
КОГНИТИВНЫЕ И СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 81.33

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ

© 2021 г. А.А. Котов*, Н.А. Аринкин, Л.Я. Зайдельман, А.А. Зинина

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

*E-mail: Kotov_AA@nrcki.ru

Интеллектуальные роботы способны автоматически планировать стратегии достижения поставленной цели, поэтому для управления ими человеку достаточно ставить задачи, подсказывать приоритет целей, выбор стратегии из нескольких альтернатив, при необходимости – корректировать деятельность робота. В отличие от предыдущего поколения интерфейсов такое управление может выполняться командами на естественном языке. В данной работе описывается лингвистический модуль системы, необходимый для интерпретации команд пользователя и передачи их на систему управления роботом. Мы показываем, как объекты в окружении робота выглядят в пространстве лингвистических признаков, и как робот пользуется этими признаками для выбора нужного объекта. Также мы описываем, как с помощью признаков обеспечивается обработка вежливости или категоричности высказывания.

ВВЕДЕНИЕ

По мере роста интеллектуального потенциала роботов с человека снимается задача низкоуровневого управления каждым их движением с помощью контроллеров: кнопок, джойстиков и др. Человеку достаточно координировать стратегии деятельности робота, ставить цели и подсказывать выбор стратегии решения. Команды на естественном языке хорошо подходят для такого взаимодействия. Для анализа команды на естественном языке роботу требуется выполнить автоматический анализ команды, построить её смысл – *семантическое представление*, – и найти поблизости упомянутые в команде объекты.

Разработка средств семантического анализа необходима в составе компонента речевого управления для роботов, перемещающихся по местности или выполняющих различные операции, например, обрабатывающих детали, собирающих конструкции и т.д. Система анализа голосовых команд позволяет человеку свободного формулировать команду на естественном языке, не заучивая команды из закрытого списка. Вместо этого человек может описать роботу, куда нужно проехать, как расположить объекты, как собрать конструкцию и т.д. Давая команды, человек может использовать естественный язык, как

если бы просил о помощи своего ассистента-человека. Лингвистический компонент системы отвечает за то, чтобы в результате анализа высказывание было преобразовано в семантическое представление, которое может сообщать роботу новые знания об окружающем мире, ставить цель или описывать требуемое действие. Такая репрезентация команды пользователя должна быть доступна для исполнения системой управления робота.

В речи человек может упоминать объекты, которые находятся в окружении робота, или воображаемые объекты (например, объекты, которые требуется построить). В этом случае частная задача компонента семантического анализа состоит в том, чтобы отождествить объект, регистрируемый сенсорами робота, с референтом, обозначаемым человеком во входящем высказывании. Объекты, обозначаемые в речи, могут сопровождаться ключевыми признаками: *подойди к красному дому, подъезди к дому около леса*. При обработке таких высказываний система управления должна получить возможность найти в своём окружении объекты, которые соответствуют речевому обозначению, например, такой объект должен соответствовать классу ‘дом’, быть ‘красным’ или ‘находиться около леса’.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА

Общая схема работы лингвистического компонента представлена на рис. 1. Компонент речевого управления роботом (далее – парсер) получает текстовые сообщения от пользователя, которые подвергаются поэтапному лингвистическому анализу. Рассмотрим эти этапы подробнее.

В **морфологическом компоненте** парсер определяет часть речи и грамматические признаки (граммемы) каждого слова. В **синтаксическом компоненте** парсер устанавливает синтаксические связи между словами текста. При этом используется описание грамматики русского языка на языке syntXML [1]. Итоговая задача этого компонента в том, чтобы построить синтаксическое дерево, то есть объединить синтаксическими связями все слова предложения в древесный граф. Глагол, как правило, является синтаксической вершиной предложения и с помощью валентностей (подробнее про валентности – в описании семантического компонента парсера) присоединяет другие слова предложения. Как правило, результатом работы синтаксического компонента является не одно синтаксическое дерево, а множество деревьев. Это связано с возникновением омонимии. Так, одному слову может соответствовать несколько множеств граммем – возникает морфологическая омонимия, например словоформа *дома* может быть формой множественного числа именительного падежа – *виднеются красные дома*, или формой единственного числа родительного падежа – *не видно красного дома*. Также высказыванию может соответствовать сразу множество синтаксических структур – возникает синтаксическая омонимия, например, высказывание *мать любит дочь* может иметь две структуры (а) *мать* – именительный

