

## Семантический анализ с опорой на умозакключения в функциональной модели языка

© 2021

Игорь Михайлович Богуславский

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН, Москва, Россия;  
Мадридский политехнический университет, Испания; bogus@iitp.ru

**Аннотация:** Описывается модель семантического анализа (SemETAP), задача которого — строить семантические структуры предложений русского языка. Эта модель представляет собой новую опцию лингвистического процессора ETAP-4 и использует некоторые его лингвистические знания. Мы исходим из того, что чем больше разнообразных следствий мы можем извлечь из текста, тем лучше мы его поняли. Поэтому, интерпретируя предложение, модель стремится вывести все следствия, которые допускают ее знания. Эти следствия относятся к двум типам — строгие импликации и правдоподобные ожидания (импликатуры). Мы описываем разные типы знаний, которыми располагает модель (как языковые, так и внеязыковые), и показываем, как они используются при интерпретации предложения. В частности, мы разбираем некоторые проблемы референции, сложные для автоматического анализа, и показываем, как наша модель помогает с ними справиться.

**Ключевые слова:** автоматический анализ текста, искусственный интеллект, логико-семантические отношения, референция, семантика

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования (грант № 075-15-2020-793).

**Для цитирования:** Богуславский И. М. Семантический анализ с опорой на умозакключения в функциональной модели языка. *Вопросы языкознания*, 2021, 1: 29–56.

**DOI:** 10.31857/0373-658X.2021.1.29-56

## Semantic analysis supported by inference in a functional model of language

Igor M. Boguslavsky

Kharkevich Institute for Information Transmission Problems (RAS), Moscow, Russia;  
Universidad Politécnica de Madrid, Spain; bogus@iitp.ru

**Abstract:** We describe a model of semantic analysis (SemETAP) aiming at producing semantic structures of Russian sentences. The model is a new option of the ETAP-4 linguistic processor and reuses some of its linguistic knowledge. We believe that the more inferences we can draw from a text, the better we understand it. Therefore, the model tries to make all the inferences its knowledge allows us to make. The inferences are of two types: strict implications and plausible expectations (implicatures). We describe different types of knowledge, both linguistic and extralinguistic, which the model has at its disposal, and show how this knowledge can be used for text understanding. In particular, we discuss some issues related to reference, which are difficult for automatic analysis and show how SemETAP helps cope with them.

**Keywords:** artificial intelligence, logical-semantic relations, natural language processing, reference, semantics

**Acknowledgements.** The paper is supported by the Russian Ministry of Science and Higher Education (project No. 075-15-2020-793).

**For citation:** Boguslavsky I. M. Semantic analysis supported by inference in a functional model of language. *Voprosy Jazykoznanija*, 2021, 1: 29–56.

**DOI:** 10.31857/0373-658X.2021.1.29-56

## 1. Вводные замечания

### 1.1. Компьютерная лингвистика и обработка естественного языка

В этой статье речь пойдет о компьютерной семантике — сфере, практически не представленной в традиционных лингвистических журналах. Поэтому представляется уместным предварить наш рассказ небольшим введением, обрисовывающим фон, на котором его следует воспринимать.

Компьютерная семантика входит в более широкую дисциплину под названием компьютерная лингвистика, под которой понимается обширная и разнородная область, охватывающая многообразные применения компьютерных инструментов и методов к естественному языку. К сожалению, в последние десятилетия в этой области наблюдается тенденция к размыванию границы между фундаментальной наукой и инженерией и сползанию фундаментальной науки в сторону инженерии. Тем не менее эту границу не стоит терять из виду. Следует различать «компьютерную лингвистику» (computational linguistics, CL) и «обработку естественного языка» (natural language processing (NLP), также известную как «языковая инженерия», natural language engineering). Компьютерную лингвистику естественно понимать как фундаментальную науку, задачей которой является изучение естественного языка и феномена владения естественным языком методом компьютерного моделирования. Обработка естественного языка — это скорее область инженерии, основная цель которой — разрабатывать полезные приложения, связанные с естественным языком. Таких приложений множество. Это, например, машинный перевод, информационный поиск, извлечение информации из текстов, программы в помощь автору, такие как орфографический или грамматический корректор, распознавание устной речи, автоматическое определение «тональности текста» и др. Разумеется, эти два направления тесно связаны, и термины «компьютерная лингвистика» и «обработка естественного языка», особенно в англоязычном варианте natural language processing, часто употребляются как синонимы. Тем не менее их целесообразно различать, поскольку у этих направлений существенно разные задачи. Сошлемся здесь на мнение классика компьютерной лингвистики Мартина Кэя, который в своем выступлении на церемонии вручения ему премии Lifetime Achievement Award от Ассоциации компьютерной лингвистики подчеркивал: “Computational linguistics is not natural language processing. Computational linguistics is trying to do what linguists do in a computational manner, not trying to process texts, by whatever methods, for practical purposes. Natural language processing, on the other hand, is motivated by engineering concerns. I suspect that nobody would care about building probabilistic models of language unless it was thought that they would serve some practical end” [Kay 2005, 429].

В качестве примера различия подходов возьмем тексты репортажей о футбольных матчах. Это массив текстов, очень интересный с точки зрения моделирования семантики, и ниже мы не раз будем к ним обращаться. Популярная задача для NLP — это information extraction, представляющая собой извлечение из свободного текста строго определенной информации и представление ее в структурированном виде. В данном случае типичная постановка задачи состоит в том, чтобы автоматически выявить из текста репортажа

основные параметры матча, например, какая команда победила и с каким счетом, кто забил голы и на какой минуте, а также представить эту информацию в удобном для восприятия виде, например, в виде таблицы [van Oorschot et al. 2012]. Понятно, что для этой задачи важно суметь опознать событие гола, как бы это событие ни было представлено в тексте. С точки зрения данной задачи такие разные выражения, как *открыть счет*, *сравнять счет* и *отыграть один мяч* представляют собой просто сообщения о том, что был забит один гол. Все, что выходит за рамки запрашиваемой информации, остается невосстановленным и не анализируется.

С другой стороны, если посмотреть на текст репортажа с более широкой точки зрения — с точки зрения понимания текста в целом — то окажется, что помимо утверждения о голе эти выражения содержат и другие компоненты значения. Так, *открыть счет* означает не просто забить гол, но и то, что этот гол — первый в матче. Выражение *сравнять счет* означает не только то, что гол был забит, но и то, что в результате этого счет стал равным. Выражение *отыграть один мяч* означает ‘забить гол в ситуации, когда забивающая команда имела меньше забитых голов, чем ее соперник, а в результате этого гола разница в количестве забитых голов уменьшилась на единицу’.

Итак, для задачи *information extraction* интерес представляют только те несколько компонентов значения, которые были заранее объявлены существенными и которые, по некоторым данным, составляют обычно не более 10 % всего содержания текста. При моделировании понимания текста идеалом является весь объем сведений, который может извлечь из текста человек, хорошо владеющий не только языком, но и всем комплексом внеязыковой информации, необходимой для адекватного понимания. Разумеется, эта задача в полном объеме неразрешима, но она задает тот ориентир, к которому следует стремиться.

## 1.2. Компьютерная лингвистика и лингвистика

Благодаря успехам машинного обучения и по ряду других причин за последние 20–25 лет интерес к теоретическим проблемам языка в компьютерно-лингвистическом сообществе значительно ослаб, и вместе с ним ослабли связи с лингвистикой как таковой. Компьютерная лингвистика в значительной степени превратилась в прикладную статистику [Wintner 2009]. Большая часть работ, представляемых на основных компьютерно-лингвистических конференциях, таких как ACL, EMNLP, IJCNLP, CoNLL, COLING и CicLing, обсуждают инженерные решения практических задач методом машинного обучения. Крайнее выражение этой тенденции, которое автору довелось услышать от одного из ее убежденных сторонников, звучит так: «Соотношение компьютерной лингвистики и просто лингвистики похоже на соотношение самолетостроения и орнитологии. Когда-то самолетостроение оторвалось от орнитологии и больше никогда к ней не вернется. Точно так же пришло время для того, чтобы компьютерная лингвистика оторвалась от лингвистики».

Тем не менее можно наблюдать и тенденцию к сближению между компьютерной лингвистикой, с одной стороны, и лингвистикой теоретической и описательной, с другой. Такое сближение идет в основном в двух встречных направлениях. Первое из них можно назвать «лингвистика для компьютерной лингвистики». Растет число работ, которые демонстрируют, что учет лингвистических знаний может повысить эффективность компьютерно-лингвистических приложений. Чаще всего это принимает форму включения синтаксических и семантических характеристик в число параметров, учитываемых при машинном обучении, вдобавок к более простым морфологическим и позиционным характеристикам. Обзор таких работ можно найти в [Толдова, Ляшевская 2014]. Сюда же можно отнести точку зрения, согласно которой роль лингвистов в компьютерно-лингвистическом

процессе состоит в создании разного рода размеченных корпусов, на базе которых будет проводиться машинное обучение.

Второе направление можно квалифицировать как «компьютерную лингвистику для лингвистики». Здесь речь идет о работах, показывающих, как можно использовать компьютерные методы для решения традиционных задач языкознания, которые трудно решить обычными методами [Nerbonne 2007; Бонч-Осмоловская 2016]. В первую очередь здесь можно говорить об анализе многофакторных явлений, для которых невозможно построить строгие правила. Хорошим примером такой задачи является задача предсказания выбора варианта в дативной конструкции в английском языке (*John gave Mary a book — John gave a book to Mary*). Хорошо известно, что на этот выбор влияет целая серия параметров, нередко конфликтующих друг с другом. Методика машинного обучения позволяет определить относительный вес каждого из параметров и связь этих весов с результирующим предсказанием [Bresnan, Ford 2010]. Интересный результат из области лингвистической типологии получен в работе [Daumé III, Campbell 2007], в которой методы машинного обучения применяются к данным Всемирного атласа лингвистических структур, в результате чего выявляются лингвистические универсалии. В [Nerbonne 2007] приводятся примеры плодотворного применения компьютерных методов в диалектологии, диахронной лингвистике, при изучении усвоения языка и языковых контактов.

В настоящей статье мы хотели бы продемонстрировать несколько другую перспективу для взаимодействия теоретической и компьютерной лингвистики — построение реализованной на компьютере модели языка, имитирующей основные языковые способности человека — говорение (синтез текста) и понимание (анализ текста). С одной стороны, такую задачу следует считать безоговорочно находящейся в сфере ответственности лингвистики как фундаментальной науки — ведь речь идет о построении модели явления, которое составляет главный объект ее изучения. С другой стороны, эта задача решается методом построения компьютерной системы и тем самым с не меньшим основанием относится к области компьютерной лингвистики в том ее понимании, о котором мы говорили выше. Здесь еще раз уместно сослаться на М. Кэя, который призывал компьютерных лингвистов не терять из виду центральной роли исследований языка: «Language (...) remains a valid and respectable object of study, and I earnestly hope that [computational linguistics] will continue to pursue it» [Kay 2005, 438].

