути j и i из множества путей P графа g .

- Медиана глубины.

$$m = \overline{N_{j \in P}}$$

Где $\overline{N_{j \in P}}$ — медиана глубины графа (возможное значение глубины графа, которое делит ранжированную совокупность путей графа на две равные части: 50 % «нижних» единиц ряда данных будут иметь значение длины пути не больше, чем медиана, а «верхние» 50 % — значения длины пути не меньше, чем медиана).

- 90% line глубины.

$$m = P_{90}(N_{j \in P})$$

Где $P_{90}(N_{j \in P})$ — 90-я процентиль глубины графа (возможное значение длины пути графа, которое не превышает длины 90% путей графа).

- Среднее квадратичное отклонение глубины.

$$m = \frac{\sum_j^P (N_{j \in P} - \frac{\sum_j^P N_{j \in P}}{n_{P \in g}})^2}{n_{P \in g} - 1}$$

- Среднее квадратичное отклонение глубины по отношению к средней глубине

$$m = \frac{\frac{\sum_j^p (N_{j\in g} - \frac{\sum_j^p N_{j\in g}}{n_{p\in g}})^2}{n_{p\in g} - 1}}{\frac{\sum_j^p N_{j\in g}}{n_{p\in g}}}$$

3.6. Метрики ширины

Метрики ширины относятся к количеству вершин в уровнях (поколениях) графа, где в качестве дуг рассматриваются только дуги отношения is-a (или другое отношение, в случае, когда оно является основным в онтологии, например, part-of в партономиях). Приводимые ниже метрики также позволяют экспертам некоторые выводы о сбалансированности онтологии.

- Метрики ширины, предложенные в работе [8]:

- Абсолютная ширина.

$$m = \sum_j^L N_{j\in g}$$

Где $N_{j\in g}$ — количество вершин на уровне j из множества уровней L графа g .

- Средняя ширина.

$$m = \frac{1}{n_{L\in g}} \sum_j^L N_{j\in g}$$

Где $N_{j\in g}$ — длина количество вершин на уровне j из множества уровней L графа g , $n_{L\in g}$ — количество всех уровней графа (максимальная глубина графа, увеличенная на 1, если рассматривать только выбранное доминирующее отношение).

- Максимальная ширина.

$$m = N_{j\in g} \quad \forall (N_{j\in g} \geq N_{i\in g})$$

Где $N_{j\in g}$ и $N_{i\in g}$ — количества вершин уровней j и i из множества уровней L графа g .

Для остальных метрик ширины, разумнее с точки зрения когнитивной эргономики рассматривать не ширину каждого конкретного уровня, а ее отношение с соседними уровнями.

- Среднее отношение ширины соседних уровней.

$$m = \frac{1}{n_{L\in g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L\in g}} \frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}}$$

Где $N_{i\in g}$ — количества вершин на уровне i графа g .

- Максимальное отношение ширины соседних уровней.

$$m = \frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}} \quad \forall k (\frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}} \geq \frac{N_{k\in g}}{N_{k-1\in g}})$$

Где $N_{i\in g}$ — количества вершин на уровне i графа g .

- Медиана отношения ширины соседних уровней.

$$m = \frac{\overline{N_{i\in g}}}{N_{i-1\in g}}$$

Где $\frac{\overline{N_{i\in g}}}{N_{i-1\in g}}$ — медиана отношения ширины соседних уровней (возможное значение отношения ширины соседних уровней графа, которое делит ранжированную совокупность отношений ширины на две равные части: 50 % «нижних» единиц ряда данных будут иметь значение отношения ширины не больше, чем медиана, а «верхние» 50 % — значения отношения ширины не меньше, чем медиана).

- 90% line глубины.

$$m = P_{90}(\frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}})$$

Где $P_{90}(\frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}})$ — 90-я процентиль отношения ширины соседних уровней графа (возможное значение отношения ширины графа, которое не превышают 90% отношений ширины соседних уровней графа).