падеж, подлежащее, *дочь* – винительный падеж, прямое дополнение, либо (б) *мать* – винительный падеж, прямое дополнение, *дочь* – именительный падеж, подлежащие. Синтаксические деревья, которые строит для входящих высказываний синтаксический компонент системы, соответствуют по своей структуре системе синтаксических групп Гладкого [2], сочетая в себе и принципы деревьев зависимостей [3], и принципы структур непосредственно-составляющих [4]. Пример синтаксического дерева для предложения *Переместись от леса к оврагу* приведён на рис. 2.

При **семантической обработке** для каждого синтаксического дерева строится семантическое представление: после разрешения омонимии одно из семантических представлений будет использовано для выбора коммуникативной реакции в *компоненте сценариев*.

Семантическое представление – это множество признаков, распределённых по семантическим валентностям. Используется инвентарь из 4835 признаков на основе набора базовых понятий [5] и семантического словаря [6]. В данном инвентаре учитываются семантические признаки объектов и процессов, существенных для ориентации робота в окружающем пространстве. Семантические признаки в исходном словаре приписываются каждому слову; сейчас с помощью признаков размечена семантика 37 тысяч слов. Слово может обладать омонимией, в этом случае признаки в его значении разделены на группы. В используемом словаре каждому значению слова может быть приписано несколько признаков: некоторые из них отражают семантический класс слова, а другие могут быть важны для обработки команд, эмоций и намерений пользователя. При конструировании семантического представления признаки слова копируются в ту



Рис. 1. Общая схема работы лингвистического компонента



Рис. 2. Синтаксическое дерево для предложения *Переместись от дерева к оврагу*

валентность, которую слово заняло в синтаксической структуре. Используется инвентарь из 23 валентностей на основе [7]: глагол занимает валентность *предикат (p)*, подлежащее – валентность *агенса (ag)*, дополнение – валентность *пациенса (pat)* и т.д. Семантическую структуру простого предложения можно представить как двухуровневое дерево, где валентность *предикат* находится в вершине и подчиняет другие валентности, но для компактности эту структуру также можно записать в виде таблицы. Семантическое представление высказывания *Переместись от леса к оврагу* приведено на рис. 3.

Синтаксическое дерево с построенным для него семантическим представлением поступает в компонент сценариев, где разрешается омонимия всех предшествующих уровней, а также выбираются варианты реакций робота на входящее представление. **Компонент сценариев** описывает возможные реакции робота на входящий смысл. Единицы этого компонента – *сценарии* – определяются как



Рис. 3. Семантическое представление для предложения *Переместись от леса к оврагу*. Сегменты предложения распределены по валентностям *p* (предикат), *src* (исходная точка) и *targ* (конечная точка)



Рис. 4. RDF-представление для предложения *Переместись от дерева к оврагу*

процедуры типа *если-то* [8] и служат моделью для элементов управляющих команд. В работе парсера сценарии распознают смыслы, соответствующие командам или описаниям окружающей ситуации: сценарий активизируется, если смысл входящего текста близок к посылке (условию «если») данного сценария. Сценарии также используются при разрешении омонимии: если при анализе предложения построено несколько синтаксических деревьев, то выбирается такое дерево, семантика которого наиболее близка к существующим сценариям. Это означает, что для анализируемых команд выбирается то понимание, которое более регулярно и соответствует известным ситуациям или стандартной команде.

