

Искусственный интеллект: от прошлого к будущему. О жизненном пути и научном наследии профессора Д.А.Поспелова

В. Б. Тарасов
МГТУ им. Н.Э.Баумана
Москва, Россия
Vbulbov@yahoo.com

Аннотация—В работе прослежены этапы жизненного пути и рассмотрены главные составляющие научного наследия выдающегося советского и российского учёного, основателя научного направления «Искусственный интеллект» и ведущей школы по искусственному интеллекту в СССР, инициатора создания и первого президента Советской (затем Российской) ассоциации искусственного интеллекта, доктора технических наук, профессора, академика Российской академии естественных наук Дмитрия Александровича Поспелова. Им открыты новые междисциплинарные научные области, такие как ситуационное управление и прикладная семиотика, псевдофизические логики, нечёткие и кольцевые шкалы, построены формальные модели индивидуального и коллективного поведения, разработаны элементы теории искусственных агентов и многоагентных (децентрализованных) систем, предложены оригинальные методы описания рассуждений «здорового смысла, введены уровни понимания для искусственных систем

Ключевые слова—Искусственный интеллект; Психоника; Ситуационное управление; Семиотическое моделирование; Прикладная семиотика; Псевдофизическая логика; Модель внешнего мира; Модель поведения; Агент; Многоагентная система; Когнитивное моделирование; Оппозиционная шкала.

I. ВВЕДЕНИЕ

19 декабря 2019 года исполнилось 87 лет со дня рождения выдающегося учёного, основоположника искусственного интеллекта в СССР и России, доктора технических наук, профессора, действительного члена Российской академии естественных наук, основателя и первого президента Советской (впоследствии Российской) ассоциации искусственного интеллекта (ИИ) **Дмитрия Александровича Поспелова**.

С его именем связана целая эпоха формирования и развития, официального признания и расцвета ИИ в нашей стране на протяжении почти четырёх десятилетий XX-го века. Для новой тогда науки это было романтическое время.

Дмитрий Александрович был прирождённым лидером, учёным с широчайшим кругозором и удивительной способностью к научному синтезу, успешно работавшим на стыке различных и ранее казавшихся далёкими друг от друга дисциплин. Он был мощным и

никогда не терявшим жизненной энергии генератором идей, многие из которых обращены в будущее ИИ. При этом у Д. А. Поспелова был настоящий дар научного общения: вокруг него всё время собирались группы талантливых и интересных людей, приходивших из самых разных областей науки, техники и культуры, а он успешно находил им нужные «экологические ниши» для творческого развития и применения их профессионального опыта в искусственном интеллекте.

Профессор Д. А. Поспелов ушёл из жизни совсем недавно, 30 октября 2019 года, после тяжёлой и продолжительной болезни, с которой мужественно боролся на протяжении 21 года. Даже долгая жизнь, полная творческих достижений, скоротечна: за первые два десятилетия XXI-го века выросло новое поколение научных работников, аспирантов, студентов, живо интересующихся проблемами ИИ, которые никогда в жизни не видели Дмитрия Александровича, не поддавали под обаяние его яркой личности, и ничего не знают о его выдающихся научных достижениях. Им не довелось слышать его великолепные, глубокие научные доклады и увлекательные популярные лекции, читать полные новыми мыслями, богатыми ассоциациями и неожиданными метафорами книги, просто встречаться с ним и ездить на конференции, беседуя с удивительно эрудированным человеком на самые разные и необычные темы — от архитектурных канонов русских церквей (дед Димы Поспелова был священником) до природы Фанских гор, куда он, будучи инструктором по альпинизму, не раз ходил в молодые годы.

Трудно серьёзно заниматься наукой, не ведая её истории и совсем не зная её творцов. Эта статья адресована заинтересованным представителям научной молодёжи. Автор будет рад, если знакомство с личностью, научными результатами и идеями профессора Д. А. Поспелова вызовет отклик, пробудит интерес, а, главное, желание понять, развить и воплотить в прикладных системах хотя бы часть нереализованных замыслов этого выдающегося учёного.