Над такой моделью под названием ЭТАП-4 коллектив Лаборатории компьютерной лингвистики Института проблем передачи информации РАН работает в течение длительного времени. По ряду причин внешнего характера, обусловленных тем, что работа начиналась в рамках отраслевого информационного института Министерства электротехнической промышленности, эта модель долго позиционировалась как система машинного перевода, но по существу главной целью коллектива, руководимого Ю. Д. Апресяном, была фундаментальная задача построения действующей модели анализа и синтеза текста. Общая концепция этой модели и многие фрагменты публиковались по ходу работы (см., например, [Апресян и др. 1989; 1992; 2010]). В этой статье мы хотели бы рассказать о новой части модели, которой мы занимаемся в последние годы. Это семантика, точнее — семантический анализатор<sup>1</sup>. Его задача — строить семантические структуры предложений русского языка, представляющие значение этих предложений эксплицитным образом. Существенно, что это значение включает в себя значительное количество умозаключений, надежных или предположительных, которые можно сделать на основе всех доступных модели знаний, как лингвистических, так и лежащих вне языка. Поскольку наше изложение предназначено для лингвистов, мы будем избегать технических деталей и сосредоточимся на содержательной стороне дела. Более подробное изложение разных фрагментов работы можно найти

<sup>1</sup> Пользуюсь случаем, чтобы с удовольствием и благодарностью перечислить непосредственных участников работы над семантическим анализатором. Это В. Г. Диконев, Е. И. Иншакова, Л. Л. Иомдин, А. В. Лазурский, И. П. Рыгаев, С. П. Тимошенко и Т. И. Фролова.

в [Boguslavsky et al. 2016; 2018; 2020; Boguslavsky 2017]. Тех читателей, которые интересуются формальными аспектами проекта — архитектурой модели, алгоритмами, формальными языками для записи лингвистических данных, механизмом вывода следствий и пр., — мы отсылаем к публикациям [Апресян и др. 1992; Rygaev 2017; 2018; Boguslavsky et al. 2019]. В настоящей статье мы видим свою задачу в том, чтобы показать, в каком направлении развивается наша модель естественного языка, какие новые черты она приобретает в ходе построения семантического модуля и какие новые задачи они позволяют решить.

План дальнейшего изложения будет следующим. В разделе 2 будет описана постановка задачи. Здесь мы постараемся обосновать наш подход к моделированию семантики, отличающийся от *mainstream*. Затем мы перейдем непосредственно к нашей модели. В разделе 3 мы дадим ее общий обзор, а в разделе 4 остановимся на ее важнейших особенностях: используемых языковых и внеязыковых знаниях, типах следствий и способах их извлечения и принципах семантического разложения. В разделе 5 мы покажем, как наша модель позволяет справиться с некоторыми сложными проблемами референции.

## **2. Постановка задачи: семантический анализ текстов с использованием разных источников информации**

### **2.1. Машинное обучение, нейронные сети и подход, основанный на знаниях**

Как мы упоминали в предыдущем разделе, *mainstream* современной компьютерной лингвистики и, в частности, компьютерной семантики образуют работы, основанные на машинном обучении и в особенности на нейронных сетях (*data-based approach*). Модель, которую строим мы, не принадлежит к этому направлению. Наш подход состоит в том, чтобы использовать эксплицитные знания, сообщенные системе человеком (*knowledge-based approach*). В настоящее время эти два подхода довольно резко противопоставлены, хотя есть признаки того, что они сближаются и в конечном итоге сольются.

Следует объяснить, на чем основывается наш выбор. Во многих случаях выбор парадигмы определяется задачей, которую исследователи перед собой ставят. Скажем, если мы хотим научить компьютер определять, какие слова близки по значению, а какие стоят дальше друг от друга и насколько, то для этого хорошо подойдут методы дистрибутивной семантики и глубокого обучения, опирающиеся на частоту употребления слов в определенных контекстах [Schutze 1992; Turney, Pantel 2010; Kutuzov, Andreev 2015]. Если же наша задача требует не просто установления факта семантической близости слов, но и выявления того, что именно слова значат и в чем состоят различия между ними (а полная модель языка, безусловно, должна включать и такое знание — ср. [НОСС 2004]), то эти методы нам вряд ли помогут. Аналогично, если нашей целью является только получение конкретного полезного приложения (например, системы, способной строить синтаксические структуры предложений или переводить текст с одного языка на другой), то, скорее всего, предпочтительным инструментом будут нейронные сети. Если же мы хотим, чтобы наше описание некоторого лингвистического явления или фрагмента языка было объяснительным и, например, давало возможность сравнить его с аналогичным явлением другого языка или того же языка, но в другой период времени, то модель, основанная на машинном обучении, нам не подойдет, поскольку она не будет столь прозрачной, какой может быть модель, основанная на знаниях. На сегодня при прочих равных условиях лингвистическая модель, основанная на знаниях эксперта, обладает большей объяснительной силой, чем модель, полученная с помощью машинного обучения, по крайней мере, при современном уровне технологии.



Близкие соображения высказываются и со стороны компьютерной науки. При всех успехах машинного обучения, в последнее время нарастает неудовлетворенность его непрозрачностью. Появился новый термин — «прозрачный искусственный интеллект» (explainable (interpretable, transparent) Artificial Intelligence), который объединяет разнообразные попытки сделать работу искусственного интеллекта понятной человеку (см. [Došilović et al. 2018; Ribeiro et al. 2016], а также материалы конференции IJCAI 2017 Workshop on Explainable Artificial Intelligence). Эрик Мюллер, известный специалист в области искусственного интеллекта и автоматизации умозаключений, основанных на обыденной логике (common sense reasoning), посвятил этой проблеме книгу под названием «Transparent computers: Designing understandable intelligent systems» [Mueller 2016], в которой настаивает, что интеллектуальные системы должны стать более прозрачными и открытыми для понимания человеком. Пользователи должны иметь возможность понимать, почему компьютер пришел к тому или иному выводу или предпринял те или иные действия. Поэтому интеллектуальные системы должны быть способны рассуждать как люди, они должны использовать понятия, знакомые людям, и оперировать ими понятным людям образом. Компьютеры должны быть способны объяснить человеку ход своих рассуждений, так чтобы он мог решить, следует ли ему принять или отвергнуть совет, предлагаемый системой. С такой системой пользователю работать удобнее, и он больше ей доверяет. К сожалению, нейронные сети, которые постепенно становятся основным инструментом компьютерной лингвистики, при всех своих достоинствах, лишены прозрачности и представляют собой «черный ящик». Пользователь не знает, что они делают и на чем основываются их выводы. В то же время так называемые символичные подходы в значительной степени обладают прозрачностью и интерпретируемостью. Если ограничиваться областью компьютерной семантики, то можно назвать такие подходы, как Cys [Lenat 1995], OntoSem [Nirenburg, Raskin 2004], Event Calculus [Mueller 2006] и Компрено [Anisimovich et al. 2012]. Они представляют знания эксплицитным образом и оперируют ими так, что людям вполне по силам проследить за ходом умозаключений. Наша система, о которой мы будем говорить ниже, также находится в русле этой традиции. Ее задача — моделирование понимания текста посредством умозаключений, и для такой задачи особенно важно, чтобы человеку было понятно, на основе каких фактов и правил система строит свои выводы.

Поясним сказанное на примере. Рассмотрим задачу разрешения анафоры в специальном классе предложений, которые требуют привлечения фоновых знаний (background knowledge) о мире (подробнее о ней будет рассказано ниже в разделе 5.4). Эта задача известна под именем Winograd Schema Challenge. В целом ряде исследований такие предложения используются для тестирования способности системы использовать фоновые знания. Так, в статье [Peng et al. 2015] приводится пример *Bill was robbed by John, so the officer arrested him* ‘Билл был ограблен Джоном, и полицейский арестовал его’ и рассказывается, каким образом предлагаемый авторами метод обнаруживает, что антецедентом местоимения *him* ‘его’ является Джон, а не Билл. Коротко говоря, этот метод опирается на то, что объектом ареста чаще бывает агент ограбления, чем его жертва, и эту информацию можно извлечь из больших корпусов текстов с помощью статистической обработки. Однако даже если эта информация доступна, она говорит лишь о том, что бывает чаще, но не предлагает никакого объяснения того, почему одно положение вещей более частотно и естественно, чем другое. Таким объяснением могла бы служить демонстрация того, что выбранное положение вещей больше согласовано с семантикой слов и фоновыми знаниями, чем альтернативное. В данном примере это могло бы выглядеть так. Арест представляет собой ограничение свободы лица, которое совершило преступление или подозревается в этом. Объект ареста совпадает с агентом преступления не потому, что так случается часто, а потому, что это вытекает из определения понятия арест. Ограбление принадлежит к классу преступлений, а значит, и сказанное выше об агенте преступления распространяется и на агента ограбления. Следовательно, естественно, что аресту подвергается тот, кто совершил ограбление.

Понятно, что для того чтобы сформулировать такое умозаключение, необходимо располагать эксплицитными знаниями и уметь ими манипулировать. Однако выявление и накопление таких знаний представляет собой большую проблему, на которой мы остановимся в следующем разделе.

## 2.2. Откуда брать фоновые знания?

Подход к моделированию понимания текста, основанный на знаниях, предполагает, что фоновые знания, по крайней мере, значительная их часть, должны быть представлены эксплицитно. Имеется много попыток извлекать такие знания из больших массивов текстов автоматически, но эти попытки пока не открыли возможности получать нетривиальные знания. Возможно, этот подход в конечном счете и приведет к успеху, но, пока этого не произошло, нам представляется заманчивым другой путь.

Мы исходим из того, что формализация нетривиального массива фоновых знаний может быть получена путем кропотливой ручной работы, заключающейся в последовательном построении различных фрагментов «наивной картины мира». Можно надеяться, что таким образом будет построено некоторое приближение к полной картине. Это длинный путь, и мы находимся близко к его началу, так что ожидать быстрого достижения цели не приходится. Разумеется, наши сомнения относительно реалистичности автоматического построения полной модели нисколько не препятствуют тому, чтобы включать в общую копилку знаний те фрагменты, которые удастся получить автоматически. В первую очередь это касается базовых онтологических соотношений («дуб — дерево») и знаний об индивидах («Дмитрий Шостакович — композитор и пианист, родился в 1906 году в Санкт-Петербурге»), которые уже сейчас легко автоматически извлекаются из Википедии и других общедоступных массивов знаний. Однако основной объем фоновых знаний разрабатывается вручную.

На сегодняшний день имеется несколько попыток формализации разных фрагментов фоновых знаний человека (микротеорий), начиная с весьма узких сценариев типа разбиения яйца и выливания его содержимого в сосуд [Morgenstern 2001] и заканчивая достаточно широкими фрагментами «наивной картины мира», такими как эмоции, межличностные отношения, наивная психология, каузальность, изменение состояния и др. [Gordon, Hobbs 2004; 2011; Hobbs, Gordon 2008; 2010; Gordon et al. 2011; Hobbs et al. 2012; Montazeri, Hobbs 2011; 2012; McShane et al. 2009]. Формализация мира острых событий футбольного матча описана в работе [Boguslavsky et al. 2018]. Однако пока количество таких фрагментов совершенно недостаточно для покрытия текстов общей семантики.

## 3. Семантический модуль системы ЭТАП-4: SemETAP

Как упоминалось выше, Лаборатория компьютерной лингвистики ИППИ РАН разработала компьютерную систему ЭТАП-4, представляющую собой функциональную модель языка, реализующую понимание (анализ) и порождение (синтез) текста. Теоретической основой для этой системы являются модель «Смысл  $\Leftrightarrow$  Текст» И. А. Мельчука и теория интегрального описания языка Ю. Д. Апресяна.

Основные постулаты, заимствованные нами из этих теорий, можно сформулировать в виде двух положений:

1. Соответствие между текстом и его семантическим представлением устанавливается через ряд промежуточных уровней. Переход от одного уровня к другому осуществляется с помощью специальных правил, записанных на формальном языке.

