



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 260 за 2018 г.



ISSN 2071-2898 (Print)
ISSN 2071-2901 (Online)

Маслов В.А., Соколов С.М.

Обработка семантических
запросов в среде Protégé на
примере построения
онтологии дорожных знаков

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Маслов В.А., Соколов С.М. Обработка семантических запросов в среде Protégé на примере построения онтологии дорожных знаков // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 260. 15 с. doi:[10.20948/prepr-2018-260](https://doi.org/10.20948/prepr-2018-260)
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-260>

**Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В. Келдыша
Российской академии наук**

В.А. Маслов, С.М. Соколов

**Обработка семантических запросов
в среде Protégé
на примере построения
онтологии дорожных знаков**

Москва – 2018

В.А. Маслов, С.М. Соколов

Обработка семантических запросов в среде Protégé на примере онтологии дорожных знаков

Работа посвящена рассмотрению возможности применения подхода семантического описания и онтологии в качестве средства подготовки данных и инструмента распознавания дорожных знаков в помощь водителю при управлении транспортным средством. В работе представлена модель семантического описания дорожных знаков и дорожной ситуации на базе программного обеспечения Protégé. Описаны достоинства и недостатки модели. Рассмотрена возможность применения модели на бортовом компьютере транспортного средства. Приведен сравнительный анализ инструментов решения семантических задач и времени принятия решений.

Ключевые слова: Онтология, Семантический поиск, Protégé, OWL

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 16-19-10705).

V.A. Maslov, S.M. Sokolov

Processing of semantic queries in the Protégé environment on the example of the ontology of road signs

This paper is devoted to considering the possibility of applying the approach of semantic description and ontology as facilities for preparation data and tool for recognizing traffic signs and assisting the driver in driving. The paper presents a model of the semantic description of road signs and the traffic situation based on Protégé software. The advantages and disadvantages of the model are described. The possibility of using the model on the on-board computer of the vehicle is considered. A comparative analysis of tools for solving semantic problems and time of decision making is given.

Key words: Ontology, Semantic search, Protégé, OWL

Оглавление

Введение	3
Достоинства и недостатки онтологической модели	4
Описание онтологии дорожных знаков	5
Онтология дорожных знаков в среде Protégé	7
Инструменты решения задачи семантического поиска	10
Тестирование инструментов решения задачи семантического поиска. Результаты тестов	10
Заключение.....	13
Библиографический список.....	14

Введение

В настоящее время известно несколько систем «в помощь водителю», включающих и функцию распознавания дорожных знаков. Подобные системы активно используются в таких известных марках, как Audi, BMW, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Volkswagen. В основном эти системы способны идентифицировать знаки на ограничение скорости, но некоторые современные модели могут оповестить водителя о запрете обгона, об одностороннем движении, о выезде под «кирпич». Алгоритмы обработки зрительных данных построены так: сначала определяется форма знака, затем цвет указанных на нем символов, после чего идентифицируется надпись (обычно это величина скорости), далее идет распознавание информационной таблички и сопоставление полученных данных с фактическими показателями автомобиля, в случае отклонения от нормы – визуальное предупреждение на экране и звуковой сигнал. В ряде конструкций блок управления взаимодействует с навигационной системой, что позволяет ему сопоставлять информацию, полученную с камеры и со спутника. Дальность действия системы определяется возможностями видеокамеры и при идеальных погодных условиях обычно рассчитано на расстояние до 100 метров. Зона мониторинга захватывает знаки, расположенные по сторонам дороги и над дорогой [1]. Но полной гарантии обнаружения знаков система на себя не берет, и ответственность за соблюдение правил остаётся за водителем.

Подобные же системы предлагаются к установке на беспилотные автомобили. Естественно, что для этих систем необходимо владение уже полным набором знаков и надёжным их распознаванием во всех допустимых условиях движения. Уже известны системы, обеспечивающие водителя информацией о следующих знаках [2]:

- запрещающих въезд;
- пересечения с главной дорогой;
- проезд без остановки запрещен;
- начало и конец населенного пункта;
- начало и конец скоростной магистрали;
- знак, информирующий о въезде в жилую зону;
- окончание зоны ограничения знака.

Ряд компаний активно испытывает беспилотные автомобили (Ford, Google, Apple, Nissan, КАМАЗ), но достаточно технологичного способа информационного обеспечения системы управления сведениями о дорожных знаках пока не зафиксировано. Исследования в этой области продолжаются, см., например, [3].

В данной работе рассмотрен новый подход к взаимодействию с базой данных дорожных знаков бортового компьютера транспортного средства. Этот

подход нацелен на представление всего набора известных знаков, обеспечение оперативного дополнения этого набора и повышение надёжности распознавания в различных условиях движения. В основу исследуемого инструментария кладётся онтологическая модель, а не традиционная в виде классической реляционной базы данных.