Всё же, в первую очередь, эта статья — для его



Рис. 1. Посвящается участникам учредительного съезда Советской ассоциации искусственного интеллекта



Рис. 2. Академик РАЕН, профессор Дмитрий Александрович Поспелов — основоположник искусственного интеллекта в СССР и России

учеников и соратников, тех, кто был долгое время рядом с Д. А. Поспеловым, участников учредительного съезда нашей Ассоциации искусственного интеллекта. Для тех, кого не перестанут удивлять неизвестные грани его творчества и неисчерпаемость идей.

II. ЭТАПЫ НАУЧНОЙ БИОГРАФИИ Д. А. ПОСПЕЛОВА

Дмитрий Поспелов родился 19 декабря 1932 года в Москве. В 1956 году окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова по специальности «Вычислительная математика» и был распределён в Московский энергетический институт (МЭИ) на кафедру вычислительной техники (ВТ).

А. Работа в МЭИ, семинар по психонике и защита докторской диссертации

Уже в первые годы работы в МЭИ, на кафедре ВТ, наряду с преподавательской деятельностью, Дмитрий Поспелов активно занимался научными исследованиями по теории вычислительных систем, теории автоматов, теории игр, многозначным логикам. Важными результатами этих исследований стали его ранние монографии, написанные в 1960-е годы и получившие международный резонанс: «Логические методы анализа и синтеза схем» [1] (выдержала три издания в СССР в 1964, 1968 и 1974 гг., переведена на болгарский и немецкий языки), «Игры и автоматы» [2] (переведена



Рис. 3. Дмитрий Поспелов в студенческие годы

на испанский и польский языки), «Вероятностные автоматы» [3].

В январе 1968 г. Д. А. Поспелов защитил на заседании совета факультета автоматике и вычислительной техники МЭИ докторскую диссертацию на тему «Проблемы теории вычислительных систем» [4]. При подготовке докторской диссертации им был создан аппарат ярусно-параллельных форм, позволивший ставить и решать ряд проблем, связанных с организацией и проведением параллельных вычислений в вычислительных комплексах и сетях. На его основе ещё в 1960-1970-е годы успешно решались такие проблемы, как синхронное и асинхронное распределение программ по машинам компьютерной системы, задачи оптимальной сегментации программ, а также важные оптимизационные задачи, связанные с распределением информационных обменов.

Уже к концу 1960-х годов в МЭИ возникла научная школа Д. А. Поспелова [5]: его первые аспиранты Ю. И. Клыков [6] и В. Н. Вагин [7] защитили кандидатские диссертации в 1967 и 1968 годах; впоследствии они стали докторами наук, известными учёными по ситуационному управлению и прикладной логике для ИИ соответственно. В создании этой школы и формировании творческих коллективов будущих междисциплинарных исследований по ИИ в СССР большую роль сыграл научный семинар по психонике [8,9], который работал в МЭИ на протяжении почти 7 лет с 1964 по 1970 г. За эти годы было проведено 92 заседания семинара [8]. Инициатором и душой этого семинара был Д. А. Поспелов.

В заседаниях семинара принимали участие вид-



Рис. 4. Школа по вероятностным автоматам в Казани (1964 г.). Слева направо: Д. А. Поспелов, В. Н. Захаров, О. П. Кузнецов.

ный психолог Б. В. Зейгарник, известные учёные-кибернетики М. Г. Гаазе-Рапопорт и Е. Т. Семёнова, и молодые учёные, многие из которых стали впоследствии знаменитыми. Это — психологи В. П. Зинченко и В. Н. Пушкин, психолог и математик В. А. Лефевр, кибернетик и будущий известный специалист по искусственному интеллекту Л.И.Микулич, будущий «отец машинной музыки» Р. Х. Зарипов и, конечно, аспиранты и молодые сотрудники МЭИ — А. В. Бутрименко, В. П. Кутепов, В. В. Железнов, и др.

Предыстория семинара такова. 12 лет работы Дмитрия Александровича в МЭИ с 1956 по 1968 г. пришлось на первый период кибернетического бума, когда только рождались новые научные направления и дисциплины, связанные с отображением и имитацией важнейших характеристик сложных естественных систем в искусственных системах.