2. Лингвистические знания модели распределены между двумя источниками: грамматикой и словарем. Грамматика представляет собой совокупность общих правил, преобразующих структуру предыдущего уровня в структуру последующего уровня. Словарь содержит разнообразную информацию о каждом слове, которая может потребоваться для выполнения правил.

Естественно, что при создании модели, которая должна функционировать на компьютере, некоторые компоненты теории остались не реализованными, а некоторые другие потребовали более детальной проработки. В частности, пришлось разработать формальные языки для записи лингвистической информации, которые были бы, во-первых, удобны для лингвистов, а во-вторых, допускали бы эффективную алгоритмическую обработку.

Поскольку нашим главным предметом в данной статье является семантический компонент модели ЭТАП-4, мы не имеем возможности характеризовать здесь все компоненты этой модели. Читателей, интересующихся описанием других компонентов, отсылаем к работам, упоминавшимся выше<sup>2</sup>. А мы перейдем непосредственно к семантическому модулю. Этот модуль вступает в действие после того, как отработали начальные этапы обработки предложения, которые осуществляют три последовательные операции:

1. Морфологический анализ, преобразующий исходное предложение в его морфологическую структуру (МорфС), в которой каждое слово представлено в виде словарной формы (леммы), снабженной полным набором морфологических характеристик.
2. Синтаксический анализ<sup>3</sup>, преобразующий МорфС предложения в его синтаксическую структуру (СинтС). Она представляет собой дерево зависимостей, узлами которого являются леммы с морфологическими характеристиками, а ребрами — имена синтаксических отношений данного языка.
3. Нормализация, преобразующая СинтС предложения в его нормализованную синтаксическую структуру (НормСинтС), которая отличается от СинтС тем, что в ней элиминированы некоторые лексико-синтаксические особенности исходного предложения, такие как синтаксически обусловленные предлоги и союзы, обрабатываются аналитические формы глагольных времен и сравнительной и превосходной степени прилагательных и наречий, отыскиваются значения лексических функций, антецеденты анафорических местоимений и проводятся некоторые другие операции, приближающие СинтС к семантической структуре.

После этих предварительных этапов осуществляется собственно семантический анализ. Его задача — семантическая интерпретация предложения. Она осуществляется с использованием широкого спектра лингвистических и нелингвистических знаний и заключается в последовательном построении двух типов семантических структур — Базовой семантической структуры (БСемС) и Расширенной семантической структуры (РСемС). Первая из них отражает непосредственное значение предложения, а вторая обогащает первую разнообразными следствиями. Оба типа структур строятся из элементов онтологии — особого ресурса, который представляет собой структурированное представление объектов внешнего мира и их свойств, о котором мы расскажем ниже.

<sup>2</sup> Саму систему ЭТАП-4 можно скачать для научных или педагогических целей на странице <http://proling.iitp.ru/software>.

<sup>3</sup> Морфологический и синтаксический анализ реализованы в виде самостоятельного модуля — синтаксического анализатора SyntETAP. Это одна из наиболее полных и эффективных из существующих компьютерных моделей русского синтаксиса, с помощью которой был создан глубоко размеченный корпус СинТагРус, составляющий интегральную часть Национального корпуса русского языка (<http://ruscorpora.ru/new/instruction-syntax.html>).



Надо сказать, что уже в ходе синтаксического анализа и нормализации предложения используется значительное количество семантической информации. Это и семантические признаки слов, и семантические требования предикатов к заполнению валентностей, и семантические ограничения на насыщение позиций в определенных конструкциях, и лексические функции модели Смысл  $\Leftrightarrow$  Текст. Однако всего этого недостаточно, для того чтобы можно было говорить о полноценном семантическом компоненте модели понимания текстов. Распространение модели на уровень семантики потребовало решения нескольких новых задач. Среди них было выделено три приоритетных направления:

- Разложение сложных значений на более простые компоненты.
- Объединение языковой и внеязыковой информации.
- Извлечение разнообразных следствий.

Ниже мы остановимся на этих направлениях подробнее.

## **4. Знания, имеющиеся в распоряжении SemETAP**

SemETAP располагает значительным объемом знаний, которые распределены между несколькими ресурсами. Языковые знания хранятся в морфологическом и комбинаторном словарях и в нескольких массивах правил. Внеязыковые знания сосредоточены в онтологии, базе индивидов и массиве правил вывода. Ниже мы коротко расскажем обо всех этих знаниях и начнем с внеязыковых знаний.

### **4.1. Онтологические знания SemETAP: онтология и база индивидов**

#### **4.1.1. Онтология**

Основным инструментом для записи внеязыковой информации является «онтология». Этот термин был позаимствован информатикой из философии и обозначает формальную модель некоторой области знаний, показывающую, какие сущности функционируют в этой области, каковы их свойства и как они связаны между собой. Онтологии широко используются в информатике и искусственном интеллекте для представления знаний, унификации терминологии, обмена данными, разработки вопросно-ответных систем, обеспечения совместимости между разнородными системами и базами данных и других задач. В нашем анализаторе онтология играет двойную роль.

С одной стороны, она представляет собой хранилище структурированной информации о концептах<sup>4</sup>, а с другой стороны, служит метаязыком семантического описания. Это значит, что семантические структуры, порождаемые анализатором, строятся из онтологических элементов, а для того чтобы это было возможно, все значимые элементы естественного языка (лексические единицы, морфологические показатели, синтаксические конструкции) должны интерпретироваться в терминах этих элементов. Аналогичный подход принят в теории онтологической семантики [Nirenburg, Raskin, 2004].

---

<sup>4</sup> В применении к онтологии термин «концепт» синонимичен термину «класс», и мы будем пользоваться обоими этими терминами.

**Замечание.** Мы не можем давать здесь обзор всех существующих в компьютерной семантике подходов к семантическому анализу. Упомянем еще лишь один популярный ресурс — FrameNet — лексическую базу данных для английского языка, основанную на семантике фреймов Ч. Филлмора, и сопряженный с ней корпус текстов. FrameNet описывает семантику посредством фреймов — концептуальных структур, связывающих событие и его участников посредством семантических ролей [Ruppenhofer et al. 2016]. FrameNet используется главным образом для того, чтобы соотнести слова предложения с соответствующим фреймом, обнаружить в предложении элементы фрейма и установить их семантические роли. Основное различие FrameNet и нашего подхода состоит в том, что наши описания концептов содержат, помимо фиксации семантических ролей, и много другой информации, как языковой, так и внеязыковой. Кроме того, во FrameNet семантическое описание фрейма выполнено неформально, на естественном языке и не предназначено для построения семантической структуры и автоматического извлечения следствий.

Концепты обозначают классы сущностей, и описание концепта характеризует все элементы этого класса. В каждый такой класс могут входить как другие классы (более частные концепты), так и индивидуальные объекты (индивиды). Так, описание концепта *City*<sup>5</sup> характеризует «город вообще», а описание индивида *Moscow* наследует всю информацию о «городе вообще» и кроме того содержит релевантные сведения об этом конкретном индивиде. Подробнее об индивидах мы будем говорить в разделе 4.2.2.

Описать концепт онтологии значит, прежде всего, указать, какие отношения связывают данный концепт с другими онтологическими элементами. Основное отношение, устанавливаемое между концептами онтологии, — это отношение класс/подкласс (*isA*). Это отношение связывает, например, концепт *SocialRole* («социальная роль») и более узкий концепт *Position* («должность»), концепт *Human* («человек») и *Woman* («женщина»), концепт *Urging* («побуждение») и *Request* («просьба») и т. д. Отношение класс/подкласс формирует иерархическую сеть концептов. В вершине этой сети находится исходный концепт *Thing*, имеющий два подкласса — ситуации в широком смысле (*Event*) и объекты тоже в широком смысле (*Object*). Все остальные концепты непосредственно или опосредованно входят в эти классы.

Помимо отношения класс/подкласс в онтологии используется и ряд других отношений, которые описывают разные свойства концептов. Наверное, наиболее ожидаемые лингвистами свойства концептов — это семантические валентности. Например, концепту *Giving* «давать» приписаны отношения *hasAgent*, *hasObject* и *hasRecipient*, а концепту *Gratitude* «благодарность» — отношения *hasExperiencer* «кто благодарен», *hasObject* «кому» и *hasStimulus* «за что». Эти отношения представляют собой привычные семантические роли. Есть и другие, невалентные, отношения, с помощью которых описывается множество других свойств объектов. Например, концепту *Human*, среди прочих, приписаны такие отношения, как *hasFirstName*, *hasFamilyName*, *hasBirthDate*, *hasBirthPlace*, *hasNationality*, *hasHomeAddress* и т. п. Про каждое отношение сообщается, какого рода сущности оно может присоединять к данному концепту. Например, отношение *hasBirthDate* присоединяет дату, отношение *hasBirthPlace* — географический объект, а отношение *hasFirstName* — произвольную цепочку букв. Несколько упрощая, можно сказать, что описание концепта включает в себя нечто вроде анкеты, задающей свойства объектов данного класса, существенные с точки зрения тех задач, для которых разрабатывается онтология (хотя в общем случае описание концепта такой анкетой не исчерпывается). Так, набор отношений, приписанных концепту *Human*, говорит о том, что для людей существенны такие свойства, как, например, имя, фамилия, дата и место рождения и домашний адрес. Значения этих свойств *Human* не фиксированы: у разных людей эти свойства могут принимать разные значения.

<sup>5</sup> Здесь и ниже, цитируя онтологические элементы, мы будем иметь в виду конкретную онтологию *OntoETAP*, разработанную для проекта *SemETAP*.

Между тем существуют свойства, которые имеют фиксированные значения. Например, значением свойства *hasNumberOfLegs* у того же концепта *Human* (если бы мы захотели такое свойство ввести) было бы конкретное число 2, поскольку все объекты, входящие в класс *Human*, характеризуются именно этим значением данного свойства.

Лингвистической аналогией отношениям с нефиксированными значениями могут служить семантические валентности слов. Подобно тому, как словарь русского языка говорит нам, что у глагола *давать* есть валентности агента, пациенса и реципиента, онтология говорит, что у концепта *Human* есть слоты<sup>6</sup> *hasFirstName*, *hasFamilyName*, *hasBirthDate*, *hasBirthPlace*, *hasNationality*, *hasHomeAddress* и т. п. Можно утверждать, что если слову соответствует некоторый концепт, то семантической валентности слова всегда отвечает определенный слот этого концепта, но обратное неверно. Онтологические слоты не всегда соответствуют семантическим валентностям слов. Для случая *давать* / *Giving* такое соответствие есть, а для случая *человек* / *Human* его нет. Слотам *hasFirstName*, *hasBirthDate* и т. п., разумеется, не соответствуют семантические валентности *человек*.

Однако аналогию между онтологическими слотами и семантическими валентностями слов полезно иметь в виду.

Свойства концептов могут описываться не только как значение того или иного слота (типа *Blood hasColor Red*), но и более сложным образом. Например, описание концепта помощи (см. раздел 5.4, рис. 3) содержит информацию о том, что бенефициар помощи хочет достичь некоторой цели, и что достичь ее ему трудно; агент помощи делает нечто, что облегчает для бенефициара достижение его цели; эти действия агента оцениваются как благоприятные для бенефициара.