Финальной стадией анализа поступающих от пользователя команд является преобразование выбранного семантического представления (рис. 3), в формализованную команду в формате RDF¹, доступную для анализа большинством средств управления робототехническими комплексами. На рис. 4 показано представление высказывания *Переместись от леса к оврагу* в формате RDF. Именно в этом виде команда будет передана системе управления роботом.

¹ См. подробнее: <https://www.w3.org/RDF/>

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ИМЕННОЙ ГРУППЫ

В естественной речи человек может называть объект местоимением, существительным или расширенной именной группой, включающей частицы, прилагательные, причастия и имя существительное. Имя существительное может подчинять другие именные группы – несогласованные определения, стоящие в родительном падеже (*дом местных жителей*) или с предлогом (*помещение для хранения*). Кроме того, в составе именной группы могут использоваться однородные группы, состоящие из существительных, прилагательных, причастий, и даже из комбинаций прилагательных и причастий (*острые колющие предметы*).

В полном предложении глагол приписывает каждой именной группе соответствующую валентность (*агенса, пациенс* и т.д.). Если же существительное используется в высказывании без глаголов (в составе так называемого назывного предложения), то для именной группы создаётся условная валентность «0», в которую помещаются семантические признаки существительного. Признаки прилагательных также помещаются в валентность, которую заняло существительное. На рис. 5 приводятся синтаксическое и семантическое представление именной группы *Зелёная сосна*.

Как видно на рисунке, прилагательное *зелёный* в синтаксическом представлении подчиняется существительному *сосна*. При этом в семантическом представлении создаётся валентность «0», которая получает как признаки существительного (*о-дерево*², *@сосна_NOUN*), так и признаки прилагательного (*оа-цветной*³, *оа-зелёный*). В ходе анализа создаётся один узел (референт): робот имеет возможность найти в окружении такой объект, который соответствует большинству из указанных в семантике признаков или наиболее существенным признакам. Если данная именная группа употребляется в предложении с глаголом, то она займет валентность, заданную моделью управления глагола, например: *зеленая сосна стоит на поляне* (валентность *агенса* – **ag**), *езжай к зелёной сосне* (валентность *конечной точки* – **targ**) и т. д.

Для описания семантики несогласованных определений, в частности существительных в родительном падеже (*груз аккумуляторов*), используется следующий подход. Вершинному существительному приписывается служебный признак, который ссылается на референт, обозначенный зависимым словом – пример приведён на рис. 6.

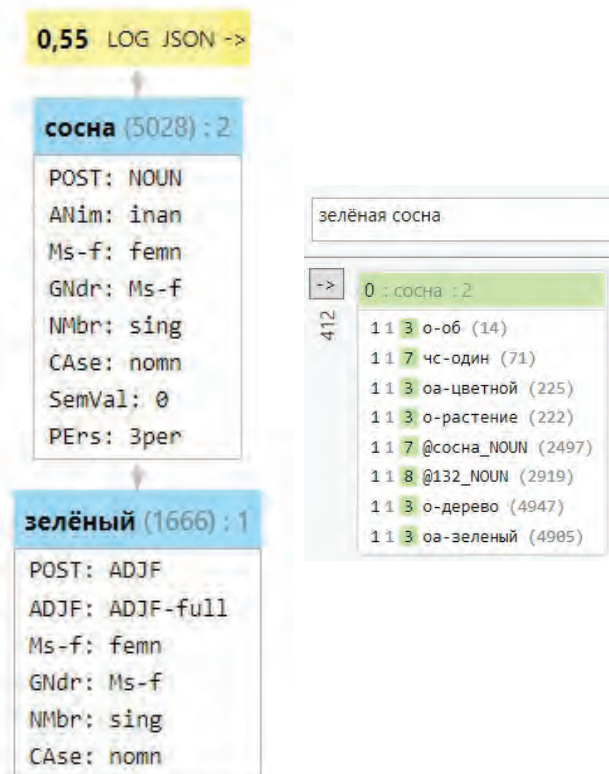


Рис. 5. Синтаксическое (слева) и семантическое (справа) представления именной группы *Зелёная сосна*