Достоинства и недостатки онтологической модели

В широком смысле онтологическая модель – это также база данных, однако онтология обладает рядом ключевых особенностей, которые позволяют рассмотреть ее в качестве возможной альтернативы применительно к рассматриваемой задаче, а именно:

- отсутствующая информация в онтологии классифицируется как неизвестность (unknown), в то время как в классической базе данных такое исключение трактуется как ошибка (false);
- в онтологии сущности (экземпляры) могут иметь более чем одно имя, в то время как в базе данных каждая сущность должна иметь собственное уникальное имя;
- онтология позволяет установить скрытые, неявно указанные зависимости между сущностями (иными словами, решение онтологий раскрывают следствия связей между сущностями), в то время как база данных выступает как ограничитель и позволяет делать только однозначные выводы, которые в нее введены.

Преимущества, указанные выше, показывают гибкость онтологической модели, которая выдает более точную, правдивую информацию на запросы. Например, в случае, когда несколько объектов (дорожных знаков) имеют схожие атрибуты, такие как одинаковая форма и одинаковые цвета, онтология, благодаря своим свойствам, поможет найти решение, о каком знаке идет речь, имея в виду отношения между различными сущностями.

Недостатки модели на основе онтологии состоят в следующем:

- семантика может казаться противоречивой в том смысле, что для определения сущности требуется соблюдение логических правил (иными словами, неверно составленный запрос с точки зрения формальной логики может привести к неожиданному результату);
- связи между объектами онтологии сложнее и разнообразнее по сравнению с аналогичной моделью в базе данных, что потенциально может привести к проблемам с масштабируемостью онтологии.

Описание онтологии дорожных знаков

Для формирования онтологии, описывающей дорожные знаки, введем следующие понятия. В качестве экземпляров выступают сами знаки (более точно – пояснение к ним (знакам), так как именно комментарий к знаку важен для водителя). В качестве классов выступают категория знака и его признаки (такие как цвет, форма и тип), а также условия движения.

В качестве атрибутов классов сущности «условия движения» введем атрибуты классов времени суток, места движения и погоды.

1. Атрибуты класса “Время суток”:

- 1.1 День
- 1.2 Ночь
- 1.3 Рассвет
- 1.4 Сумерки

2. Атрибуты класса “Место движения”:

- 2.1 Населенный пункт
- 2.2 Вне населенного пункта

3. Атрибуты класса “Погода”:

- 3.1 Дождь
- 3.2 Облачно
- 3.3 Ясно
- 3.4 Туман

В качестве атрибутов классов сущности «дорожный знак» используются значения цвета, формы и типа знака. Для повышения надежности обнаружения дорожного знака добавлен атрибут «Дальность».

1. Атрибуты класса “Цвет”:

- 1.1 Белый
- 1.2 Красный
- 1.3 Черный
- 1.4 Синий
- 1.5 Желтый
- 1.6 Зеленый

2. Атрибуты класса “Форма”:

- 2.1 Квадрат
- 2.2 Круг
- 2.3 Треугольник
- 2.4 Прямоугольник
- 2.5 Крест
- 2.6 Другое

3. Атрибуты класса “Тип”:

- 3.1 Предупреждающий знак

- 3.2 Знак приоритета
- 3.3 Запрещающий знак
- 3.4 Предписывающий знак
- 3.5 Знак особого предписания
- 3.6 Информационно-указывающий знак
- 3.7 Знак сервиса
- 3.8 Знак дополнительной информации
- 4. **Атрибут класса «Дальность»** – определение плоскости поверхности знака для избегания ложных срабатываний при выделении/определении
 - 4.1 Атрибуты цвет и форма располагаются на одной плоскости
 - 4.2 Атрибуты цвет и форма не лежат в одной плоскости

Для формирования онтологии был выбран открытый редактор онтологий **Protégé**, так как он имеет исчерпывающую документацию, поддерживается значительным сообществом, состоящим из разработчиков и учёных, правительственных и корпоративных пользователей, использующих его для решения задач, связанных со знаниями, в таких разнообразных областях, как биомедицина, сбор знаний и корпоративное моделирование, также Protégé доступен для свободного скачивания с официального сайта вместе с плагинами и онтологиями [4].

Для построения отношений необходимо описать ситуации, с которыми сталкивается водитель при управлении транспортным средством. Иными словами, нужно представить текстовое описание ситуации, в которой находится водитель, и механизм идентификации того или иного знака на естественном языке.

Выделим следующие отношения в качестве примера:

- Знак треугольной формы, в нем присутствуют цвета белый, красный, черный, внутри изображен паровоз. Движение происходит за городом, время суток и погода не имеют значения. Данный знак – это Железнодорожный переезд без шлагбаума, установленный за городом.
- Знак треугольной формы, в нем присутствуют цвета белый, красный, черный, внутри изображен паровоз. Движение происходит в городе, время суток и погода не имеют значения. Данный знак это – Железнодорожный переезд без шлагбаума, установленный в городе.

Данное описание отличается только одним фактором, условием движения в городе или за его чертой. Описание знака следующее: устанавливаются в населённом пункте за 50—100 м, вне населённых пунктов за 150—300 м до переезда. Приближение к железнодорожному переезду, не оборудованному шлагбаумом. Водитель должен быть готов к остановке перед переездом. Этот знак дублируется только вне населённого пункта, второй знак устанавливается на расстоянии не менее 50 метров до переезда.