Важная особенность онтологий состоит в том, что все свойства классов наследуются их подклассами. Так, концепты *Man*, *Woman*, *Boy*, *Girl* и т. п. являются подклассами концепта *Human* и в силу этого автоматически наследуют отношения *hasFirstName*, *hasBirthDate*, *hasBirthPlace*, *hasNationality* и т. п. Это позволяет строить более компактные описания концептов, содержащие только ту информацию, которая отличает данный концепт от вышележащего.

Чтобы дать более полное представление о том, какая информация включается в онтологическое описание концепта, перечислим основные аспекты, которые надо принимать во внимание при описании предметов (*PhysicalObject*):

- части *PhysicalObject*: обязательные (*птица — крыло, дом — крыша*) или типичные (*дом — чердак, подвал, погреб*);
- то, для чего *PhysicalObject* является частью (*окно — строение, транспорт*);
- типичные размеры *PhysicalObject* (длина, ширина, высота);
- типичная форма *PhysicalObject* (*таблетка — круглая*);
- типичный цвет *PhysicalObject* (*яблоко — красное, зеленое, желтое*);
- главное предназначение *PhysicalObject* (*топор — рубить, нож — резать, ручка — писать, еда — съедать, напиток — пить*);
- здесь надо указать не только соответствующее действие, но и ту роль, которую в нем играет характеризуемый концепт. Например, топор является для рубки инструментом, а напиток для питья — объектом.
- типичный материал или предмет, из которого *PhysicalObject* состоит или делается (*книга — бумага, обложка — картон, сок (фруктовый) — фрукт, курица — курица*);

<sup>6</sup> Слот — это приблизительный аналог лингвистического понятия валентности, используемый в работах по представлению знаний. Слот концепта представляет собой позицию, в которую могут помещаться онтологические элементы, выполняющие относительно концепта определенную семантическую роль.

- вещи, которые типично делаются из `PhysicalObject` (свойство, обратное к материалу) (*фрукт — сок, молоко — сыр, древесина — мебель, золото — ювелирные изделия*);
- типичное местонахождение `PhysicalObject` (*рыба — в естественном водном ресурсе или в аквариуме, фрукты — в саду, морошка — в тундре*);
- типичное происхождение `PhysicalObject` (*авокадо — южный регион, камамбер — Франция*);
- частые ситуации с участием `PhysicalObject` (отличные от его главного предназначения): *топор — забивать гвозди* (Инструмент), *нож — убивать* (Инструмент), *курица — готовить в пищу* (Объект), *кормить* (Объект), *откладывать яйца* (Агент).

По полноте и детальности описания концептов сближаются со словарными толкованиями слов, но часто превосходят их по объему сообщаемых внеязыковых знаний. Однако эти описания не должны дублировать энциклопедический словарь. Мы стремимся включать в описание только такую внеязыковую информацию, которая может быть полезной для умозаключений (подробнее ниже в разделе 4.3), хотя, разумеется, четкую границу провести здесь очень сложно.

Приведем (несколько упрощенный) пример онтологического описания концепта Библиотека (`Library`) — рис. 1. Мы дадим описание на формальном языке Etalog, который был специально разработан для SemETAP, с необходимыми комментариями.

```
[1] Library ?library
[2] ->
[3] ?library
[4]   isA ClientServingOrganization
[5]   hasManager(Human)
[6]   hasUser(Human ?user)
[7]   hasInStaff(Human ?librarian
                hasRole LibrarianRole)
[8]   belongsTo(Thing
                hasAlternative(Organization)
                hasAlternative(GeopoliticalUnit))
[9]   hasFunction
        ((Lending ?lending)
         hasAgent ?librarian
         hasObject (ContentBearingObject ?material)
         hasRecipient ?user)
[10] hasUserAction(Using
                  has Agent ?user
                  hasObject ?material)
[11]   hasInStock (ContentBearingObject)
[12]   hasAboutness (Thing)
[13] Subrule 1:
      {?library hasAboutness ?topic
       ->
       ?library hasInStock (?book
                           hasAboutness ?topic) }
```

Рис. 1. Описание концепта `Library` в онтологии

Комментарии.

**Строки [1]–[3]** гласят: пусть объект `?library` входит в класс `Library`. Тогда этот объект обладает свойствами, перечисленными ниже. Записи, начинающиеся с символа `?`, обозначают переменные, и про каждую из них сообщается, сущность какого класса она обозначает. Так, в тексте описания фигурируют переменные `?user` и `?librarian`, и обе они обозначают некоторую сущность класса `Human` (см. строки [6] и [7]).

**Строка [4]**. Про каждый концепт надо сообщить, в какой более широкий класс он входит. Здесь сообщается, что `Library` входит в класс `ClientServingOrganization`. Этот класс включает в себя организации, функция которых состоит в оказании услуг клиентам. Наряду с `Library` к этому классу относятся концепты, обозначающие магазин, ресторан, поликлинику, школу и т. д. `ClientServingOrganization`, в свою очередь, входит в более широкий класс `Organization`.

**Строка [5]**. Здесь говорится, что в библиотеке есть руководитель, и эту роль выполняет некоторый элемент класса `Human`. Это свойство не является специфическим свойством библиотеки, а унаследовано от более широкого класса `Organization`, в который входит `ClientServingOrganization`, а значит и `Library`.

**Строка [6]**. Это свойство — иметь клиентов — также унаследовано от класса `ClientServingOrganization`.

**Строка [7]**. В штат библиотеки входит человек, выполняющий роль библиотекаря. А это — собственное свойство концепта `Library`. Оно не наследуется от вышележащих концептов.

**Строка [8]**. Здесь фиксируется, что библиотека имеет административное подчинение; она принадлежит либо организации (*факультетская, заводская библиотека*), либо географическому объекту, имеющему субъектность (*московская, городская, республиканская, районная, областная, краевая, сельская*).

**Строка [9]**. Функция библиотеки состоит в предоставлении клиенту на время информационных материалов (книг, периодики, аудио- и видеоматериалов и др.).

**Строка [10]**. Отношение `hasUserAction` описывает, как клиент пользуется данным объектом. В случае библиотеки действие клиента состоит в том, что он использует по назначению материалы, выданные библиотекой. Что означает «использование по назначению» зависит от используемого объекта и фиксируется в онтологическом описании самого этого объекта. Так, нормальное использование текстовых объектов (книг, газет, журналов) — это их чтение, аудиоматериалов — прослушивание, видеоматериалов — просмотр. Для других организаций из класса `ClientServingOrganization` действия клиента, естественно, другие. В магазине клиенты что-то покупают, в больнице — лечатся, в ресторане — едят приготовленную там пищу и т. п.

**Строка [11]**. Отношение `hasInStock` показывает, какой тип информационных материалов выдает данная библиотека (книги, периодика, ноты, карты, аудио- и видеоматериалы...).

**Строка [12]**. Отношение `hasAboutness` определяет тематику библиотеки.

**Строка [13]**. Здесь записано правило, гласящее, что если библиотека имеет некоторую тематику, то это значит, что такова тематика хранящихся в ней информационных объектов.

Такое описание не только задает существенные компоненты значения концепта, но и позволяет семантически интерпретировать ряд сочетаний слова *библиотека* с другими словами. Как известно, не всегда достаточно знать лексические значения слов, чтобы понять значение словосочетания. Особенно наглядно это обстоятельство проявляется в случае относительных прилагательных. Лексическое значение таких прилагательных, фиксируемое в словарях, часто весьма расплывчато. Прилагательное *московский* вряд ли имеет лексическое значение, более конкретное, чем просто ‘имеющий отношение к Москве’. При этом, встречая это слово в тексте, мы обычно придаем ему более содержательную интерпретацию. Для того чтобы то же мог делать семантический анализатор,

бывает достаточно привлечь внеязыковые знания, которые можно найти в онтологии. Покажем, как это работает, на примере описания библиотеки, приведенного выше. Многие сочетания существительного *библиотека* с относительными прилагательными допускают интерпретацию в терминах слотов концепта *Library*. Например, такие сочетания, как *детская, курсантская, офицерская, рабочая библиотека* заполняют слот, описывающий клиентов библиотеки (*hasUser*), сочетания *заводская, кафедральная, корпоративная, московская, полковая, провинциальная, российская, синодальная, тюремная, университетская, факультетская, церковная, школьная библиотека* соответствуют слоту, задающему административную принадлежность библиотеки (*belongsTo*), а сочетания типа *историческая, медицинская, музыкальная, педагогическая, политехническая, справочная, театральная библиотека* — ее тематику (*hasAboutness*). Для того чтобы эти интерпретации были доступны для семантического анализатора, требуется еще один шаг — установить соответствие между этими прилагательными и их ролями относительно *библиотеки*. Это делается посредством специальных правил в словарной статье *библиотека* (см. раздел 4.2).

#### 4.1.2. База индивидов

Помимо концептов, обозначающих классы сущностей, важную роль играют индивиды — уникальные сущности, которые входят в некоторый класс, но сами подклассов не имеют. Так, *DonaldTrump* является индивидом класса *Human*. Если описание концепта *Human* можно представить себе как анкету, задающую релевантные параметры человека, то описание индивида *DonaldTrump* представляет собой ту же анкету, но уже заполненную. Пользуясь лингвистической аналогией, можно сказать, что у индивида *DonaldTrump* заполнены валентности, объявленные у концепта *Human*. Так, *Human* имеет слот *hasNationality*, который заполняется элементом класса *Nation*. В соответствии с этим у индивида *DonaldTrump* этот слот заполнен индивидом *UnitedStates*, входящим в класс *Nation*.

Индивиды столь же разнообразны, как и концепты. Они могут быть физическими объектами (*VolgaRiver*, *Paris*, *DonaldTrump*), абстрактными объектами (*Meter*, *Second*, *RussianRouble*), атрибутами (*True*, *False*), событиями (*WorldWarII*, *Olympics2014*).

Мы уже упоминали о том, что один из наших проектов состоял в работе над формализацией острых событий футбольного матча. В рамках этого проекта мы построили на основе общедоступного ресурса *DBpedia* обширную базу индивидов, включающую в себя сведения о более чем 200 тысячах индивидов, относящихся к онтологическим классам *Human*, *FootballTeam*, *TimeInterval*, *IndependentState*, *City* и *SportsLeague*. Про каждого игрока эти сведения включают в себя среди прочего имя, фамилию, место и дату рождения, страну, которую он представляет, команду, за которую выступает, футбольную специализацию (вратарь, защитник, нападающий ...), титулы, которые были завоеваны, и др.

## 4.2. Языковые знания SemETAP: комбинаторный словарь, правила

Рамки данной статьи не позволяют нам подробно остановиться на комбинаторном словаре (КС). Ограничимся минимальными пояснениями, тем более что принципы построения комбинаторного словаря подробно описаны в [Апресян и др. 1982; Богуславский, Иомдин 1982; Апресян 2008]. КС содержит несколько типов лексикографической информации, распределенной по разным зонам словарной статьи.



Синтаксические признаки описывают способность или неспособность слов участвовать в тех или иных синтаксических конструкциях. Модель русского синтаксиса, реализованная в системе, использует около 200 синтаксических признаков. Семантические признаки слов используются на всех этапах обработки предложения. К ним обращаются правила разных типов, прежде всего — правила проверки семантического согласования между предикатом и его актантами. В качестве семантических признаков используются концепты онтологии. Модель управления описывает способы выражения синтаксических актантов в терминах лексических, морфо-синтаксических и семантических ограничений. Особую зону словаря составляет зона лексических функций модели Смысл  $\Leftrightarrow$  Текст.