Одна из таких дисциплин — *бионика* — провозгласила своей целью практическое применение в технических системах тех биологических механизмов и принципов действия, которые природа «отработала» в ходе эволюции живых организмов. В сферу интересов бионики попадают автономные и гомеостатические системы, искусственные нейроны и эволюционные системы, искусственные конечности, управляемые биотоками, и биотехнические системы, где в качестве одной или нескольких подсистем используются живые организмы.

Вариантом реализации имитационной, бионической программы в ИИ стал *нейробионический* подход, приверженцы которого считают, что воспроизведение интеллектуальных процессов практически невозможно без воспроизведения их материальных носителей, т.е. тех процессов, которые протекают в специальном



Рис. 5. Д.А.Поспелов с любимым учеником В.Н.Вагиным (1968 г.)

образом организованной биологической ткани. Другими словами, основной целью этого подхода является создание искусственного мозга, структура и функционирование которого идентичны биологическому мозгу. В рамках нейробионического подхода ведутся исследования по разработке искусственных нейронов и построению на их основе структур, подобных биологическим.

Ещё на заре ИИ стало ясно, что бионика в ее исходном понимании в большей степени охватывает проблемы «тела» технических систем, а вопросы их «одушевления» оказываются как бы на периферии. Бионика того времени в основном оставалась на уровне рефлекторных процессов, моделей самосохранения, обмена и адаптации. Однако, для понимания естественных интеллектуальных систем важное место занимает исследование процессов целеобразования, формирования и принятия решений в сложных ситуациях, классификации и оценки ситуаций и многое другое, что традиционно связано с психологией, а не с биологией или физиологией. Основным отличием новых технических устройств от обычных компьютеров является наличие в них модели внешнего мира, которая отражает соотношения этого мира с помощью системы базовых понятий и отношений различного типа между этими понятиями (онтологии в современных терминах).

Так с «лёгкой руки» Д. А. Пospelова родилась психоника — научная область, основной задачей которой стало изучение и использование в интеллектуальных системах результатов, добытых психологами при изучении психики человека и способов организации человеческой деятельности [9]. На первом заседании семинара был прочитан доклад Д. А. Пospelова «О задачах психоники» (см. [9]), в котором было отмечено появление круга проблем, которые с одной стороны

являются предметом исследований психологов и лингвистов, а с другой стороны, представляют большой интерес для инженеров, специалистов в области технических наук, математиков, программистов, которые занимаются проектированием устройств, предназначенных для целенаправленной, «логической» деятельности. К таким проблемам относятся вопросы целенаправленного поведения, мотивации поступков, выработки абстрактных понятий, проведения индуктивных выводов, и т.д.

Автором были указаны три направления в психонике: 1) создание в машине внутренней модели внешней среды; 2) принятие целесообразных решений; 3) моделирование личности и коллективов.

Было отмечено, что наделение технических систем аналогами личностных характеристик позволило бы строить управляющие устройства, обладающие некоторой «субъективностью» подхода к решению задачи. Например, при моделировании игровой ситуации следует учитывать такие поведенческие аспекты как обман и блеф.



Рис. 6. Д.А.Поспелов выступает на первом семинаре по психонике в МЭИ: «модель внешнего мира – основа технических устройств нового типа»

Сам термин «гиромат» и идея подстройки структуры модели к особенностям решаемой задачи были заимствованы из произведений польского писателя фантаста Ст.Лема. Процедура принятия решений в гироматах опиралась на соотнесение текущей ситуации с некоторым типовым классом событий или ситуаций, для которого предполагалось известным априорное решение. При этом гиромат уже содержал

«агентообразующие» модули: блок мотивации; блок селекции (рецепторы); блок построения внутренней модели внешней среды; блок выдвижения гипотез; блок модельного опыта; блок выработки решений; блок активного опыта; блок времени. Общая идея работы гиromата представлена на рис. 7.