Онтология дорожных знаков в среде Protégé

В результате переноса на формальный язык описания онтологии в среде Protégé версии 5.5.0 Build Beta-5 было сделано следующее:

а) Введены классы:

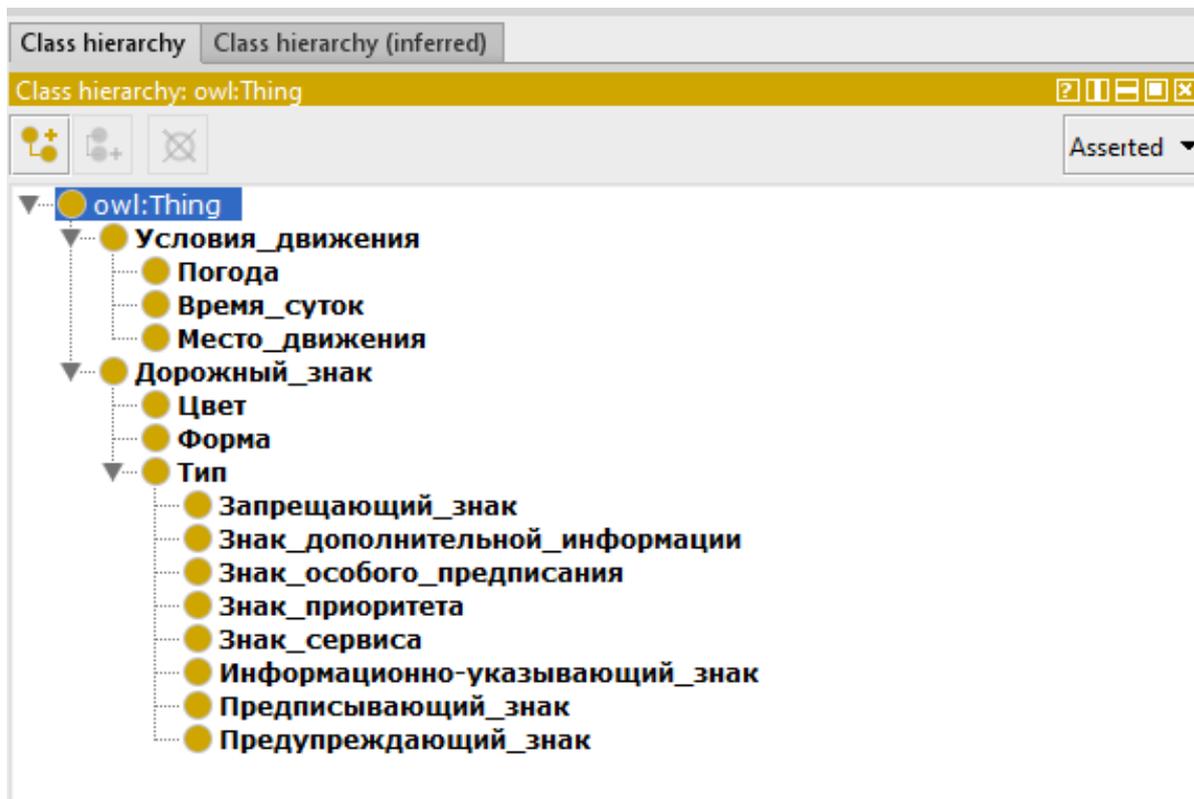


Рис. 1. Пример введённых классов

б) Объявлены возможные свойства объектов



Рис. 2. Пример экрана с объявлением свойств объектов

в) для каждого типа класса и свойства объявлены атрибуты. Например, для формы знака введены понятия (другое, крест, треугольник, круг, квадрат и прямоугольник), а также введено исключение, что один знак не может быть разной формы одновременно.