Также особую зону словарной статьи образует информация, необходимая для перевода данной лексики на другой язык. Поскольку ETAP-4 представляет собой лингвистический процессор широкого профиля, некоторые из его опций предполагают перевод с одного языка на другой (рабочие языки системы: русский, английский, испанский, корейский, немецкий, язык-посредник UNL и семантический язык). Так, опция семантического анализа SemETAP осуществляет перевод с русского языка на семантический, и поэтому в словарных статьях русского КС имеется специальная семантическая зона, в которой содержится информация, необходимая для перевода на семантический язык самой этой лексики и некоторых типов ее зависимых.

Эта информация может быть нескольких типов. Прежде всего, необходимо указать семантический коррелят данной лексики. В самом простом случае это просто концепт. Например, *река*  $\Rightarrow$  River. В более сложном случае эту роль выполняет правило, формирующее фрагмент семантической структуры, соответствующий данной лексеме, например:

*тигрица*  $\Rightarrow$  Tiger hasGender Female ('тигр женского пола').

В еще более сложных случаях пишется одно или несколько правил, которые определяют семантический коррелят лексики в зависимости от контекста.

Как видно из этих примеров, концепты, служащие семантическим коррелятом лексики, представляют ее значение в виде «крупных блоков». Именно они фигурируют в Базовой семантической структуре (см. о ней выше, в разделе 3). С большей детальностью значение концептов описывается с помощью правил вывода (см. раздел 4.3), результат работы которых виден на следующем уровне, в Расширенной семантической структуре.

Помимо формулировки семантического коррелята лексики, ее словарная статья задает семантическую интерпретацию некоторых типов слов, связанных с данной лексемой. В первую очередь это касается ее актанных связей, которые нужно проинтерпретировать в терминах онтологических отношений. Например, у глагола *доставлять* подлежащее присоединяется отношением hasAgent (*почтальон доставляет*), первое (прямое) дополнение — отношением hasObject (*доставляет письма*), второе дополнение — отношением hasRecipient (*доставляет жителям*), третье — отношением hasTerminalPoint (*доставляет в деревню*), четвертое — отношением hasStartingPoint (*доставляет из города*), а пятое — отношением hasInstrument (*доставляет на мотоцикле*). Семантическим коррелятом прилагательного *больной* является концепт PathologicProcess (который участвует в семантическом представлении и сотен других слов, таких как *болезнь*, *боль*, *воспаление*, *аллергия*, *ангина*, *заражать*, *кашель*, *лечить* и др.). В таких сочетаниях, как *больной человек* и *больное сердце*, семантический коррелят определяемого существительного присоединяется к концепту PathologicProcess разными отношениями в зависимости от семантического класса существительного. Если это существительное относится к классу живых существ, то выбирается отношение hasExperiencer. Если оно обозначает часть тела или орган, — то отношение hasObject.

В качестве иллюстрации приведем словарную статью лексики *библиотека* (рис. 2). Обращаем внимание читателей на то, что интерпретация сочетаний лексики *библиотека* с относительными прилагательными, о которой мы говорили выше, дается в семантической зоне словарной статьи (ZONE: SEM).

ENTRY:БИБЛИОТЕКА

POR:S

SYNT:ЖЕНСК,ИСЧИСЛ,АГЕНС

DES:ContentBearingObject,Collection,PhysicalObject,Agent,AbstractObject,Organization

SEM-TRANS:Library

GPATTERN

1.1 РОД,Agent

2.1 РОД,^Agent

LEXFUNCS

\_A0:БИБЛИОТЕЧНЫЙ

\_MAGN:БОЛЬШОЙ/БОГАТЫЙ

\_ANTIMAGN:НЕБОЛЬШОЙ/БЕДНЫЙ

\_LABREAL1-2:ЧИТАТЬ<B2>

\_REAL2:БЫТЬ<B2>/ИМЕТЬСЯ<B2>/ХРАНИТЬСЯ<B2>

\_INCEPREAL2:ПОСТУПАТЬ1<B1>

\_FACT1:ОБСЛУЖИВАТЬ

\_REAL1:БЫТЬ<B2>/СИДЕТЬ<B2>/ЧИТАТЬ<B2>

\_INCEPREAL1:ХОДИТЬ1<B1>

TRAF:1-КОМПЛ.20

\*\*\*\*\*

ZONE:EN

TRANS:LIBRARY

\*\*\*\*\*

ZONE:SEM

TRAF:SEM-CONV2.05

T1:ОПРЕД,T2:belongsTo,LO:Organization

//например, корпоративная, кафедральная, полковая, синодальная, заводская, университетская, факультетская, школьная

TRAF:SEM-CONV2.05

T1:ОПРЕД,T2:belongsTo,LO:GeopoliticalArea

//например, городская, республиканская, районная, областная, краевая, сельская

TRAF:SEM-CONV2.05

T1:ОПРЕД,T2:hasUser,LO:Human

//например, курсантская, офицерская, детская, рабочая

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:МЕДИЦИНСКИЙ

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:ИСТОРИЧЕСКИЙ

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:МУЗЫКАЛЬНЫЙ

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ

TRAF:SEM-CONV2.08

T1:ОПРЕД,T2:hasAboutness,LR:ТЕАТРАЛЬНЫЙ

**Рис. 2.** Пример словарной статьи комбинаторного словаря

Метка ENTRY вводит имя лексемы, POR — часть речи, SYNT — синтаксические признаки, DES — семантические признаки, SEM-TRANS — семантический коррелят, LEX-FUNCS — лексические функции. Метки ZONE:EN и ZONE:SEM вводят зоны перевода на другие рабочие языки — английский и семантический.

### 4.3. Правила вывода

Как отмечалось выше, основная задача SemETAP состоит в том, чтобы строить семантическое представление текста, в котором были бы эксплицированы те следствия, которые можно из текста извлечь. Мы исходим из того, что способность извлечь из текста всевозможные следствия является важнейшим проявлением его понимания. Чем больше следствий мы можем вывести из текста, тем лучше мы его поняли. Следствия, которые мы стремимся получать, опираются на знания, которыми располагает анализатор. Эти следствия можно классифицировать по двум признакам — по источнику знаний, на которых базируется умозаключение (раздел 4.3.1), и по степени надежности вывода (раздел 4.3.2). В разделе 4.3.3 мы покажем, как можно получить семантическую интерпретацию предложения с помощью серии выводов.

#### 4.3.1. Источник знаний для вывода

Знания, которые необходимы для того или иного умозаключения, имеют разные источники. Во-первых, они могут вытекать непосредственно из лексического значения слова. Например, если кому-то что-то сообщили, то он владеет этой информацией. Если кого-то заставили прийти, то он пришел. Если некто выполнил обещание приехать, то он приехал. Если кто-то упустил возможность выступить, то он не выступил. Заметим, что имеет смысл привязывать умозаключение не к конкретному слову, а к элементу онтологии, который за ним стоит. Например, глаголы передачи информации, такие как *сказать, сообщить, заявить, поведать, объявить, провозгласить, написать, проинформировать* и др., соответствуют концепту *LinguisticCommunication*, и все они дают основание для вывода типа «X сообщил нечто Y-y ==> Y имеет информацию». Поэтому целесообразно приписывать способность порождать умозаключения непосредственно концептам.

Во-вторых, знания, необходимые для вывода следствия, могут относиться к категории повседневного опыта, или «здравого смысла» (*common sense knowledge*). Приведем несколько примеров: «люди обычно избегают того, что доставляет им неприятные эмоции, и хотят быть в контакте с тем, что им нравится», «если А голоден, то он имеет цель поесть»; «необходимым условием для того, чтобы А поел, является наличие у А еды»; «если А победил Б, то это хорошо для А и плохо для Б»; «если А и Б — соперники, то они имеют противоположные цели». Подобная информация входит в онтологическое описание соответствующих концептов (*PositiveEmotion, NegativeEmotion, BeHungry, Eating, WinEvent, BeAdversaries*).

В-третьих, знания, необходимые для умозаключений, могут относиться к конкретным индивидам и содержаться в базе индивидов. Покажем на примере, как при анализе текста могут взаимодействовать знания, полученные из разных источников.

Рассмотрим предложение (1), взятое из одного из футбольных репортажей, и покажем, как взаимодействуют при его анализе языковые и внеязыковые знания.

- (1) *Корнер у ворот хозяев поля завершился ударом Нецида в упор, но Дикань оказывается на высоте.*

Интерпретируя это предложение, механизм умозаключений (= ризонер, reasoner) SemETAP должен определить, был ли забит гол. Очевидно, что прямого ответа на этот вопрос предложение (1) не дает. Для получения ответа ризонер должен обратиться к трем источникам информации, о которых мы говорили выше, — комбинаторному словарю, онтологии и базе индивидов:

- Комбинаторный словарь сообщает, что выражение *быть (оказываться) на высоте* соответствует онтологическому концепту `EqualToOccasion`, и что подлежащее этого выражения присоединяется к этому концепту отношением `hasAgent`.
- Относительно этого концепта онтология говорит, что он интерпретируется как ‘хорошо сделать то, что следовало сделать’<sup>7</sup>.
- База индивидов содержит информацию о том, что Андрей Дикань является вратарем команды «Спартак».
- Функцию вратаря онтология описывает как ‘предотвращение попадания мяча в ворота своей команды’.
- Попадание мяча в ворота команды противника та же онтология квалифицирует как гол.

Эти пять сведений позволяют ризонеру заключить, что поскольку Дикань является вратарем, то его задача состоит в недопущении попадания мяча в его ворота, и в этом случае *быть на высоте* означает не дать мячу залететь в ворота. Следовательно, гол не забит.

Легко видеть, что если бы база индивидов сообщила, что Дикань является не вратарем, а нападающим, то, учитывая, что функция нападающего состоит в забивании голов, оказалось бы, что выражение *Дикань оказался на высоте* должно интерпретироваться как ‘гол был забит’. Как мы видим, вывод, касающийся того, забит гол или нет, делается ризонером в контексте, который не содержит ни самого слова *гол*, ни какого-либо из его синонимов.

### 4.3.2. Степень надежности вывода

Для представления содержания предложения и особенно для извлечения из него тех или иных следствий часто используется аппарат логики предикатов первого порядка. Однако при всех своих достоинствах, логика первого порядка не может охватить всех типов рассуждений, которые используются в повседневной коммуникации. Ее недостаточно уже потому, что она не допускает исключений<sup>8</sup>, в то время как тексты повседневной коммуникации насквозь ими пронизаны. Простейший пример — квантор общности. Слова, соответствующие квантору общности, в естественном языке употребляются гораздо свободнее, чем в языке логики. С точки зрения классической логики *всегда* значит действительно ‘всегда’, то есть ‘никогда не бывает так, чтобы не’, в то время как естественный язык легко допускает построения типа такого: *Я всегда встаю в 7 утра, а сегодня проспал и встал в 9*.

В SemETAP различаются разные степени уверенности говорящего в истинности propositions. Мы различаем обязательные, стопроцентно надежные импlications и правдоподобные ожидания (импликатуры), то есть такие положения вещей, которые естественно ожидать в данной ситуации, но которые могут оказаться ложными. Например, из предложения *Иван разбил чашку* с необходимостью следует, что чашка утратила целостность. А если кто-то сказал *Иван уронил чашку*, будет естественно ожидать, что чашка разбилась, но это ожидание может и не подтвердиться. Аналогично, если кому-то

<sup>7</sup> Как отмечалось выше, значения записываются в SemETAP на формальном языке Etalog. Для удобства читателей мы передаем их здесь в переводе на русский.