Информация о текущей ситуации в дискретной ситуационной сети поступает в блок селекции. Из него она идет по двум направлениям: в блок построения модели, где происходит классификация ситуаций, и в блок гипотез, в котором вырабатываются различные гипотезы о связи ситуаций между собой. В эти же блоки из блока времени поступает информация о времени, когда была зафиксирована данная ситуация. Она используется для оценки повторяемости конкретных ситуаций и изменений во времени. В результате блок построения модели изменяет внутреннюю модель мира, хранящуюся в гиromате. В модели внешнего мира хранится весь опыт гиromата, накопленный им в процессе функционирования. На основе этой информации блок модельного опыта извлекает информацию, требуемую для принятия решений, и передает её в блок выработки решений.

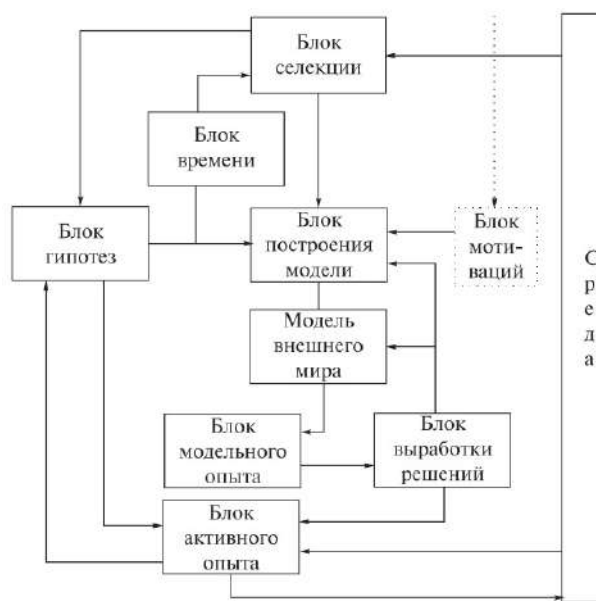


Рис. 7. Общая схема гиromата

Если рассматриваемая ситуация оказалась типичной, уже знакомой гиromату, то блок выработки решений формирует задание блоку активного опыта на выдачу воздействий на среду. В противном случае требуется дополнительное обращение к блоку гипотез. Блок активного опыта может непосредственно анализировать реакцию среды и передавать корректирующую информацию в блок гипотез.

Следует напомнить, что пионерская работа К. Хьюитта в области теории агентов «Viewing Control

Structures as Patterns of Message Passing» [11] вышла в свет в 1977 году тогда как первые публикации Д.А.Поспелова по психонике и модели агента-гиromата, появились на десять лет раньше.

На заседаниях семинара, проходивших в 1967-1968 г. сформировались задачи, подходы и методы, составившие основу ситуационного управления. В нём нашли прямое отражение идеи гиromатов.

Сам Д. А. Поспелов отмечал [8], что семинар по психонике в МЭИ стал одним из ключевых мероприятий, связанных с зарождением ИИ в нашей стране. Хотя в отличие от бионики, сам термин «психоника» так и не прижился в научной среде, сами исследования в этой области привели к формированию междисциплинарного научного сообщества, необходимого для развёртывания широкого фронта работ, относящихся к искусственному интеллекту. К этому можно добавить, что, начиная с середины 1960-х годов, сам Дмитрий Александрович выполнил немало экспериментальных исследований совместно с психологами. В первую очередь, искались альтернативы чисто бихевиористским подходам к решению задач, опиравшимся на лабиринтную модель. Именно результаты таких совместных исследований способствовали формированию широкого менталистского воззрения Д.А.Поспелова на предмет искусственного интеллекта, отнюдь не сводящегося к классической схеме инженерии знаний. В соответствии с идеями ментализма, адекватная характеристика сложного, целенаправленного человеческого поведения и самой жизни невозможна без привлечения сознания или психики в целом как «средств объяснения».