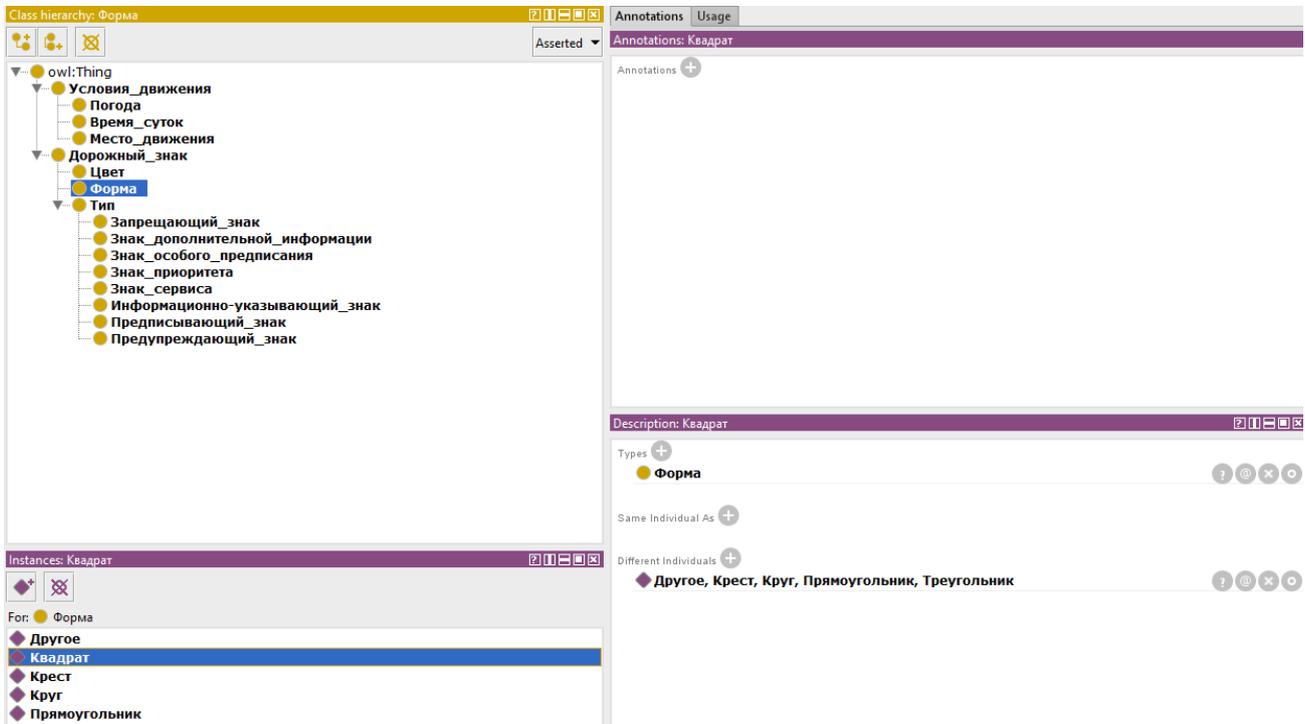


Рис. 3. Пример введения понятия/атрибута в класс знака

Остальные элементы были внесены по аналогии.

г) Такая компоновка позволила делать выгрузки при помощи встроенного инструмента решения задачи семантического поиска, например, стал возможен поиск решения по дереву с заданием параметров (если движение вне населенного пункта и дорожный знак имеет форму треугольника, а также содержит в себе цвета: красный, белый и черный, то...).

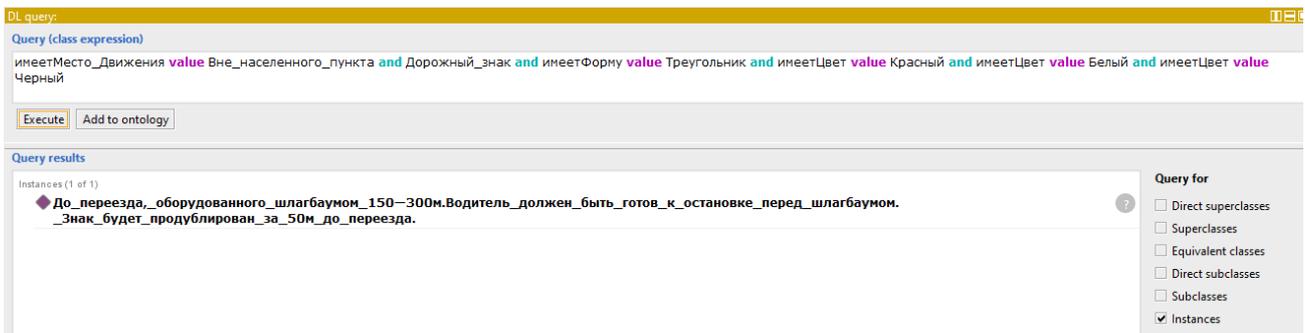


Рис. 4. Пример поиска решения в среде редактора Protégé

Пример поиска решения в среде редактора Protégé (см. рис. 4), задаем условия: имеетМестоДвижение value Вне_населенного_пункта and Дорожный_знак and имеетФорму value Треугольник and имеетЦвет value Красный and имеетЦвет value Белый and имеетЦвет value Черный – получаем ответ, подходящий под условия запроса.

Такой же пример для движения в населенном пункте, знак в этом случае располагается ближе к переезду:

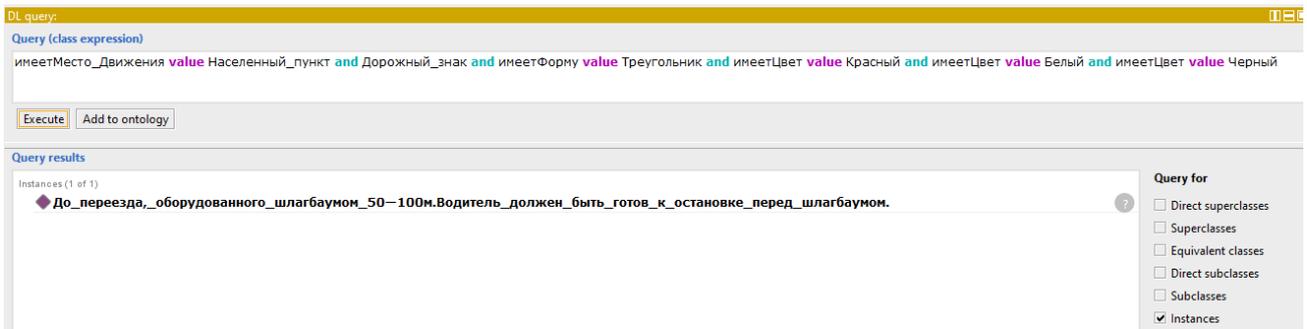


Рис. 5. Пример поиска решения в среде редактора Protégé

д) Protégé позволяет строить любые графы, добавляя или убирая связи, или, учитывая определенные нужные в данный момент элементы, получать графическое решение задачи:

