

**Российская ассоциация искусственного интеллекта
Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» РАН**

КИИ-2016

3–7 октября 2016 г.
Смоленск, Россия

**ПЯТНАДЦАТАЯ
НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

Труды конференции

Том 2

Смоленск
2016

УДК 004.8+004.89+004.82+004.032.26(045)
ББК 32.813(2А/Я)я43

Организаторы конференции:

Российская ассоциация искусственного интеллекта

ФГБУ Федеральный исследовательский центр

«Информатика и управление» РАН

ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Администрация Смоленской области

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«МЭИ» в г. Смоленске

Смоленское региональное объединение работодателей

«Научно-промышленный союз»

Конференция проводится при поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований

(проект № 16-07-20554)

Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т 2. – Смоленск: Универсум, 2016. – 386 с.

ISBN 978-5-91412-316-8

Во втором томе трудов публикуются доклады участников конференции, представленные на следующих секциях:

Секция 5. «Интеллектуальный анализ текстов и семантический WEB»,

Секция 6. «Классификация, распознавание и диагностика»,

Секция 7. «Когнитивные исследования»,

Секция 8. «Многоагентные и распределенные системы».

ISBN 978-5-91412-316-8

© Авторы

© Российская ассоциация
искусственного интеллекта, 2016

НЕЙРОБИОЛОГИЯ, ПОНЯТИЙНЫЕ КАТЕГОРИИ ЯЗЫКА И ЭЛЕМЕНТАРНАЯ МОДЕЛЬ МИРА РОБОТА¹

Л.Г. Лапаева (*lapaeva@medphyslab.com*)

О.А. Быченков (*bychenkov.o@yandex.ru*)

Д.А. Рогаткин (*rogatkin@medphyslab.com*)

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва

При разработке элементов рассудочной деятельности и модели мира роботов предлагается изучить возможность развития и применения теории понятийных категорий языка. Приводятся доводы в пользу их врожденной обусловленности и необходимости изучения вместе с нейробиологами. Высказывается гипотеза, что замкнутый базовый набор понятийных категорий языка определяет некую структуру и функционирование базовой (элементарной) модели мира робота.

Ключевые слова: интеллект, категории языка, модель мира, робот

Введение

Одним из направлений увеличения функциональности автономных мобильных роботов, в частности *сервисных медицинских роботов* (СМР), является разработка эффективной внутренней *модели мира* (ММ) робота [Kulakowski et al., 2010]. Согласно разработанной концепции поведения СМР в клинике [Рогаткин и др., 2013], их ключевыми функциями будут являться поисковые и транспортно-информационные функции, которые требуют наличия определенного «разума» у машины. Очевидно, что для создания таких роботов необходимо объединение последних достижений мехатроники и методов искусственного интеллекта (ИИ). Это – ключевой этап дорожной карты всей современной интеллектуальной робототехники [Mastrogiovanni et al., 2013]. Но развитие методов ИИ идет пока не очень быстрыми темпами, неравномерно, проходят годы ожиданий, пока не возникнут новые методические идеи. Так в 1970-х гг. работы перешли на принципиально более высокий уровень только когда разработчики стали опираться на использование знаний. С этого момента методы описания и

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-08-01127).

Однако попытки создать на основе анализа естественного языка машинные алгоритмы смыслового понимания любого текста из любой предметной области или некий универсальный метаязык для размышлений и представления знаний пока не увенчались успехом [Апресян, 2009], т.к. постоянно улираются в проблему «бесконечности» вариантов и многозначности языка.

Проблема в том, что наш язык очень многообразен и индивидуален, поэтому большинство лингвистических исследований скагивается здесь постоянно в частности. Начинают изучаться детали. Например, как понять смысл слова *считать* (определять количество, верить, считать на счетах, считать информацию с носителя) [Апресян, 2009], или разные смыслы самого слова *понимание* [Чудова, 2012а]. Однако многозначность слов и их смысла – только верхушка айсберга. Картина мира человека не столько зависит от языка, сколько определяется историей взаимодействия особи с окружающим миром, ее воспитанием, уровнем образования, культурными и религиозными традициями, индивидуальными догмами, заблуждениями, надеждами и т.д. [Чудова, 2012б]. И современный язык отражает все эти тонкости. Поэтому его система понятий и правил в плане создания ИИ и ММ робота пока для нас слишком избыточна и сложна. Хочется, как и в любой другой деятельности, начать с чего-то более простого, с какой-то более простой модельной задачи. Хочется поставить вопрос, а существует ли в принципе минимально необходимая и достаточная («элементарная») ММ для создаваемой «разумной» системы, например, для СМР?