В. Переход в Вычислительный Центр, развитие ситуационного управления, семиотический пролог

В 1968 году Д. А. Поспелов перешёл на работу в Вычислительный центр АН СССР, где главной областью его профессиональной деятельности стало только возникшее в ту пору новое научное направление – искусственный интеллект (ИИ). Он проработал в ВЦ АН СССР (затем ВЦ РАН) 30 лет, с 1968 по 1998 год: сначала в должности заведующего сектором в Лаборатории теории и программирования больших систем, во главе которой стоял академик (тогда ещё член-корр. АН СССР) Г. С. Поспелов, а затем — в должности заведующего отделом проблем искусственного интеллекта [12].

Также в 1968 году он стал профессором Московского физико-технического института.

В 1970-е годы вышли в свет новые книги Д. А. Поспелова — «Введение в теорию вычислительных систем» [13], «Мышление и автоматы» (в соавторстве с В.Н.Пушкиным) [14] (переведена на чешский язык), «Системы управления» [15] (в соавторстве с В. Н. Захаровым и В. Е. Хазацким), а также «Большие системы. Ситуационное управление» [16]. Так в книге

«Мышление и автоматы» две области исследования – психология и теория автоматов – были объединены в одно общее русло. Авторы убедительно показали, что кибернетическая реализация методов психологических исследований может принести серьезный практический эффект.

Уже с начала 1970-х годов в Лаборатории больших систем стали активно проводиться исследования по ИИ. Впоследствии были сформированы научные группы по разработке интеллектуальных диалоговых систем, интеллектуальных решателей и планировщиков, интегрированных интеллектуальных систем.

В секторе Д. А. Поспелова первоначально основное внимание уделялось проблемам и методам *ситуационного управления сложными системами* [17,18]. 1-я Всесоюзная конференция по ситуационному управлению была проведена в июне 1972 г., а её избранные доклады вошли в сборник «Вопросы кибернетики. Вып. 13. Ситуационное управление: теория и практика», часть 1, изданный в 1974 году.

Ситуационное управление требуется для класса больших (или сложных) систем, таких как город, морской порт, транснациональное предприятие, где невозможна или нецелесообразна формализация процесса управления в виде математических уравнений, а доступно лишь его описание в виде последовательности предложений естественного языка с помощью логико-лингвистических моделей. На основе экспертной информации строится классификатор, позволяющий разделять все наблюдаемые ситуации на нечёткие классы (образующие покрытие, но не разбиение). Для описания ситуаций используются семантические сети и близкие к ним модели знаний.



Рис. 8. Д.А.Поспелов с участниками III-го Всесоюзного симпозиума по ситуационному управлению большими системами в Одессе

Обычно под семиотикой понимают гуманитарную, описательную науку о знаковых системах. При этом считается, что семиотика — удел лингвистов. Высо-

кий потенциал Д. А. Поспелова в сфере междисциплинарного синтеза проявился при создании логико-лингвистических моделей, в которых логические средства применяются для преобразования данных, описанных в лингвистической форме. В результате им были разработаны основы *прикладной семиотики* — новой синтетической научной дисциплины, рассматривающей вопросы использования знаков и знаковых систем в системах представления, обработки и использования знаний при решении различных практических задач.

Хотя официально этот термин появился лишь в 1995 г. в ходе дискуссий на российско-американских семинарах «Российское ситуационное управление и кибернетика» и «Архитектуры для семиотического моделирования и ситуационный анализ в больших сложных системах», одна из первых, фундаментальных работ Д. А. Поспелова по *прикладной семиотике* датируется 1970-м годом [19]. В её начале, аргументируя необходимость применения семиотических моделей в ИИ, он писал, что все технические устройства работают на досемиотическом уровне, поэтому они способны моделировать лишь простейшие формы поведения и имеют существенные ограничения в плане решения творческих задач. В отличие от технических систем высшие животные и человек решают подобные задачи на семиотическом уровне, что позволяет им находить такие способы решения, которые невозможно реализовать на досемиотическом уровне.

При этом в [19] знак трактовался им как единство сигнала и его значения, а знаковая система понималась как совокупность простых знаков и правил образования сложных знаков из совокупности простых. Структура знаковой системы в некотором смысле изоморфна системе отношений между объектами реального мира. Такую систему знаков можно назвать системой знаков первого уровня (или псевдофизической семиотической системой).