<sup>8</sup> Для преодоления этого ограничения был разработан целый класс неклассических немонотонных логик.

что-то объяснили, то можно ожидать, что он это понял. Если некто пообещал приехать, то можно ожидать, что он приедет. Если кого-то попросили помочь, то можно ожидать, что он это сделает.

Нам могут возразить: почему вы считаете, что естественнее ожидать исполнения просьбы, чем ее отклонения? Ведь если кто-то кого-то о чем-то просит, то возможны оба исхода. Адресат может как выполнить эту просьбу, так и отказать в ней, и еще неизвестно, что происходит в жизни чаще. На это можно ответить следующее. Конечно, в жизни возможны оба развития событий, но важно, что с точки зрения семантики, отражающейся в речевой практике, эти альтернативы не равноправны. Они играют разную роль при построении текста и его понимании. Информация об одной из них, в отличие от другой, легко опускается при построении текста и так же легко восстанавливается слушающим. В этом нетрудно убедиться, взглянув на диалог (2):

- (2) — *Почему Матвея нет дома?*  
— *Мама попросила его отвести Машу в детский сад.*

На первый взгляд, диалог несвязный, поскольку на вопрос о Матвее в качестве ответа сообщается о том, что сделала мама. Однако в действительности вполне очевидно, что диалог корректный и ответ на вопрос получен, хоть и не прямой. Вывод о том, что Матвей выполняет просьбу мамы, лежит на поверхности и легко объясняет, почему его нет дома. В предположении, что ответ релевантный (вспомним максимы Грайса!), спрашивающий стремится установить как можно более естественную связь между этим ответом и своим вопросом. Связность диалога обеспечена тем, что факт просьбы порождает ожидание того, что она будет выполнена, поскольку стандартное развитие ситуации просьбы включает ее выполнение.

Представим себе теперь ситуацию, когда Матвей отклонил просьбу мамы и не повел Машу в детский сад. Возможен ли в этом случае диалог (3)?

- (3) — *Почему Матвей дома?*  
— *Мама попросила его отвести Машу в детский сад.*

Вряд ли. В этих обстоятельствах трудно проинтерпретировать вторую реплику как естественный ответ на заданный вопрос. Этот диалог никак нельзя признать естественным, хотя, казалось бы, слушающий мог бы исходить из ожидания отказа и рассуждать так же, как и в предыдущем случае: Матвей отказался выполнить просьбу мамы и остался дома. Если бы вывод о том, что Матвей отклонил мамину просьбу, так же легко возникал в контексте реплики *Мама попросила его отвести Машу в детский сад*, как и вывод о том, что он согласился выполнить эту просьбу, то диалоги (2) и (3) были бы равно естественны, но этого не наблюдается.

Другим наглядным подтверждением того, что как для говорящего, так и для слушающего сам акт просьбы активирует ожидание того, что просьба будет выполнена, служит контекст союзов *но* и *и*:

- (4а) *Мама попросила Матвея отвести Машу в детский сад, и (\*но) он охотно согласился.*  
(4б) *Мама попросила Матвея отвести Машу в детский сад, но (\*и) он отказался.*

Различая импликации и ожидания, надо иметь в виду, что одно и то же высказывание может давать основания для обоих типов умозаключений. Например, значение предложения

- (5) *Иван поехал в университет (в момент  $t$ ),*

фиксируемое в Базовой семантической структуре, состоит в том, что 'в момент  $t$  Иван начал движение посредством транспортного средства по направлению к университету, имея целью начать там находиться'. Из этой БСемС можно вывести два следствия, различающиеся

по силе. Первое из них имеет статус логической импликации и поэтому безусловно истинно: ‘в момент  $t$  Иван перестал находиться в начальной точке своего движения’. Второе следствие — это просто правдоподобное ожидание: ‘можно ожидать, что в некоторый более поздний момент  $t_i$  Иван будет находиться в университете’. Это никак не исключает того, что, например, по дороге Иван передумал и пошел в кино.

Роль правдоподобных ожиданий в интерпретации текста трудно переоценить. Как известно, говорящий эксплицитно выражает далеко не все, что извлекает из текста слушающий. Он часто опускает ту информацию, которую, по его мнению, слушающий легко восстановит. Значительная часть такой информации восстанавливается именно с помощью правдоподобных ожиданий. Поэтому, скажем, предложение (6)

(6) *Иван поехал в университет и выступил на собрании*

мы легко понимаем в том смысле, что Иван доехал до университета и выступил на собрании, которое там проходило.

### 4.3.3. Семантическая интерпретация предложения с помощью серии выводов

Приведем еще одну иллюстрацию, показывающую, как серия умозаключений, о которых мы говорили выше, может помочь в семантической интерпретации предложения. Мы еще раз обратимся к текстам футбольной тематики, на которых мы тестировали наш семантический анализатор, и покажем, каким образом, анализируя предложение (7), он приходит к выводу, что команда, за которую играет Роналду, потерпела поражение.

(7) *Роналду так и не смог спасти матч.*

Нам понадобятся четыре факта, которые имеются в распоряжении SemETAP.

(8a) Глагол *смочь* — имплицитивный в смысле [Karttunen 1971]. Это значит, что с ним связаны две импликации: *X смог сделать P* влечет ‘X сделал P’, в то время, как *X не смог сделать P* влечет ‘не имеет места: X сделал P’.

(8б) Сочетание *спасти матч* означает ‘предотвратить поражение своей команды’.

(8в) *Предотвратить* также является имплицитивным предикатом, но другого типа, чем *смочь*. Из *X предотвратил P* следует ‘P не имело места’.

(8г) Снятие двойного отрицания: из ‘неверно, что P не имело места’ следует ‘P имело место’.

Эти данные позволяют сделать следующие умозаключения:

(7) *Роналду так и не смог спасти матч.*

⇒ ‘не имеет места: Роналду спас матч’ [на основании (8a)]

⇒ ‘не имеет места: Роналду предотвратил поражение своей команды’ [на основании (8б)]

⇒ ‘не имеет места: команда Роналду не была побеждена’ [на основании (8в)]

⇒ ‘команда Роналду была побеждена’ [на основании (8г)].

## 5. Семантический анализ и проблема референции

В этом разделе мы обратимся к некоторым явлениям, связанным с проблемой референции, которые представляют значительные трудности для автоматического анализа текстов,



и покажем, что модель семантического анализа, которую мы описали выше, в ряде случаев помогает с ними справиться.

### 5.1. Антецеденты анафорических местоимений

Разумно исходить из следующего естественного положения. Если некоторое выражение допускает более одной интерпретации, слушающий выбирает такую, которая в большей степени поддерживается его знаниями об устройстве мира вообще и о текущей ситуации в частности. Один из источников таких знаний — это онтология. Если одна из возможных интерпретаций выражения в большей степени согласуется с онтологическими знаниями, чем другие, то эту интерпретацию, скорее всего, и надо предпочесть. Рассмотрим пример:

- (9) *Нам показали залы для приемов высоких гостей, стены которых были украшены лепниной.*

В (9) местоимение *которых* может иметь в качестве антецедента любое из трех предшествующих существительных — *залы*, *приемы* и *гости*. Понятно, что с грамматической точки зрения эти варианты равноправны, и никакие лингвистические правила не могут снять эту неоднозначность. При этом осмысленным является, очевидным образом, только первый из этих вариантов. Неоднозначность легко снимается, если доступна простейшая онтологическая информация: «зал» является подклассом класса «помещение», а помещения имеют стены. Поэтому «зал» наследует от класса «помещение» свойство иметь стены. Тем самым, из трех потенциально возможных интерпретаций выражения (9) — ‘стены залов’, ‘стены приемов’ и ‘стены гостей’ — первая в один шаг поддерживается нашими знаниями о том, что бывает в действительности.

Можно заметить, что и третья интерпретация (‘стены гостей’) в принципе допускает некоторое осмысление. Любой физический предмет, в том числе стена, может принадлежать какому-то лицу, в том числе гостю, или быть как-то иначе с ним связанным (ср. *дворец президента*). Однако такое осмысление, как и любые другие, которые можно, постаравшись, натянуть на значение ‘стены гостей’ или даже ‘стены приемов’, не поддержаны онтологией или, по крайней мере, не поддержаны столь прямо, как осмысление ‘стены, являющиеся частью залов’, и поэтому должны быть отвергнуты.

### 5.2. Кореферентность без анафоры

Как хорошо известно, употребление анафорических местоимений (*он/она/оно, который, каковой, тот, свой, себя* и др.) регулируется большим количеством морфологических и синтаксических ограничений, учет которых во многих случаях облегчает поиск антецедента местоимения в тексте. Кореферентность между полнозначными именами ограничена значительно слабее, и поэтому установить ее в тексте гораздо труднее. В такой ситуации на первый план выходят фоновые знания слушающего. Мы упоминали в разделе 4.2.2 о базе индивидов для области футбола, которую мы построили на основе DBpedia. Сведения, которые в ней содержатся, позволяют установить, что в примере (10) именная группа *вратарь армейцев* кореферентна *Чепчугову*, а не *Криштиану Роналду*.

- (10) *В матче с ЦСКА второй гол «Реалу» в начале второго тайма подарил Чепчугов, не справившийся с ударом Криштиану Роналду, который бил очень издали. Попытавшись поймать мяч, вратарь армейцев запустил его в угол своих ворот.*

### 5.3. Шифтеры

Особый интересный тип образуют слова, не имеющие фиксированной семантической интерпретации. Для того чтобы ее получить, требуется дополнительное контекстное доосмысление, обеспечиваемое специальным правилом. Например, слово *местный* в первом приближении означает ‘относящийся к той местности, которая активирована в данном контексте’. Сочетания *местный футбольный клуб* или *местный собор* вне контекста не позволяют определить, о какой местности идет речь. Между тем если контекст активирует место действия, то интерпретация *местный* становится однозначной: в (11a) говорится о финском клубе, а в (11б) — о соборе Ахена.

(11a) *В Финляндии состоялся первый матч 3-го квалификационного раунда Лиги Европы по футболу между местным клубом «Хонка» и азербайджанским «Карабахом».*

(11б) *Ахен — столица державы Карла Великого, который был похоронен в местном соборе.*

### 5.4. Winograd Schema Challenge

В 1950 г. Алан Тьюринг предложил знаменитый тест, играющий с тех пор важную роль в философии искусственного интеллекта. Тест направлен на проверку способности компьютера производить некоторые интеллектуальные операции, которые считаются исключительной прерогативой человека. Он состоит в поддержании свободной беседы между человеком и компьютером по каналу связи, пропускающему только текст (например, по телетайпу). Компьютер считается прошедшим тест, если после пятиминутной беседы человек не может определить, с кем он беседовал — с другим человеком или с компьютером. Этот тест справедливо критиковался за то, что для того, чтобы его пройти, компьютеру достаточно владеть некоторыми приемами уклонения от прямого ответа, смены темы разговора, шуток и т. п. Неадекватность теста Тьюринга для проверки способности компьютера имитировать интеллект человека стала особенно очевидной после того, как в 2014 г. он был успешно пройден чатботом Eugene Goostman, который выдавал себя за 13-летнего паренька из Одессы. Способность вводить собеседника в заблуждение, тем более в ходе короткого разговора, вряд ли может считаться самым естественным проявлением интеллекта.