В синтаксическом представлении именной группы *груз аккумуляторов* слово *аккумулятор* занимает подчинённое положение. В семантическом представлении слову *груз* приписывается признак **attr 8013**, обозначающий дополнительный семантический атрибут референта, выраженный в зависимой предикации 8013. В этой предикации находится один референт, построенный для слова *аккумуляторов*. Таким образом, референты двух существительных последовательно разделяются (не происходит «склейки» референтов), при этом у первого слова появляется атрибут, указывающий, что оно охарактеризовано другим словом, находящимся в зависимости. Такое же представление используется для других типов несогласованных определений: для предложных групп (*ящик с аккумуляторами*) и зависимых клауз (*аккумуляторы, которые лежат в ящике*).

ВЫРАЗИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Как уже говорилось ранее, для управления роботом пользователю не требуются заучивать специальные команды, а можно использовать естественный язык и давать команды в свободной форме.

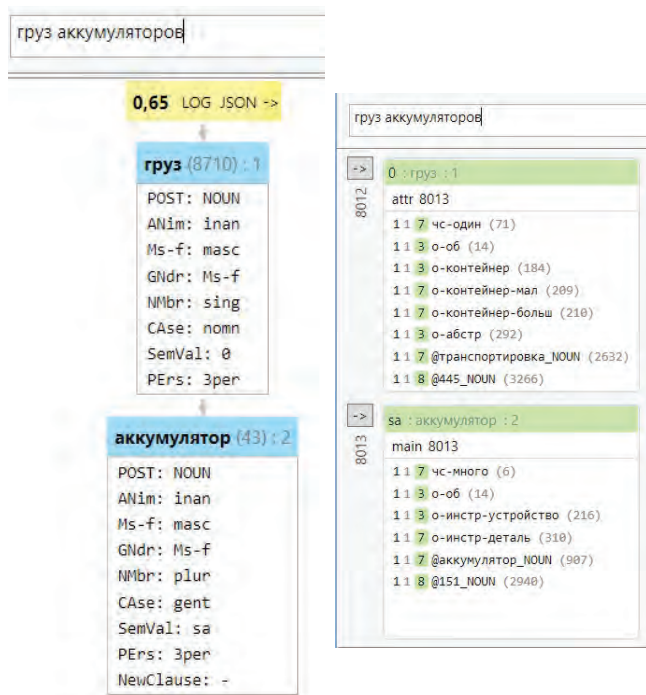


Рис. 6. Синтаксическое (слева) и семантическое (справа) представления именной группы Груз аккумуляторов.

Для того, чтобы реализовать понимание команд на естественном языке, с помощью краудфандинговой платформы было собрано множество (корпус) таких команд. После чего высказывания в корпусе были дополнены высказываниями с той же синтаксической структурой, но другими лексемами. Объем корпуса после этого составил 10.5 тысяч выражений. Для структурного описания семантических шаблонов, присутствующих в текстах команд, был сформирован список 24 команд-паттернов (сценариев). Кроме того, с помощью собранного корпуса мы смогли расширить перечень обнаруживаемых речевых средств, выражающих стратегии вежливости или степень категоричности команды. Как показал корпус, многие респонденты использовали в своих командах к роботу показатели вежливости и показатели категоричности. Это, с одной стороны, подтверждает правильность подхода – разрешить пользователю отдавать команды на естественном языке. С другой стороны, это подтолкнуло нас к разработке новых инструментов – маркеров вежливости и категоричности.

Наиболее частотным способом выражения вежливости в собранном корпусе оказалось использование частицы пожалуйста (*подъездь, пожалуйста, к дереву*), однако это не единственный способ смягчить категоричность команды. Так, среди ко-

манд в корпусе встречаются, например, такие: *двигайся вправо, если есть возможность; попробуй повернуть налево; если получится, сделай круг вокруг дома*. Подчеркнутые слова и выражения – это, так называемые, хеджи (ограничители). Хеджирование используется в речи для выражения неопределенности и неуверенности, для преуменьшения резкой критики. Согласно теории вежливости [9], хеджи являются также инструментом для выражения вежливой просьбы, что и проявляется в примерах команд из корпуса.