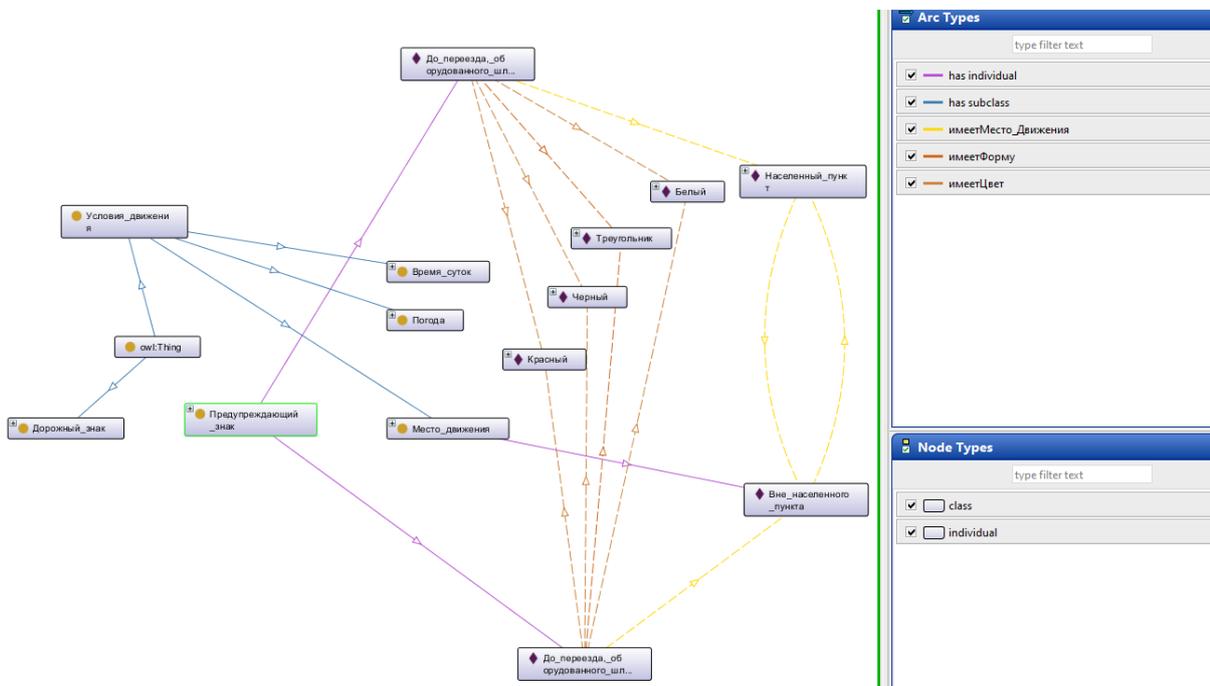


Рис. 6. Пример графовой структуры

Инструменты решения задачи семантического поиска

Рассмотрим возможность использования данного инструмента на бортовом компьютере автомобиля и целесообразность применения подхода использования онтологии в поиске решения.

Программное обеспечение для формирования онтологий со встроенным инструментом решения задачи семантического поиска (в интерфейсе Protégé - Reasoner) занимает объем памяти компьютера порядка 110 Мбайт. Непосредственно база данных онтологии для описанного выше примера и поиска решений для 2 дорожных знаков составляет 29 Кбайт, введение дополнительного дорожного знака и установка связей добавляет 1 Кбайт. Последовательное введение в базу по одному знаку показало, что объем памяти увеличивается примерно на 1 Кбайт. Таким образом, для базы данных дорожных знаков с использованием таких свойств знака, как Форма, Цвет и Тип, а также при введении условий движения, таких как Погода, Время суток и Место движения, объем памяти, занимаемый базой данных, для условно введенных 300 знаков не превысит 350 Кбайт. Точный объем памяти возможно будет указать, когда будет введена вся база, так как между вновь введенными знаками могут устанавливаться дополнительные уточняющие соответствия.

Существует большое количество инструментов для решения семантических задач (HermiT, FaCT++, ELK, Pellet и другие). Они обладают намного меньшим объемом памяти в отличие от Protégé и используют уже сформированную им онтологию. Большим достоинством является тот факт, что данные инструменты с открытым исходным кодом (Open Source) и имеют возможность внесения изменений под конкретную задачу. Также данные инструменты являются кроссплатформенными, написаны на языке программирования Java (FaCT++ изначально написан на языке программирования C++, но здесь мы рассмотрим его версию, написанную на Java).

Тестирование инструментов решения задачи семантического поиска. Результаты тестов

Для запуска приложений требуется виртуальная машина Java™ — основная часть исполняющей системы Java, так называемой Java Runtime Environment (JRE). При тестировании инструментов использовался 64-разрядный клиент JVM (build 1.8.0_191-b12) объемом памяти 118 Мбайт для операционных систем Windows.