Какие более простые разумные живые системы, помимо человека, нам известны? Это – животные. У них нет образования, нет культурных и религиозных традиций. Да и воспитания, как такового, нет. Но любое животное уровня ракообразных и выше действует пока еще в разных ситуациях заведомо эффективнее любых существующих роботов. И у них есть своя ММ и стратегия поведения [Рогаткин и др., 2015]. Это значит, что для базового разумного поведения существует в природе какая-то весьма компактная, внеязыковая, элементарная (базовая) система понятий и правил, доступная уже примитивному узловому мозгу. Она не может быть сложной в силу простоты анатомии такого мозга, и она должна определяться только врожденной функциональностью в рамках заданной структуры нервной и гуморальной систем такого организма, а также недолгой историей его личного взаимодействия с внешним миром (обучение родителями у таких животных отсутствует). Это наводит на мысль, что и в робототехнике тоже теоретически возможно создание и обоснование некоей минимальной, компактной, *элементарной* ММ (ЭММ), дальнейшего упрощение которой без потери функциональности уже невозможно, если речь идет о разумной деятельности и мышлении, но вполне функци-

ональной и приемлемой для не очень сложного робота в его повседневной деятельности, причем с возможностью ее наращивания и «эволюционно-го» расширения за счет приобретения опыта и истории общения с миром. Развитие такой модели будет добавлять ей новые качества, повышать эффективность, но все базовые элементы, так или иначе, должны быть всегда задействованы в ней в качестве ее «скелета». Как, например, базовые концепты арифметических операций, операторов цикла, условного перехода и т.д., а также понятия адрес и данные лежат в основе любого языка программирования, включая машину Тьюринга.

Скажем, в существующей у человека картине мира есть такое понятие как цвет предмета (объекта) – его свойство. Но это свойство не является критически важным для интеллектуального поведения в целом. Вполне допустима без существенных потерь смысла и черно-белая ММ. Цвет для субъекта – просто некое дополнительное свойство у объекта внешнего мира, но цвет можно и не учитывать. Слепые от рождения люди не знают цвета. А вот понятия я/он, близко/далеко, опасно/неопасно, видимо, без существенной потери функциональности из ММ даже животного, не говоря уже о людях, выбросить невозможно. Тогда какой базовый набор понятий-концептов определяет ЭММ для человека (животного) и как он может формироваться в нашем мозге с позиций нейронаук?

Мы предполагаем, что вопрос о базовых понятиях (*концептах*) ЭММ человека тесно связан с представлениями о базовых концептах и *понятийных категориях* языковой речи человека. В разных языках в деталях слова, обозначения предметов и построение фраз могут сильно отличаться, но одно то, что люди, говорящие на разных языках мира, могут понимать друг друга, говорит о единых фундаментальных законах таксономии внешних объектов и явлений, законах мышления и анализа информации, происходящих у нас в голове [Мещанинов, 1945], [Худяков, 1999]. В сознании каждого из нас все объекты и их свойства, явления, понятия и пр. стереотипно категоризованы, упорядочены и подчиняются единому своду правил и законов вне зависимости от места проживания человека, языка, на котором он говорит, уровня образования и профессии. Впервые термин «понятийные категории» был введен в обиход грамматики в 1924 году Отто Есперсенем, но еще Аристотель в своем трактате «Категории», входящем в «Органон», задумывался, видимо, над аналогичным вопросом и определил 10 базовых категорий «единичного и общего». Однако до сегодняшнего дня этот вопрос в лингвистической науке так и остался изучен поверхностно. Отсутствуют как однозначное толкование самого термина *понятийная категория*, так и их общепринятый перечень [Берестова, 2012]. Сложилась парадоксальная ситуация: с одной стороны, в современном языкознании признано их су-