- Среднее квадратичное отклонение отношения ширины соседних уровней.

$$m = \frac{\sum_{i=2}^{n_{L\in g}} (\frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}} - \frac{1}{n_{L\in g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L\in g}} \frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}})^2}{n_{L\in g} - 1}$$

- Среднее квадратичное отклонение отношения ширины соседних уровней графа по отношению к средней отношению ширины соседних уровней.

$$m = \frac{\frac{\sum_{i=2}^{n_{L\in g}} (\frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}} - \frac{1}{n_{L\in g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L\in g}} \frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}})^2}{n_{L\in g} - 1}}{\frac{1}{n_{L\in g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L\in g}} \frac{N_{i\in g}}{N_{i-1\in g}}}$$

3.7. Метрики запутанности (tangledness) графа

Чем чаще множественное наследование используется в онтологии, тем хуже она с точки зрения когнитивной эргономики. Для того чтобы оценить степень его использования, предлагаются следующие метрики (в данном разделе мы опять рассматриваем только часть графа с is-a отношениями):

- Количество вершин с множественным наследованием по отношению ко множеству всех вершин графа (в работе [8] дается обратное соотношение, что менее удобно, т.к. значение целевой функции не лежит в интервале $[0,1]$).

$$m = \frac{N_{v \in MI}}{n_G}$$

Где $MI = \{v \in G | \exists a_1, a_2 (isa(v, a_1) \wedge isa(v, a_2))\}$ — множество всех вершин графа, с более, чем одной входящей дугой отношения is-a, $N_{v \in MI}$ — количество всех элементов этого множества.

- Среднее количество родительских вершин у вершины графа

$$m = \frac{1}{n_G} \sum_v N_{S_v}$$

Где $S_v = \{a \in G | isa(v, a)\}$ — множество всех родителей вершины v , N_{S_v} — количество всех родительских вершин вершины v .

3.8. Метрики измерения ветвистости (fan-outness) графа

Позволяют оценивать «распределение» вершин графа, в котором в качестве дуг рассматриваются только дуги отношения is-a (или другое отношение, в случае, когда оно является основным в онтологии). Можно разделять внутреннюю ветвистость, и ветвистость у листьев графа. Достаточно много метрик ветвистости предложено в работе [Gangemi, 2005]. Ниже представлены метрики ветвистости, предлагаемые в качестве дополнения авторами:

- Количество вершин, у которых есть и листья и нелистовые ноды в качестве детей, по отношению ко всем кол-ву вершин у которых есть листья среди детей.

$$m = \frac{N_{v \in SLEAF \cap SLEAF}}{N_{v \in SLEAF}}$$

Где $SLEAF \cap SLEAF$ — множество всех вершин, которые являются одновременно и родителями листьев графа и родителями внутренних вершин, $N_{v \in SLEAF \cap SLEAF}$ — количество таких вершин; $SLEAF$ — множество всех вершин, у которых среди детей есть листья графа, $N_{v \in SLEAF}$ — количество таких вершин.

- Минимальное количество детей-листьев у предпоследних вершин в графе.

$$m = N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF} \\ \forall j (N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF} \leq N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF})$$

Где $N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF}$ — количество листьев набора j , имеющих общего родителя.

- Среднее квадратичное отклонение детей-листьев у предпоследних вершин в графе.

$$m = \frac{\sum_{j \in SLEAF} (N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF} - \frac{\sum_{j \in SLEAF} N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF}}{n_{SLEAF}})^2}{n_{SLEAF} - 1}$$

Где n_{SLEAF} — количество всех наборов листьев, имеющих общего родителя, $N_{j \in SLEAF}^{j \in SLEAF}$ — количество листьев в группе детей, имеющих общую родительскую вершину.

Основным преимуществом всех представленных выше метрик, является возможность их автоматического вычисления на основе анализа графа онтологии. Основная модель их использования следующая:

1. Эксперт выбирает метрики, которые считает существенными для принятия решения о качестве онтологии

2. Метрики вычисляются

3. Для некоторых метрик срабатывают триггеры, указывающие на проблемы онтологии с точки зрения когнитивной эргономики

4. Для остальных метрик эксперт анализирует результаты всех метрик в совокупности и принимает решение об окончательной оценке качества.

4. Инструментарий автоматического расчета метрик модели

Существенная особенность всех рассматриваемых выше метрик — возможность их автоматического вычисления. Это может серьезным образом упростить работу эксперта при оценке онтологий с большим количеством концептов (если в онтологии меньше 50 концептов, то опытный эксперт может ее оценить практиче-

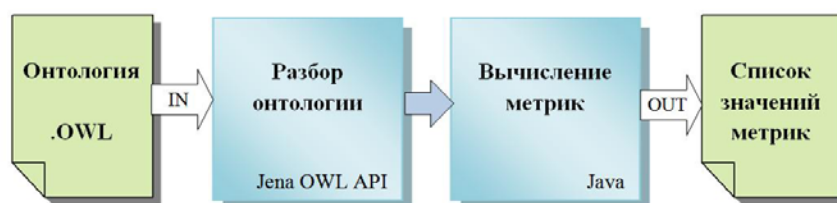


Рис.2. Архитектура инструмента ОСА

ски одним взглядом с точки зрения когнитивной эргономичности).