Более адекватный тест на «интеллектуальность компьютера» был предложен в 2011 г. Гектором Левеком [Levesque 2011], ср. также [Levesque et al. 2012]. В отличие от теста Тьюринга, тест Левека (который получил название Winograd Schema Challenge — WSC) требует однозначного ответа на ряд вопросов, не представляющих никакой трудности для человека, но требующих владения элементарными фоновыми знаниями и способности делать умозаключения на основе обыденной логики. Все эти вопросы сводятся к выбору правильного антецедента анафорического местоимения в предложениях определенной структуры. Вопросы построены таким образом, что достаточно в них заменить одно слово на другое, и правильный ответ будет другим. Приведем два примера, требующие разных типов знаний:

(12) *Приз не умещается в чемодане, потому что он слишком большой (маленький).*

Что слишком большое (маленькое) — приз или чемодан?

(13) *Джоан поблагодарила Съюзан за помощь, которую она ей оказала (от нее получила).*

Кто оказал (получил) помощь — Джоан или Съюзан?

Согласно Г. Левеку, способность безошибочно ответить на серию вопросов такого типа можно считать убедительной демонстрацией овладения компьютером некоторыми мыслительными операциями, свойственными человеку. «With a very high probability, anything

that answers correctly a series of these questions (...) is thinking in the full-bodied sense we usually reserve for people» [Levesque 2011]. При кажущейся простоте этот тест невозможно пройти, если не владеть знаниями и умением рассуждать, которыми владеет любой нормальный взрослый человек. Поэтому способность продвинуться в решении этой задачи позволит сделать еще один шаг к построению машины, которая действительно понимает естественный язык. На сегодняшний день тест WSC никем не пройден. Тем не менее, он представляет собой ясную цель, к которой следует стремиться.

Большая часть попыток пройти тест WSC, предпринятых в последние годы, была основана на машинном обучении. Однако, как мы говорили в разделе 2.1, даже в тех случаях, когда машинное обучение дает правильный ответ, невозможно проследить, на чем основано это решение. Как отмечают сами разработчики таких методов, нередко оказывается так, что «these models might be solving the problems *right* for the *wrong* reasons» [Sakaguchi et al. 2019]. Между тем человек, отвечающий на вопросы типа (12)–(13), безусловно, может объяснить свой ответ. Поэтому полноценное прохождение теста WSC должно в какой-то форме включать обоснование ответа. Нам представляется, что продвижение в эту сторону возможно на пути накопления и формализации фоновых знаний и умозаключений на основе обыденной логики. Багаж таких знаний, накопленный к настоящему времени, далеко не достаточен, но и он позволяет показать, как может выглядеть ответ на вопросы типа (12)–(13). В качестве примера продемонстрируем, как отвечает SemETAP на вопрос (13) [Boguslavsky et al. 2019].

Представим (13) в виде двух предложений, в которых анафорическое местоимение *она*, очевидным образом, имеет разные antecedentes.

(14) *Джоан поблагодарила Сьюзен за помощь, которую она ей оказала.*

(15) *Джоан поблагодарила Сьюзен за помощь, которую она от нее получила.*

При обработке этих предложений анализатором SemETAP ключевую роль играют описания двух концептов — Helping и Gratitude. Покажем для примера, как выглядит (в несколько упрощенном виде) описание концепта Helping (рис. 3):

```
Helping ?helping
->
?helping
  hasAgent (Agent ?agent)
  hasBeneficiary (Agent ?beneficiary)
  hasTopic (Event ?goal
             hasSubject ?beneficiary)
  hasSyncEvent (Event ?event
                hasAgent ?agent
                hasSyncEvent (Facilitating
                              hasAgent ?agent
                              hasObject ?goal))
                hasSyncEvent (EvalModality
                              hasBeneficiary ?beneficiary
                              hasObject ?x
                              hasDegree HighDegree),
Difficulty
  hasExperiencer ?beneficiary
  hasObject ?goal
  hasDegree HighDegree.
```

Рис. 3. Описание концепта Helping

Это описание сообщает, что концепт помощи имеет три слота: агент, бенефициар и содержание помощи — цель, которую хочет достичь бенефициар и которую ему достичь трудно. Агент делает нечто, в результате чего бенефициару становится легче достичь своей цели, и это хорошо для бенефициара.

Помимо этого, описание содержит два подправила, обеспечивающие два типа следствий, которые мы проиллюстрируем примерами:

Subrule 1: *Матвей помогал Маше решить задачу* -> Маша решала задачу.

Subrule 2: *Матвей помог Маше решить задачу* -> Маша решила задачу.

Из этого описания для примера (13) нам понадобится следствие (16):

(16) *А помогает В* => А делает нечто хорошее для В.

Аналогичное правило существует для концепта *Gratitude*, которое мы не будем здесь выписывать для краткости. Из него нам понадобится следствие (17):

(17) *А благодарит В за Q* => В делает Q, и это хорошо для А; поэтому А благодарит В.

Перейдем к предложению (14). Допустим, что антецедентом *она* является Сьюзен. Тогда антецедентом *ей* является Джоан:

(14a) *Джоан поблагодарила Сьюзен за помощь, которую Сьюзен оказала Джоан.*

На основании (17) из первой части предложения можно сделать вывод, что Сьюзен сделала для Джоан что-то хорошее. На основании (16) из второй части предложения также можно вывести, что Сьюзен сделала для Джоан что-то хорошее. Таким образом, в предположении, что *она* = *Сьюзен*, между первой и второй частью предложения обнаруживается хорошее семантическое согласование: Джоан поблагодарила Сьюзен за то, что та действительно сделала ей что-то хорошее.

Теперь предположим, что антецедентом *она* в предложении (14) является *Джоан*. Местоимению *ей* в таком случае соответствует *Сьюзен*:

(14б) *Джоан поблагодарила Сьюзен за помощь, которую Джоан оказала Сьюзен.*

Посмотрим теперь, в какой степени это предложение согласуется с тем, что мы знаем о благодарности и помощи. Так же, как и в предыдущем случае, на основании (17) из первой части предложения можно сделать вывод, что Сьюзен сделала для Джоан что-то хорошее. Однако вывод, который можно сделать на основании (16) из второй части предложения, несколько другой: это Джоан сделала для Сьюзен что-то хорошее (а не Сьюзен для Джоан). Таким образом, получается, что то, за что Джоан поблагодарила Сьюзен, никаким добром для Джоан не является. Семантическое согласование между первой и второй частью предложения отсутствует. Поэтому правильной интерпретацией предложения (14) является та, при которой антецедентом местоимения *она* является Сьюзен.

Предоставляем читателю самостоятельно провести аналогичные рассуждения для предложения (15) и убедиться в том, что в этом случае семантически согласованная интерпретация получается при выборе Джоан в качестве антецедента для местоимения *она*.

## Заключение

Мы рассказали о разработке функциональной модели семантики SemETAP, задача которой — строить семантические представления русских текстов. У этой модели несколько особенностей:

1. SemETAP стремится к тому, чтобы извлекать из текста большое количество разнообразных следствий (inferences). Мы исходим из того, что чем больше следствий мы можем извлечь из текста, тем более полного и глубокого понимания текста мы достигаем.
2. Имеется два уровня представления семантики предложения: Базовая семантическая структура, которая фиксирует непосредственное значение предложения, и Расширенная семантическая структура, которая обогащает Базовую структуру большим количеством следствий.
3. Различается два типа следствий: строгие импликации и правдоподобные ожидания. Последние особенно важны для понимания связного текста и восстановления имплицитных элементов значения.
4. Модель основана на эксплицитных знаниях (knowledge-based), сформулированных экспертом. Основные источники знаний — комбинаторный словарь русского языка, массив русско-семантических правил, онтология, база индивидов и массив правил вывода.
5. Модель реализована в виде компьютерной системы и функционирует в составе более широкой системы анализа и синтеза текстов — лингвистического процессора ETAP-4, который располагает также морфологическим и синтаксическим модулями. Таким образом, осуществляется полный цикл обработки предложения — от текста в орфографической записи до Расширенной семантической структуры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Апресян 2008 — Апресян Ю. Д. *Английский толково-комбинаторный словарь. I. Лексические функции. Динамические модели: Слово. Предложение. Текст*. М.: Языки славянских культур, 2008, 20–58. [Apresjan Yu. D. *Angliiskii tolkovo-kombinatornyi slovar' . I. Leksicheskie funktsii. Dinamicheskie modeli: Slovo. Predlozhenie. Tekst* [English explanatory-combinatorial dictionary. 1. Lexical functions. Dynamic models: Word. Sentence. Text]. Moscow: Yazyki Slavyanskikh Kul'tur, 2008, 20–58.]
- Апресян и др. 1982 — Апресян Ю. Д., Богуславский И. М., Иомдин Л. Л., Лазурский А. В., Санников В. З. Типы лексикографической информации в толково-комбинаторном словаре. *Актуальные вопросы практической реализации систем автоматического перевода*. Ч. 2. Апресян Ю. Д. (ред.). М.: Изд-во МГУ, 1982, 129–187. [Apresjan Yu. D., Boguslavsky I. M., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Sannikov V. Z. Types of lexicographic information in an explanatory-combinatorial dictionary. *Aktual'nye voprosy prakticheskoi realizatsii sistem avtomaticheskogo perevoda*. Part 2. Apresjan Yu. D. (ed.). Moscow: Moscow State Univ. Press, 1982, 129–187.]
- Апресян и др. 1989 — Апресян Ю. Д., Богуславский И. М., Иомдин Л. Л., Лазурский А. В., Санников В. З., Цинман Л. Л. *Лингвистическое обеспечение системы ЭТАП-2*. М.: Наука, 1989. [Apresjan Yu. D., Boguslavsky I. M., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Sannikov V. Z., Tsinnman L. L. *Lingvisticheskoe obespechenie sistemy ETAP-2* [Linguistic component of the ETAP-2 system]. Moscow: Nauka, 1989.]
- Апресян и др. 1992 — Апресян Ю. Д., Богуславский И. М., Иомдин Л. Л., Лазурский А. В., Санников В. З., Цинман Л. Л. *Лингвистический процессор для сложных информационных систем*. М.: Наука, 1992. [Apresjan Yu. D., Boguslavsky I. M., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Sannikov V. Z., Tsinnman L. L. *Lingvisticheskii protsessor dlya slozhnykh informatsionnykh sistem* [Linguistic processor for complex information systems]. Moscow: Nauka, 1992.]
- Апресян и др. 2010 — Апресян Ю. Д., Богуславский И. М., Иомдин Л. Л., Санников В. З. *Теоретические проблемы русского синтаксиса: Взаимодействие грамматики и словаря*. М.: Языки славянских культур, 2010. [Apresjan Yu. D., Boguslavsky I. M., Iomdin L. L., Sannikov V. Z. *Teoreticheskie problemy russkogo sintaksisa: Vzaimodeistvie grammatiki i slovary* [Theoretical issues of Russian syntax: Grammar–lexicon interaction]. Moscow: Yazyki Slavyanskikh Kul'tur, 2010.]
- Богуславский, Иомдин 1982 — Богуславский И. М., Иомдин Л. Л. Безусловные обороты и фраземы в толково-комбинаторном словаре. *Актуальные вопросы практической реализации систем автоматического перевода*. Ч. 2. Апресян Ю. Д. (ред.). М.: Изд-во МГУ, 1982, 210–223. [Boguslavsky I. M., Iomdin L. L. Unconditional phrases and phrasemes in an explanatory-combinatorial dictionary. *Aktual'nye voprosy prakticheskoi realizatsii sistem avtomaticheskogo perevoda*. Part 2. Apresjan Yu. D. (ed.). Moscow: Moscow State Univ. Press, 1982, 210–223.]