ществование и признан категориальный строй мышления, а, с другой стороны, точное число концептов-примитивов и их классификация отсутствуют [Комарова и др., 2011]. Все, что сейчас известно, – базисные понятийные категории сводятся к списку из примерно 40 единиц [Всеволодова, 2000]. Но это не мешает нам подойти к вопросу создания ЭММ с этих позиций. Обычный человек, тем паче животное, не рассуждает строго по законам формальной логики. Строго логические рассуждения невозможны в реальном времени, т.к. необходимо огромное количество последовательных элементарных шагов [Кузнецов, 2012]. Да и шаги эти без специальной теоретической подготовки нельзя быстро и грамотно выстроить. Значит, не исключено, что рассуждения ведутся на более простом, возможно понятийном уровне, где базисные понятийные категории языка играют основную роль.

2. Возможная врожденность понятийных категорий языка, фундаментальная связь с анатомией и физиологией

В обзоре [Рогаткин и др., 2015], помимо других аспектов проблемы, мы акцентировали внимание на рефлексивном характере высшей нервной деятельности, включая мышление. Идея рефлексии не нова, но она может дать определенную новую методологию при изучении проблемы создания ЭММ. В частности, если принять гипотезу, обсуждавшуюся в цитируемом обзоре, о направленности любых рефлексов на минимизацию раздражений и затрат времени (энергии) на ответ на них и на «борьбу» с последствиями от них, то в части мышления можно, видимо, сразу провести аналогии с принципом наименьшего мышления (*экономии мышления*), уходящего корнями к идеям Р.Авенариуса и Э.Маха конца XIX века¹. Они показали, что экономия мышления неизбежно приводит к формированию знака для объекта или явления (денотата), обобщения (образца) для группы схожих объектов и т.д. Она же, не исключено, породила и концептуальные понятия *причина* и *следствие*, т.к. мыслить в терминах причинно-следственных связей можно существенно более экономно и эффективно.

Если рефлексия определяет базовые концепты-примитивы, не является ли это ключом к пониманию, почему теория понятийных категорий языка не получила пока своего должного развития в языкознании? Возможно, проблему нельзя решить только в плоскости лингвистики, а надо решать

¹ Принципы наименьшего побуждения, наименьшего действия, наименьшей затраты мышления, как они изложены в Э.Мах. Механика. Историко-критический образ ее развития (Ижевск, Ижевская типография, 2000). Поскольку книга много раз переиздавалась, дополнялась, а первоисточник, где впервые это изложено нам не доступен, мы решили дать ссылку в таком виде. Указать же [Мах, 2000] мы посчитали неправомерным...

ее лингвистам в тесном контакте с нейробиологами. Если анатомия и физиология нервной и гуморальной систем организма определяют формирование элементарных понятийных категорий языка, то, не исключено, что их список может быть обоснован только с совместных позиций. Попробуем взглянуть на проблему с такого ракурса.

Из неизвестного списка из (примерно) 30–50 базовых понятийных категорий языка и мышления (концептов), можно, видимо, априори и на основе опубликованных уже работ сразу выделить такие первичные и обязательные в этом списке категории, как: *объект*, *свойство* (атрибут объекта или явления, включая его состояние) и *действие* (совершение движения, воздействие на что-то). Опуская подробности, без претензий на полноту, однородность группы и теоретическую обоснованность единой такой таксонометрии, включим в этот список также категории: *часть*, *граница* (объекта, например), *вложенность* (расположение внутри чего-то) и *присутствовать* (быть в наличии, \exists), подробно рассмотренные в последние десятилетия [Lakoff, 1987], [Комарова и др., 2010], [Кузнецов, 2012] и др. Заметим, что с нейробиологических позиций все они могут быть обоснованы. Как подметил еще Э.Мах, мы любыми органами чувств воспринимаем не сами объекты, а лишь их свойства (цвет, вкус, твердость и т.д.). Устойчивую совокупность свойств, *совместно* наблюдаемую, мы определяем как объект или явление, т.е. концепты атрибута (свойства) и объекта (явления) присущи нам уже на уровне восприятия, если добавить сюда еще и понятие *совместности* (одновременность, конъюнкция, $\&(\wedge)$), которое ощущается нами также физиологически при одновременности действия разных раздражителей. Само наличие/отсутствие раздражения, воздействия, стимула, очевидно, определяет концепт наличия \exists . Команды, отдаваемые моторным нейронам в ответ на раздражение, т.е. рефлекс, могут служить фундаментом понятия действия. Граница, часть – следствие случаев множественности раздражений, например, на сетчатке глаза, и резкого перехода от одной силы стимула к другой (на границе).