Технические характеристики персонального компьютера, использованного для тестов:

Операционная система Windows 10 Pro (Версия 1803, сборка операционной системы 17134.407); Процессор Intel® Core™ i5-2430M CPU@ 2.40 GHz; Оперативная память 8.00 Гбайт DDR3-1600; Твердотельный накопитель Samsung SSD 850 Evo.

Рассмотрим работоспособность каждого из указанных выше инструментов. Мониторинг времени выполнения задач осуществлялся с помощью лог-монитора, написанного, как и инструменты решения задач, на языке Java.

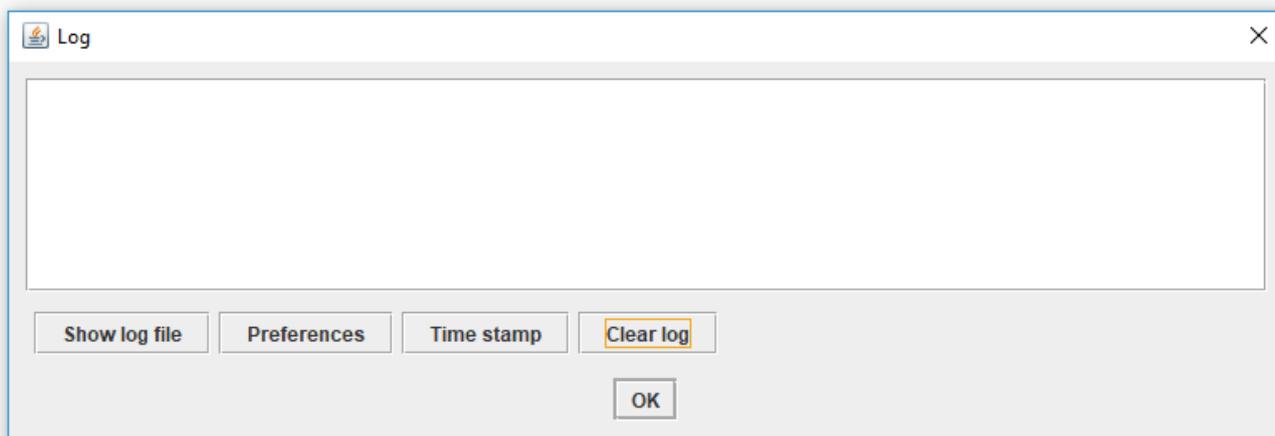


Рис. 7. Экран Log-монитора

При запуске любого из инструментов первый этап — это инициализация и обработка загруженной онтологии, например, для инструмента Hermit это время составляет 38 мс:

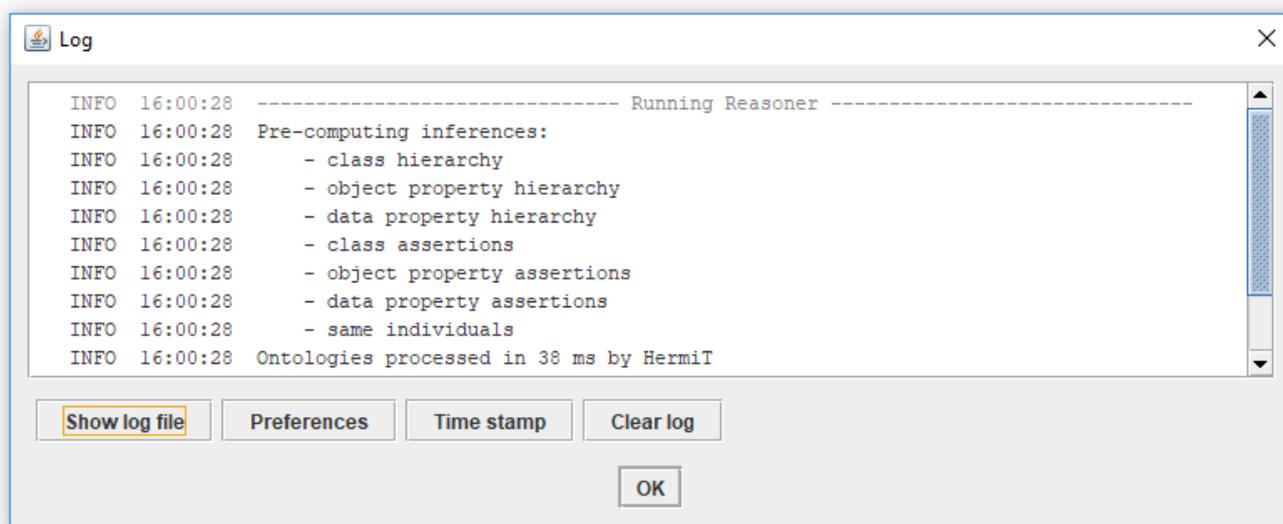


Рис. 8. Данные по времени загрузки онтологии для инструмента Hermit

Следующий этап — это измерение времени выполнения запроса (здесь и далее запросы были выполнены на языке OWL), например, рассматриваемого выше с условиями: имеетМесто_Движения value Вне_населенного_пункта and Дорожный_знак and имеетФорму value Треугольник and имеетЦвет value Красный and имеетЦвет value Белый and имеетЦвет value Черный. Далее показаны результаты измерений 5 тестов для инструмента Hermit.