Но, кроме знаков, значениями которых выступают предметы или явления реального (или моделируемого) мира, можно рассматривать знаки знаков (метазнаки), значениями которых служат знаки семиотической системы первого уровня. Такую систему следует отнести к знаковой системе второго уровня. Путем индукции нетрудно ввести системы знаков любого k -го уровня.

Иерархия знаковых систем имеется у человека (например, система знаков естественного языка служит для знаковой системы математики системой нижнего, предшествующего уровня).

Там же в [19] была выдвинута следующая гипотеза Д. А. Поспелова: условием синтеза технических устройств, способных к решению творческих задач, является возможность формирования внутри такого устройства системы знаковых систем. По сути, эта статья явилась «манифестом будущей семиотической

революции» в искусственных системах, вызывая и теперь большой интерес в плане приложения её идей к развитию интернета вещей и когнитивных роботов.

Комплекс методов управления, предложенных Д. А. Поспеловым, его учениками и последователями, опирается на гибридные логико-лингвистические (семиотические) модели, где логические средства используются для преобразования данных, выраженных в лингвистической форме. В отличие от классической формальной системы, которая моделирует замкнутый, полностью заданный мир, семиотическая модель позволяет описывать процессы, протекающие в открытых или динамических системах.

В СССР ещё в 1970-е годы с помощью методов ситуационного управления и средств семиотического моделирования были созданы эффективные системы оперативного диспетчерского управления такими сложными объектами, как грузовой морской порт, атомная электростанция, комплекс трубопроводов, автокомбинат, и др. Методы этого типа находят широкое применение и сегодня, особенно в области организационно-технического управления.

Также ещё в 1970-е годы у Д. А. Поспелова возникла идея *псевдофизических логик*, где пропозициональными переменными являются лингвистические переменные Л.Заде, имеющие в качестве значений слова естественного языка, которые выражаются в виде нечетких множеств на универсальной шкале. Появление нечётких классов в ситуационном управлении, а также использование лингвистических и нечётких переменных в создаваемых псевдофизических логиках предопределили его живой интерес к теории нечётких множеств и её приложениям.

Здесь «первой ласточкой» стал рижский семинар «Применение теории нечётких множеств в задачах управления сложными системами».

С. Официальное признание искусственного интеллекта в СССР и установление зарубежных контактов на «высшем научном уровне»

Профессор Дмитрий Александрович Поспелов стоял у истоков организации первых академических структур по ИИ. Переход Д. А. Поспелова в ВЦ АН СССР привёл к возникновению «дуэта Поспеловых», ставшего ключевым фактором становления искусственного интеллекта в Советском Союзе. В 2019 году исполнилось 45 лет со дня (точнее, двух дней) официального признания ИИ в СССР. Здесь выдающуюся организационную роль сыграл академик Гермоген Сергеевич Поспелов. Будучи главным инициатором и убеждённым сторонником развития ИИ в СССР, академик Г. С. Поспелов посвятил почти два десятилетия своей жизни тому, чтобы наши исследования в этой области получили признание Академии наук СССР и вышли на мировой уровень [20]. Его верным

соратником в этом деле, а затем и «главным локомотивом» отечественного ИИ был Дмитрий Александрович Поспелов.

В январе 1974 г. был образован Совет по проблеме «Искусственный интеллект» в рамках Комитета по системному анализу Президиума АН СССР. Председателем совета стал Г. С. Поспелов, а его заместителем — Д. А. Поспелов. Первым крупным научным мероприятием, организованным новым советом, было проведение в Тбилиси 4-6 июня 1974 г. 7-го всесоюзного симпозиума по кибернетике — первого в нашей стране представительного форума, целиком посвященного проблемам ИИ. Главным докладом, прочитанным на его пленарном заседании, стал совместный доклад Г. С. и Д. А. Поспеловых «Основные проблемы искусственного интеллекта», переработанная версия которого затем была опубликована в Вестнике АН СССР [21].

В декабре того же 1974 г. в рамках Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР была создана Секция по проблеме «Искусственный интеллект», во главу которой также стал «дуэт Поспеловых». С формирования двух указанных организационных структур в системе Академии наук началась официальная история развития ИИ в СССР.