Как видим, нейробиологическая обусловленность базовых категорий языка не так уж нереальна. Более того, такой анализ логично выводит нас и на другие концепты-примитивы, которые, возможно, вообще не очевидны лингвистически. Так мы ввели уже в список понятие *совместности*. Но множественность воздействий и их сила диктуют и другие концепты – *последовательность* (упорядоченный ряд), *любой* (\forall) и *градация* (количество), а выработка условных рефлексов подводит нас к понятиям *условие* (if) и *следствие* (\rightarrow), т.е. к формированию *продукции*, если говорить в терминах теории ИИ. Если же добавить сюда еще ряд операциональных (процедурных) понятий – *сравнение*, *оценка*, *запомнить*, *инверсия* (\neg), без которых мозгу невозможно действовать и оперировать имеющимися дан-

ными, то легко заметить, что большинство этих элементарных понятий являются элементами алфавита языка исчисления предикатов. Хотя мы и не претендуем на это, возможно, базовые понятийные категории (все элементарные концепты-примитивы) должны образовывать формальную систему как она определена в теории ИИ [Осипов, 2014]. Но, не исключено, что она должна быть и избыточна для повышения, например, быстродействия и безотказности системы. Более того, в этот список оказались включены и некоторые элементарные философские категории (часть и целое, количество и качество (свойство) и т.д.). Как известно, практически в любой области естествознания, особенно в математике, есть неопределяемые понятия (точка, множество), что часто наводит ученых на философские размышления об их природной врожденности. Предложенный подход позволяет, на наш взгляд, с внятных научных позиций изучать этот вопрос и показывает, что эти догадки не лишены оснований.

Особое внимание при таком подходе в свете разработки структуры и принципов функционирования обобщенной ЭММ, на наш взгляд, должно быть уделено понятиям *операциональным*. Помимо внешних сигналов, данных, свойств и выделенных объектов (явлений), со всем этим массивом информации при мышлении постоянно надо совершать какие-то действия. Например, надо сравнивать сигналы, оценивать их на предмет полезности (хорошо/плохо/опасно) и т.д. Одним словом, если говорить о «разумных» роботах, то помимо декларативных (описательных) концептов, в их ЭММ должны присутствовать еще и согласованные процедурные концепты. Следовательно, необходимо добавление в приведенный выше список еще каких-то обобщающих, прогностических, сравнительных, оценочных и т.д. понятий, необходимых для рассудочной деятельности, включая и инструмент возможной неопределенной (вероятностной) оценки, если точная невозможна. В то же время, часть оценок может быть получена и на основе уже озвученных декларативных концептов. Скажем, понятие градации подходит для оценки в диапазоне хорошо-нейтрально-плохо-опасно, а предельный случай градации из двух крайних позиций логично образует *бинарную оппозицию* – оценку да/нет (Т/Ф). В совокупности же все элементарные концепты-примитивы, их полный набор (особенно если это формальная система) должны позволять формировать в ЭММ полноценный набор процедур, правил и отношений, достаточный для функционирования системы в простейших жизненных ситуациях. Можно также показать, что при использовании описанного выше сочетанного нейробиологического и лингвистического подхода теоретически это вполне возможно.