Авторами был разработан инструмент ОСА (Ontology Cognitive Assessment) автоматической оценки когнитивной эргономичности онтологий. В первой, существующей на данный момент, версии ОСА предполагаемая функциональность реализована частично. Из выше перечисленных метрик инструмент подсчитывает предложенные Gangemi в работе [8] метрики глубины, ширины, запутанности и ветвистости графа, метрики Ингве-Миллера, а также осуществляется проверка на наличие циклов. Остальные метрики из перечисленных ранее планируются реализовать в ближайшей версии ОСА.

Кроме непосредственного вычисления метрик у пользователя ОСА есть возможность получить информацию об этих метриках, их назначении и трактовке значений из встроенного в инструменте словаря.

Инструмент ОСА на данном этапе реализован в виде консольного приложения на языке Java. Поддерживаются онтологии в формате OWL, работа с которыми в программе осуществляется с помощью Jena Semantic Web Framework [12] – библиотеки Java классов для работы с RDF и OWL онтологиями. Затем онтология передается в объекты, полями которых являются значения метрик, которые вычисляются по мере необходимости. Архитектура инструмента представлена на Рис. 2. При расчете некоторых метрик используются уже ранее подсчитанные значения других метрик, поэтому общая сложность расчета метрик не будет равняться сумме сложностей расчета каждой метрики в отдельности. Этот факт приобретает существенное значение при значительных размерах онтологий, так как сложность вычисления метрик увеличивается с ростом числа элементов онтологии.

После запуска ОСА для указанной онтологии в текущей версии вычисляются все реализованные метрики, выводятся их значения, и уже эксперт выносит решение о качестве предложенной онтологии. В следующей версии планируется

добавить возможность выбора вычисляемых метрик для оценки онтологии лишь по выбранным параметрам. Также добавить функцию анализа полученных значений с последующим вынесением решения о качестве рассматриваемой онтологии. Более того, на основе результата анализа будет возможно выявить узкие места онтологии, указав конкретные вершины, и дать советы, что следует в них изменить с целью повышения когнитивной эргономичности всей онтологии. Затем возможно будет добавить функцию сравнения двух версий одной онтологии с выявлением тех её мест, в которых произошло ухудшение, опять же с вынесением предложений по улучшению.

Кроме того, возможна интеграция в приложение по разработке онтологий, для вычисления метрик на каждом этапе разработки, с целью оценки проделанной на данный момент работы.

5. О практическом использовании модели

Предложенные метрики могут выступать как дополнительные и помогут экспертам в оценке качества онтологий в совокупности с другими метриками. В некоторых случаях предложенная в статье модель не применима, т.к. нет необходимости оценивать когнитивную эргономичность онтологии. Например, если важна только вычислительная эффективность, и с создаваемой онтологией будут иметь дело только программы, а не люди.

Кроме того, при использовании предложенной модели важно, чтобы были образцы для сравнения (хотя есть и метрики, для которых есть рекомендуемые абсолютные границы значений, которые желательно соблюдать при создании онтологий). Обычно такие примеры имеются, т.к. процесс разработки онтологий, как правило, итеративный. Предложенная модель оценки может помочь понять, что следует изменять в описании предметной области, чтобы оно стало лучше с точки зрения когнитивной эргономики. Таким образом, каждая сле-

дующая версия онтология будет лучше и быстрее восприниматься ее пользователями.

Модель также можно применять для оценки онтологий одной и той же предметной области, сделанных разными людьми/командами. Посчитанные метрики помогут понять, какая из них лучше с точки зрения когнитивной эргономики и сделать выбор в пользу одной из них в случае, если оценки других важных критериев отличаются принципиально.

Заключение

Оценка когнитивной эргономичности онтологий важна в случаях, когда онтология предназначена для обучения и для передачи знаний. При этом существующие на сегодняшний день модели оценки онтологий не позволяли в полной мере произвести их анализ с точки зрения качества и скорости ее восприятия людьми. Предлагаемая модель позволяет восполнить этот пробел.

Большая часть метрик, используемых в ее рамках, может считаться автоматически, что существенно уменьшает нагрузку на эксперта, принимающего решение об итоговой оценке качества онтологий.