В результате образования этих научных структур появились первые отечественные комплексные проекты, охватывавшие прорывные области исследований по созданию прикладных интеллектуальных систем и автономных роботов, в частности, проект «Ситуация» по главе с Д. А. Поспеловым, в рамках которого были сконцентрированы все работы по ситуационному управлению.

Кроме того, под эгидой этих организаций в СССР было проведено два важнейших международных мероприятия по ИИ: IV-я Международная объединённая конференция по искусственному интеллекту IJCAI-75 (Тбилиси, 3-8 сентября 1975 г.) и спустя полтора года Международное совещание по искусственному интеллекту в Репино под Ленинградом (18-24 апреля 1977 г.)

В работе этих форумов принимал участие «весь цвет» мирового искусственного интеллекта: Дж. Маккарти, М. Арбиб, Л. Заде, Д. Ленат, Д. Мики, Дж. Мур, Н. Нильсон, П. Уинстон, К. Хьюитт, Э. Фредкин, Э. Сандевал, Ж.-К. Симон и др. (см.[22]).

По материалам конференции в Репино был издан том 9 серии Machine Intelligence (главный редактор серии — Д. Мики) [23]. Этот сборник стал «местом встречи», где первый раз были широко представлены работы как крупнейших западных, так и ведущих советских учёных в области искусственного интеллекта. В нём была опубликована статья Г. С. и Д. А. Поспеловых «Influence of Artificial Intelligence Methods on the Solution of Traditional Control Problems», в которой



Рис. 9. Академик Г. С. Поспелов и профессор Д. А. Поспелов на Международном совещании по искусственному интеллекту в Репино (1977 г.).



Рис. 10. На Международном совещании по искусственному интеллекту в Репино. Справа налево: вопрос задаёт Л. Заде, рядом с ним сидят: Дж. Маккарти, В. И. Варшавский, Д. А. Поспелов.

впервые на английском языке были подробно описаны недостатки классической теории автоматического управления как предпосылки появления ситуационного управления, сам метод ситуационного управления и его приложения.

По свидетельству В. Л. Стефанюка [22], именно после двух упомянутых конференций оригинальные работы Д. А. Поспелова приобрели международную известность, а сам он выдвинулся на позиции основоположника ряда научных направлений, тесно связанных с искусственным интеллектом.

III. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ПАРАДИГМА Д. А. ПОСПЕЛОВА

Таким образом, к концу 1970-х годов у Д. А. Поспелова уже сложился общий взгляд на искусственный интеллект как новую «науку-перекресток», предполагающую синтез подходов, методов и моделей естественных, технических и гуманитарных наук. Сам он не раз подчеркивал, что теоретические проблемы ИИ возникают и исследуются на стыке философии, психологии, лингвистики, семиотики, логики, этики, а необходимым инструментом построения формальных моделей и прикладных интеллектуальных систем

являются методы и средства прикладной математики (включая прикладную логику), теории систем, теории управления, информатики и вычислительной техники, программирования [24]. На рис.11 приведена общая иллюстрация представлений Д. А. Поспелова об ИИ как «системе наук» (см. также [25]).



Рис. 11. Искусственный интеллект — синтетическая «наука-перекресток»

Эта иллюстрация наглядно подтверждает, что научное творчество Д. А. Поспелова носит междисциплинарный характер. Недаром среди его близких друзей, соавторов, организаторов совместных секций на конференциях по ИИ, членов научного совета Ассоциации искусственного интеллекта были известные философы (Б. В. Бирюков, Ю. А. Шрейдер, Д. Б. Юдин), специалисты по системному анализу (Г. С. Поспелов, В. Н. Садовский, Ю. М. Горский), психологи (В. Н. Пушкин, В. П. Зинченко, О. К. Тихомиров, Б. М. Величковский, В. Ф. Петренко), лингвисты (И. Н. Горелов, Б. Ю. Городецкий, А. Е. Кибрик, В. В. Мартынов, Е. В. Падучева), логики (В. К. Финн, В. А. Горбатов, Н. Н. Непейвода). Своими учителями в науке Дмитрий Александрович называл выдающихся учёных в области кибернетики А. И. Берга и М. А. Гаврилова.