Заключение

В работе предпринята попытка обратиться к вопросу о понятийных категориях языка (примитивах-концептах) и их нейробиологическому обоснованию в свете высказанной гипотезы о возможности создания некоей компактной, замкнутой, элементарной и универсальной системы базовых понятий и правил, с помощью которой возможно создание обобщенной элементарной модели мира (ЭММ) роботов. Современный язык человека отражает все тонкости картины мира, как его видит человек. Однако система понятий и правил любого языка в мире в плане создания моделей мира для роботов пока для нас слишком избыточна и сложна, чтобы ее можно было использовать на практике. Хочется, как и в любой другой деятельности, начать с чего-то более простого, с какой-то более простой модельной задачи, с неких ЭММ. Мы не говорим здесь о полностью созданной и проработанной нами теории ЭММ в терминах понятийных категорий языка. Мы говорим пока только о потенциальной возможности такого подхода, о новом направлении исследований, причем, как показано в работе, мы видим, что такой подход возможен и имеет под собой определенное теоретическое обоснование. Более того, он открывает, видимо, еще и путь к функционализации ЭММ, т.е. к описанию в этих же элементарных понятийных категориях возможные цепочки рассуждений и действий. Это может оказаться также достаточно продуктивным в плане моделирования рассудочной деятельности для роботов в целом.

Список литературы

- [Берестова, 2012] Берестова О.Г. Понятийная категория состояния в философии и лингвистике // Изв. ПГПУ им.В.Г.Белинского. 2012. №27.
- [Всеволодова 2000] Всеволодова М. В. Теория функционально-коммуникативного синтаксиса: Фрагмент прикладной (педагогической) модели языка. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
- [Есперсен, 1924] Есперсен О. Философия грамматики. – М.: Иностр. лит. 1958.
- [Комарова и др., 2010] Комарова З.И., Дедюхина А.С. Методологические и методические основы изучения категории партициптивности в современном языкознании // Вестник Пермского университета. 2010. Вып. 2(8).
- [Комарова и др., 2011] Комарова З.И., Дедюхина А.С. Категория как формат знания в когнитивной лингвистике, терминоведении и философии науки: история и современность // Термінологічний вісник. 2011. №1.
- [Кузнецов, 2012] Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №4.
- [Мещанинов, 1945] Мещанинов И.И. Понятийные категории в языке // Труды военного института иностранных языков. 1945. №1.
- [Осипов, 2014] Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту – М.: Книжный дом «Либроком», 2014.

- [Рогаткин и др., 2013] Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Лапаева Л.Г. Концепция автономных мобильных сервисных роботов для медицины // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. №5.
- [Рогаткин и др., 2015] Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Ивлиева А.Л. Три взгляда на современные данные нейронаук в интересах интеллектуальной робототехники // Modeling of Artificial Intelligence, 2015. Vol. 6, Iss. 2.
- [Стефанюк и др., 2007] Стефанюк В.Л., Жожикашвили А.В. Сотрудничающий компьютер. М.: Наука, 2007.
- [Худяков, 1999] Худяков А. Понятийные категории как объект лингвистического исследования // В сборнике научных трудов «Аспекты лингвистических и методических исследований» – Архангельск: ПГУ им. М.В.Ломоносова, 1999.
- [Чудова, 2012а] Чудова Н.В. Понимание: предмет исследования и объект моделирования // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №4.
- [Чудова, 2012б] Чудова Н.В. Концептуальное описание картины мира в задачах моделирования поведения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №2.
- [Antonelli, 2016] Antonelli G. Robotic Research: Are we applying the scientific method? // Frontiers in Robotics and AI. 2016. V2.
- [Kulakowski et al., 2010] Kulakowski K., Was J. World Model for Autonomous Mobile Robot - Formal Approach // Proc. of 18th International Conference Intelligent Information Systems (IIS'2010), 2010.
- [Lakoff, 1987] Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. – Chicago. University of Chicago Press, 1987.
- [Mastrogiovanni et al., 2013] Mastrogiovanni F., Chong N. Y. The need for a research agenda in intelligent robotics // Intelligent service robotics. 2013. V.6(1).
- [Roth et al., 2003] Roth M., Vail D., Veloso M. A real-time world model for multi-robot teams with high-latency communication // Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Las Vegas, Nevada, 2003.