В качестве маркера – показателя вежливости в базу данных был добавлен семантический признак *_пожалуйста_PRCL*, получивший свое название по наиболее частотному и простому способу выразить вежливость в команде.

Противоположной характеристикой вежливости мы считаем категоричность. Она проявляется в командах, как правило, с помощью наречий скорости со значением 'быстро' или со значением 'сейчас': *быстрей иди к дереву; немедленно остановись*, а также с помощью глаголов, в семантику которых входит компонент 'быстро': *гони к пруду; беги к тому мужчине*. В качестве маркера категоричности в базу семантических признаков был добавлен признак *na-быстро*, он был присвоен 89 лексемам.

С введением маркеров вежливости и категоричности мы улучшили работу модуля сценариев, находящего среди семантических представлений наиболее подходящее для данной ситуации. Эти маркеры позволили добавить командам пользователя показатели приоритета: команды, содержащие в себе маркер категоричности, считаются более важными и имеют повышенный приоритет, команды же с показателем вежливости, напротив, имеют пониженный приоритет, поскольку, как было показано раньше, в вежливых командах часто используется хеджирование, сигнализирующее о неуверенности пользователя в необходимости немедленного выполнения данной команды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе описан принцип работы лингвистического модуля системы управления роботом. Этот модуль – часть большого проекта по созданию роботизированной многофункциональной системы взаимодействия с внешним миром. Описанные лингвистические разработки позволяют свести предварительную подготовку пользователя к управлению роботом к минимуму. Система управления не требует навыков работы со специальным

интерфейсом, а допускает использование естественного языка для любых задач управления. Для реализации такого управления был сформирован объемный корпус, содержащий различные команды от реальных людей. В результате анализа корпуса был пополнен перечень сценариев (компонент сценариев лингвистического модуля) и разработан механизм приоритизации команд пользователя.

В ближайшей перспективе предполагается развить связь лингвистического модуля с модулями технического зрения, отслеживающими направление взгляда и указательные жесты пользователя. Такая связь необходима, поскольку команды пользователя могут состоять не только из вербальных, но также из жестовых и мимических компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotov A., Zinina A., Filatov A. *Semantic Parser for Sentiment Analysis and the Emotional Computer Agents* // *Proceedings of the AINL-ISMW FRUCT 2015, 2015*. P. 167–170.
2. Гладкий А.В. *Синтаксические структуры естественного языка в автоматизированных системах общения*. М.: Наука, 1985.
3. Мельчук И.А. *Опыт теории лингвистических моделей «СМЫСЛ <=> ТЕКСТ»*. М.: Школа «Языки русской культуры», 1999.
4. Chomsky N. *Syntactic Structures (The Hague: Mouton, 1957)* // *Review of Verbal Behavior by BF Skinner, Language*. 1957, v. 35, p. 26–58.
5. Вежбицкая А. *Семантика междометий* // *Семантические универсалии и описание языков*. М.: А. Вежбицкая, 1999. С. 611.
6. Шведова Н.Ю. и др. *Русский семантический словарь* // *Толковый словарь, систематизированный по классам слов и значений*. М.: Азбуковник, 1998.
7. Fillmore C.J. *The Case for Case* // *Universals in linguistic theory* / под ред. E. Bach, R.T. Harms. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968. P. 1–68.
8. Schank R.C., Abelson R.P. *Scripts, plans, goals, and understanding: an inquiry into human knowledge structures*. Hillsdale, N.J., New York: L. Erlbaum Associates, 1977. P. 248.
9. Brown P., Levinson S. C. *Politeness: Some universals in language usage*. – Cambridge university press, 1987. – V. 4.