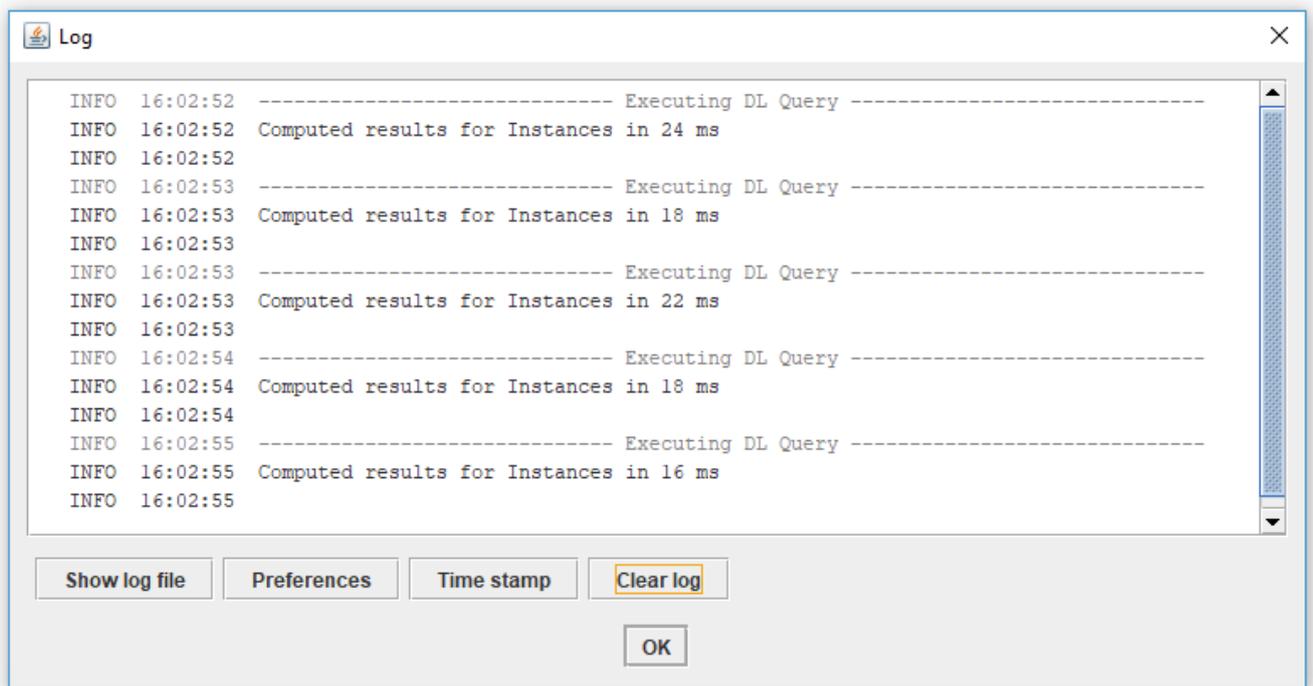


Рис. 9. Данные по измерениям времени выполнения запросов (здесь и далее запросы были выполнены на языке OWL).

Объем памяти и версия инструмента Hermit представлены на рис. 10.

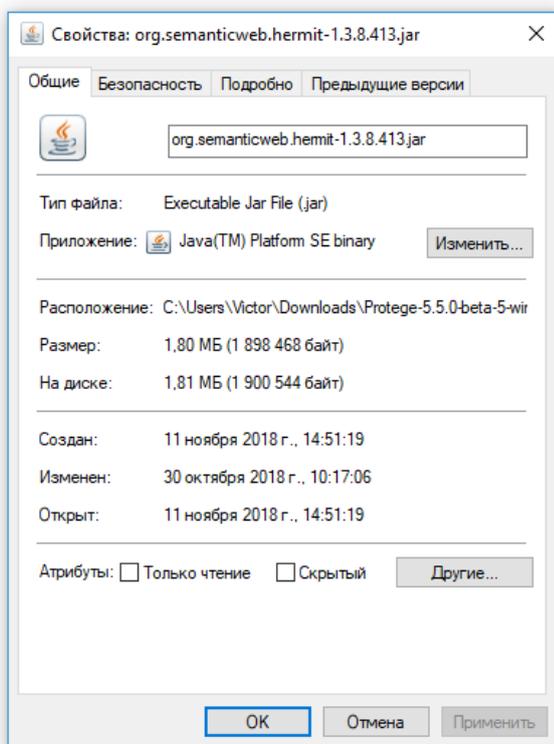


Рис. 10. Данные по программному инструменту Hermit

Ниже представлена таблица тестов и результатов измерений для разных инструментов (см. табл.1).