- Бонч-Осмоловская 2016 — Бонч-Осмоловская А. А. Предсказания, большие данные и новые измерители: о возможностях технологий компьютерной лингвистики в теоретических лингвистических исследованиях. *Вопросы языкознания*, 2016, 2: 100–120. [Bonch-Osmolovskaya A. A. Predictors, big data and new measuring: The impact of computational linguistics on linguistic theory. *Voprosy Jazykoznanija*, 2016, 2: 100–120.]
- НОСС 2004 — *Новый объяснительный словарь синонимов русского языка*. Под общ. рук. акад. Ю. Д. Апресяна. М.; Вена: Языки славянской культуры, 2004. [Novyi ob'yasnitel'nyi slovar' sinonimov russkogo yazyka. Under the supervision of Yu. D. Apresjan. Moscow; Vienna: Yazyki Slavyanskoj Kul'tury, 2004.]
- Толдова, Ляшевская 2014 — Толдова С. Ю., Ляшевская О. Н. Современные проблемы и тенденции компьютерной лингвистики. *Вопросы языкознания*, 2014, 1: 120–145. [Toldova S. Yu., Lyashevskaya O. N. Contemporary issues and trends in computational linguistics. *Voprosy Jazykoznanija*, 2014, 1: 120–145.]
- Anisimovich et al. 2012 — Anisimovich K. V., Druzhkin K. Y., Minlos F. R., Petrova M. A., Selegey V. P., Zuev K. A. Syntactic and semantic parser based on ABBYY Compreno linguistic technologies. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2012, 11(18): 91–103.
- Boguslavsky et al. 2016 — Boguslavsky I., Dikonov V., Frolova T., Iomdin L., Lazurski A., Rygaev I., Timoshenko S. Plausible expectations-based inference for semantic analysis. *Proc. of the 2016 International Conf. on Artificial Intelligence (ICAI'2016)*. Las Vegas: CSREA Press, 2016, 477–483.
- Boguslavsky 2017 — Boguslavsky I. Semantic descriptions for a text understanding system. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2017, 16(23): 14–28.
- Boguslavsky et al. 2018 — Boguslavsky I. M., Frolova T. I., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Rygaev I. P., Timoshenko S. P. Semantic analysis with inference: High spots of the football match. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2018, 17(24): 124–142.
- Boguslavsky et al. 2019 — Boguslavsky I. M., Frolova T. I., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Rygaev I. P., Timoshenko S. P. Knowledge-based approach to Winograd Schema Challenge. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2019, 18(25): 86–103.
- Boguslavsky et al. 2020 — Boguslavsky I. M., Dikonov V. G., Frolova T. I., Iomdin L. L., Lazursky A. V., Rygaev I. P., Timoshenko S. P. Full-fledged semantic analysis as a tool for resolving triangle-copa social scenarios. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2020, 19(26): 106–118.
- Bresnan, Ford 2010 — Bresnan J., Ford M. Predicting syntax: Processing dative constructions in American and Australian varieties of English. *Language*, 2010, 86(1): 168–213.
- Daumé III, Campbell 2007 — Daumé III H., Campbell L. A Bayesian model for discovering typological implications. *Proc. of the 45<sup>th</sup> Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)*. Association for Computational Linguistics, 2007, 65–72. <https://arxiv.org/abs/0907.0785>.
- Došilović et al. 2018 — Došilović F. K., Brčić M., Hlupić N. Explainable artificial intelligence: A survey. *MIPRO 2018 — 41<sup>st</sup> International Convention Proceedings*. Skala K. et al. (eds.). Rijeka: MIPRO, 2018, 210–215. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400040.
- Gordon, Hobbs 2004 — Gordon A. S., Hobbs J. R. Formalizations of commonsense psychology. *AI Magazine*, 2004, 25: 49–62.
- Gordon, Hobbs 2011 — Gordon A. S., Hobbs J. R. A commonsense theory of mind-body interaction. *Logical Formalizations of Commonsense Reasoning. Papers from the 2011 AAAI Spring Symposium*. Davis E., Doherty P., Erdem E. (eds.). Palo Alto (CA): AAAI Press, 2011, 36–41.
- Gordon et al. 2011 — Gordon A. S., Hobbs J. R., Cox M. T. Anthropomorphic self-models for metareasoning agents. *Metareasoning: Thinking about thinking*. Cox M. T., Raja A. (eds.). Cambridge (MA): MIT Press, 2011, 295–305.
- Hobbs, Gordon 2008 — Hobbs J. R., Gordon A. S. The deep lexical semantics of emotions, *Proc. of LREC 2008 Workshop on Sentiment Analysis: Emotion, metaphor, ontology, and terminology*. Ahmad K. (ed.). Marrakech, e-pub, 2008, 16–20. <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2008/>.
- Hobbs, Gordon 2010 — Hobbs J. R., Gordon A. S. Goals in a formal theory of commonsense psychology. *Formal Ontology in Information Systems: Proc. of the Sixth International Conf. (FOIS 2010)*. Galton A., Mizoguchi R. (eds.). Amsterdam: IOS Press, 2010, 59–72.



- Hobbs et al. 2012 — Hobbs J. R., Sagae A., Wertheim S. Toward a commonsense theory of microsociology: Interpersonal relationships. *Formal Ontology in Information Systems: Proc. of the Seventh International Conf. (FOIS 2012)*. Donnelly M., Guizzardi G. (eds.). Amsterdam: IOS Press, 2012, 249–262.
- Karttunen 1971 — Karttunen L. Implicative verbs. *Language*, 1971, 47(2): 340–358.
- Kay 2005 — Kay M. A life of language. *Computational Linguistics*, 2005, 31(4): 425–438.
- Kutuzov, Andreev 2015 — Kutuzov A., Andreev I. Texts in, meaning out: Neural language models in semantic similarity task for Russian. *Computational linguistics and intellectual technologies. Papers from the Annual International Conf. "Dialogue"*, 2015, 14(21): 133–144.
- Lenat 1995 — Lenat D. B. Cyc: A large-scale investment in knowledge infrastructure. *Communications of the ACM*, 1995, 38(11): 33–38.
- Levesque 2011 — Levesque H. The Winograd Schema Challenge. *Logical Formalizations of Commonsense Reasoning. Papers from the 2011 AAAI Spring Symposium*. Davis E., Doherty P., Erdem E. (eds.). Palo Alto (CA): AAAI Press, 2011, 63–68.
- Levesque et al. 2012 — Levesque H., Davis E., Morgenstern L. The Winograd Schema Challenge. *Proc. of the 13<sup>th</sup> International Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. Brewka G., Eiter Th., McIlraith S. A. (eds.). AAAI Press, 2012, 552–561.
- McShane et al. 2009 — McShane M., Nirenburg S., Jarrell B., Fantry G. Maryland Virtual Patient: A knowledge-based, language-enabled simulation and training system. *Bio-Algorithms and Med-Systems*, 2009, 5(9): 57–63.
- Montazeri, Hobbs 2011 — Montazeri N., Hobbs J. R. Elaborating a knowledge base for deep lexical semantics. *Proc. of the Ninth International Conf. on Computational Semantics (IWCS 2011)*. Bos J., Pulman S. (eds.). Oxford: Oxford Univ. Press, 195–204.
- Montazeri, Hobbs 2012 — Montazeri N., Hobbs J. R. Axiomatizing change-of-state words. *Formal Ontology in Information Systems: Proc. of the Seventh International Conf. (FOIS 2012)*. Donnelly M., Guizzardi G. (eds.). Amsterdam: IOS Press, 2012, 221–234.
- Morgenstern 2001 — Morgenstern L. MidSized axiomatizations of commonsense problems: A case study in egg cracking. *Studia Logica*, 2001, 67(3): 333–384.
- Mueller 2006 — Mueller E. *Commonsense reasoning*. San Francisco: Elsevier; Morgan Kaufmann Publ., 2006.
- Mueller 2016 — Mueller E. *Transparent computers: Designing understandable intelligent systems*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
- Nerbonne 2007 — Nerbonne J. Linguistic challenges for computationalists. *Recent Advances in Natural Language Processing IV, Selected papers from RANLP 2005*. Nicolov N., Bontcheva K., Angelova G., Mitkov R. (eds.). Amsterdam: John Benjamins, 2007, 1–16.
- Nirenburg, Raskin 2004 — Nirenburg S., Raskin V. *Ontological semantics*. Cambridge (MA): MIT Press, 2004.
- van Oorschot et al. 2012 — van Oorschot G., van Erp M., Dijkshoorn C. Automatic extraction of soccer game events from Twitter. *Proc. of the Workshop on Detection, Representation, and Exploitation of Events in the Semantic Web (DeRiVE 2012)*. Van Erp M. et al. (eds.). CEUR Workshop Proceedings, 2012, 21–30. [http://ceur-ws.org/Vol-902/paper\\_3.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-902/paper_3.pdf).
- Peng et al. 2015 — Peng H., Khashabi D., Roth D. Solving hard coreference problems. *Proc. of the 2015 Conf. of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human language technologies*, 2015, 809–819. <https://arxiv.org/abs/1907.05524>.
- Ribeiro et al. 2016 — Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. “Why should I trust you?”: Explaining the predictions of any classifier. *Proc. of the 22<sup>nd</sup> ACM SIGKDD International Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*. New York: Association for Computing Machinery, 2016, 1135–1144. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>.
- Ruppenhofer et al. 2016 — Ruppenhofer J., Ellsworth M., Petruck M., Johnson Ch., Baker C., Scheffczyk J. *FrameNet II: Extended theory and practice*. Revised edn. Berkeley (CA): International Computer Science Institute, 2016.
- Rygaev 2017 — Rygaev I. Rule-based reasoning in semantic text analysis. *Proc. of the Doctoral Consortium, Challenge, Industry Track, Tutorials and Posters. International Joint Conf. on Rules and Reasoning*. Bassiliades N. et al. (eds.). CEUR Workshop Proceedings, 2017. <http://ceur-ws.org/Vol-1875/paper11.pdf>.
- Rygaev 2018 — Rygaev I. Etalog — a natural-looking knowledge representation formalism. *ITiS 2018: Sbornik trudov 42-oi mezhdistsiplinarnoi shkoly-konferentsii IPPI RAN «Informatsionnye tekhnologii*

- i sistemi 2018»* [ITiS 2018: Proc. of the 42<sup>nd</sup> Conf. “Information technologies and systems 2018”]. Moscow: Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, 2018, 473–482.
- Schutze 1992 — Schutze H. Dimensions of meaning. *Proc. of Supercomputing '92*. Washington (DC): IEEE Computer Society Press, 1992, 787–796.
- Sakaguchi et al. 2019 — Sakaguchi K., Le Bras R., Bhagavatula C., Choi Y. *WinoGrande: An adversarial Winograd Schema Challenge at scale*. Technical report, 2019. <https://arxiv.org/abs/1907.10641>.
- Turney, Pantel 2010 — Turney P., Pantel P. From frequency to meaning: Vector space models of semantics. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2010, 37: 141–188.
- Wintner 2009 — Wintner S. What science underlies natural language engineering? *Computational Linguistics*, 2009, 35(4): 641–644.

Получено / received 07.04.2020

Принято / accepted 16.06.2020