Предложенная модель также позволяет разработчикам онтологий понимать, улучшается ли их онтология с точки зрения когнитивной эргономики, сравнивая последующие итерации и результатами предыдущих. Описанные результаты могут эффективно применяться в системах управления знаниями на предприятиях, образовательном процессе и помогать специалистам и студентам создавать более качественные онтологии.

Литература

1. Вертгеймер М. Продуктивное мышление. М.: Прогресс, 1987.
 2. Гаврилова Т. Об одном подходе к онтологическому инжинирингу // Ж. «Новости искусственного интеллекта», N3, 2005. – с.25-31.
 3. Гаврилова Т. Гештальт-принципы построения онтологий // Тезисы докладов Второй международной конференции по когнитивной науке, Том 1, СПбГУ, 2006. – с.240-242.
 4. Горовой В.А. Модель классификации методов оценки онтологий // Материалы 2-й международной молодежной конференции «Искусственный интеллект: философия, методология, инновации». Санкт-Петербург, 15-17 ноября 2007 – с. 307-310
 5. Клещев А.С., Шалфеева Е.А. Каталог свойств онтологий. принципы организации каталога: Препринт, 2007. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2007. - 20 с.
 6. Brank J., Grobelnik M., Mladenic D. A survey of ontology evaluation techniques. In Proceedings of the Conference on Data Mining and Data Warehouses (SiKDD 2005), Ljubljana, Slovenia, 2005.
<http://kt.ijs.si/dunja/sikdd2005/Papers/BrankEvaluationSiKDD2005.pdf>
 7. Brewster C. et al. Data driven ontology evaluation. Proceedings of Int. Conf. on Language Resources and Evaluation, Lisbon, 2004.
 8. Gangemi A., Catenacci C., Ciaramita M., Lehmann J. Ontology evaluation and validation. An integrated formal model for the quality diagnostic task. http://www.loa-cnr.it/Files/OntoEval4OntoDev_Final.pdf
 9. Gavrilova T., Gorovoy V. Technology for ontological engineering lifecycle support. //International Journal "Information Theories & Applications" Vol.14 / 2007 – p. 19-25
 10. Guarino N., Welty C., Evaluating ontological decisions with OntoClean. Comm. of the ACM, 45(2):61–65, February 2002.
 11. Hartmann J. Et al. Methods for ontology evaluation. Knowledge Web Deliverable D1.2.3, 2005.
<http://www.starlab.vub.ac.be/research/projects/knowledgeweb/KWeb-Del-1.2.3-Revised-v1.3.1.pdf>
 12. Jena Semantic Web Framework homepage. <http://jena.sourceforge.net/>
 13. Lozano-Tello A., Gomez-Perez A., Ontometric: A method to choose the appropriate ontology. J. Datab. Mgmt., 15(2):1–18) 2004.
 14. Maedche A., Staab S., Measuring similarity between ontologies. Proc. CIKM 2002. LNAI vol. 2473.
 15. Miller G. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. The Psychological Review, 1956. 63: 81–97.
 16. Porzel R. and Malaka R. A Task-based Approach for Ontology Evaluation. Proc. of ECAI 2004.
 17. Spyns P., EvaLexon: Assessing triples mined from texts. Technical Report 09, STAR Lab, Brussels, Belgium, 2005.
- Гаврилова Татьяна Альбертовна.** Заведующая кафедрой информационных технологий в менеджменте ВШМ, СПбГУ. Окончила электротехнический факультет Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта в 1975 году. Доктор технических наук, профессор. Имеет более 100 публикаций. Область научных интересов: онтологический инжиниринг, человеко-машинное взаимодействие.
- Горовой Владимир Андреевич.** Ассистент кафедры информационных технологии в менеджменте ВШМ, СПбГУ; Яндекс, руководитель группы разработки. Окончил Санкт-Петербургский государственный университет в 2004 году. Соросовский студент 2004. Имеет 14 печатных работ. Область научных интересов: инженерия знаний, онтологический инжиниринг, data mining. E-mail: gorovoy@gsom.pu.ru.
- Болотникова Екатерина Сергеевна.** Java-разработчик, ООО «Дараут Сервис». Окончила Санкт-Петербургский государственный политехнический университет в 2009 году. Имеет 2 печатные работы. Область научных интересов: инженерия знаний, онтологический инжиниринг. E-mail: bolotnikovakate@gmail.com.