Таблица 1

Название инструмента	Версия инструмента	Объем памяти инструмента	Время инициализации	Порядковый номер теста	Время выполнения запроса
HermiT	1.2.8.413	1.80 Мбайт	31 мс	Тест №1.1	24 мс
				Тест №1.2	18 мс
				Тест №1.3	22 мс
				Тест №1.4	18 мс
				Тест №1.5	16 мс
FaCT++	1.6.5	2.40 Мбайт	36 мс	Тест №2.1	<1 мс
				Тест №2.2	<1 мс
				Тест №2.3	<1 мс
				Тест №2.4	<1 мс
				Тест №2.5	<1 мс
ELK	0.4.3	0.84 Мбайт	35 мс	Тест №3.1	11 мс
				Тест №3.2	8 мс
				Тест №3.3	6 мс
				Тест №3.4	7 мс
				Тест №3.5	7 мс
Pellet	2.2.0	2.01 Мбайт	28 мс	Тест №4.1	2 мс
				Тест №4.2	1 мс
				Тест №4.3	<1 мс
				Тест №4.4	<1 мс

Заключение

В работе рассмотрено одно из возможных перспективных приложений представления знаний об объектах внешнего мира в виде онтологий в бортовых системах информационного обеспечения транспортных средств – представление информации для системы распознавания дорожных знаков.

Программные инструменты для решения на основе онтологий являются кроссплатформенными с открытым исходным кодом, что дает возможность гибкого выбора программного и аппаратного обеспечения для установки на бортовой компьютер транспортного средства и интеграции с другими системами. Они имеют относительно небольшой объем памяти, требуемый для установки совместно с другими инструментами, необходимыми для запуска приложения.

Время инициализации инструментов отличается и составляет от 28 до 36 мс для тестовой онтологии, выполнения операции запрос-ответ с внешнего

приложения в онтологию для разных инструментов составляет от менее чем 1 мс до 24 мс.

В процессе автоматического обнаружения знаков выполняется набор операций обработки, обеспечивающих обнаружение кандидатов на дорожные знаки, верификацию обнаружения и определение признаков. Операции определения признаков знаков построены в соответствии с атрибутами классов, выделенных при формировании онтологии. Для проведения верификации обнаружения знаков также используются свойства, характерные для всех знаков – в частности, свойство плоской трехмерной геометрической формы [14].

Дальнейшие шаги в развитии работы: наполнение онтологии большим количеством дорожных знаков, установление зависимостей между ними, рассмотрение возможности использования SPARQL запросов к онтологии по сравнению с OWL запросами, сравнение времени исполнения запросов в онтологию по сравнению с реляционной базой данных, измерение скорости работы на мобильных платформах с использованием Java Embedded, дополнение рассмотренной онтологии признаками/сущностями для повышения надежности в распознавании дорожных знаков.

Библиографический список

1. Сайт «Автодонт» URL: <https://autodont.ru/safety/help-system/sistema-raspoznavaniya-dorozhnykh-znakov>
2. Сайт «Автомобили Азии и другие популярные модели» URL: <http://avtoaziya.ru/avtotekhnologii/822-tsr.html>
3. Бахшиев А.В., Орлова С.Р., Комаров А., Степанов Д.Н. Классификация сценариев и алгоритмов в системах технического зрения беспилотных транспортных средств. Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника и конверсионные тенденции», 7-8 июня 2018 года, Санкт-Петербург, с. 400-409. URL: <http://er.rtc.ru/index.php/ru/sbornik>
4. Официальный сайт сообщества Protégé URL: <https://protege.stanford.edu/>
5. Лаврищева Е.М., Карпов Л.Е., Томилин А.Н. Семантические ресурсы для разработки онтологии научной и инженерной предметных областей // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. — С. 223-239. — doi:10.20948/abrau-2016-16
6. Боргест Н.М. Онтология проектирования: теоретические основы. Учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2010 – 88 с. URL: [https://ssau.ru/files/education/uch_posob/Онтология проектирования-Боргест НМ.pdf](https://ssau.ru/files/education/uch_posob/Онтология_проектирования-Боргест_НМ.pdf)
7. Боргест Н.М., Симонова. Е.В., Шустова Д.В. Решение проектных задач с помощью онтологических систем. Самара: СГАУ, 2010 – 130 с. URL:

- <http://repo.ssau.ru/bitstream/Metodicheskie-ukazaniya/Reshenie-proektnyh-zadach-s-pomoshu-ontologicheskikh-sistem-Elektronnyi-resurs-elektron-metod-ukazaniya-k-lab-rabotam-53103/1/Боргест Н.М. Решение проектных.pdf>
8. Лапшин В. А. *Онтологии в компьютерных системах*. — М.: Научный мир, 2010.
 9. Муромцев Д.И. *Онтологический инжиниринг знаний в системе Protégé*. — СПб: СПб ГУ ИТМО, 2007. — 62 с. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/243.pdf>
 10. Ahmet Soylu, Martin Giese, Ernesto Jiménez-Ruiz, Evgeny Kharlamov, Dmitriy Zheleznyakov, and Ian Horrocks. *Ontology-based end-user visual query formulation: Why, what, who, how, and which?* *Universal Access in the Information Society*, 16(2):435-467, 2017.
 11. Sunitha Abburu, PhD. *A Survey on Ontology Reasoners and Comparison* – *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 57– No.17, November 2012*
 12. Mary Bazire, Charles Tijus, Patrick Brézillon, Brigitte Cambon de Lavalette. *Modeling drivers decision-making processes from road signs* // *International conference on computing and decision making in civil and building engineering*. Montreal, June 14-16, 2006
 13. Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". *Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880*, March 2001.
 14. Timofte R., Zimmermann K., Van Gool L. *Machine Vision and Applications*. Springer, Vol. 25(3), pp. 633-647.