К числу открытых им новых научных направлений можно отнести *ситуационное управление* и *прикладную (когнитивную) семиотику*, *логико-лингвистические модели* и псевдофизические логики, когнитивную семантику, включая нечёткие и кольцевые шкалы, модели диалога и понимания, и формализованные *модели поведения*, в том числе фреймы поступков и структуры волшебных сказок. Трудно переоценить роль Д. А. Поспелова в исследовании таких ключевых теоретических проблем ИИ, как представление и организация знаний и моделирование рассуждений «здравого смысла», методы когнитивной графики и отражения образного мышления специалиста в искусственных системах. Нельзя не отметить

его существенный, но пока явно недооценённый вклад в развитие теории агентов и многоагентных систем. На наш взгляд, Дмитрий Александрович Поспелов, наряду с К. Хьюиттом и М. Л. Цетлиным, должен считаться одним из основоположников теории искусственных агентов, хотя сам термин «искусственный агент» появился позже, и никто из этой тройки его не использовал (у Хьюитта был «актор»). Его идеи психоники как «психологии искусственных агентов» в целом и структура гиромата в частности, модели индивидуального и коллективного поведения, общая архитектура организма как агента, ранние результаты в области семиотических и децентрализованных систем являются неоспоримым свидетельством приоритета в данной области.

«Золотым веком» научного и литературного творчества Д. А. Поспелова стали 1980-е годы. Кипящая в ту пору научная жизнь, удивительно широкая эрудиция Дмитрия Александровича, его частые и увлекательные выступления на лекциях в Политехническом музее привели к большой популярности автора новых, необычных, междисциплинарных, полных метафор книг. Выход в свет каждой монографии профессора Д. А. Поспелова по ИИ, инженерии знаний, ситуационному и децентрализованному управлению, моделированию поведения был важным событием для многочисленных читателей; на протяжении десятилетия автор радовал их почти каждый год.

В период с 1981 по 1990 годы им было опубликовано восемь блестящих книг: «Логико-лингвистические модели в системах управления» [26] «Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту» [27], «Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими» (в соавторстве с В. И. Варшавским)[28], «Ситуационное управление: теория и практика»[29], «От амёбы до робота: модели поведения» (с М. Г. Гаазе-Рапопортом) [30], «Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах» (совместно с Е. Ю. Кандрасиной и Л. В. Литвинцевой) [31], «Моделирование рассуждений» [32], «Нормативное поведение в мире людей и машин» (в соавторстве с В. А. Шустер) [33]. Одна из первых отечественных монографий по теории и приложениям нечётких множеств «Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта» [34], написание которой было инициировано Д. А. Поспеловым, издана под его редакцией.

A. От психоники к Artificial General Intelligence

В заключительной части своей книги «Фантазия или наука: на пути к ИИ» Дмитрий Александрович Поспелов выдвинул программу будущих исследований в области искусственного интеллекта. Эти исследования должны быть нацелены на *«изучение психики*

человека с целью ее имитации в технических системах, решающих определенный набор практических задач, традиционно считающихся интеллектуальными» [27, с. 211]. Такое представление целей ИИ является чрезвычайно широким и намного опередило свое время.

Чтобы обосновать это утверждение, вначале обратимся к определениям, предложенным «отцами-основателями» на заре ИИ. Так П. Уинстон [35, с. 11] определял ИИ весьма размыто как «науку о концепциях, позволяющих компьютерам делать такие вещи, которые у людей выглядят разумными». Методология, разрабатываемая для того, чтобы сделать разумнее машины, также может быть использована и для того, чтобы сделать разумнее самих людей. Схожей позиции придерживался А. Хоффман: ИИ стремится открыть общие принципы работы интеллекта, которые могут эффективно применяться даже без помощи программных средств [36].

Согласно Н. Нильссону, задача ИИ – создание *теории интеллекта*, базирующейся на обработке информации [37]. По Г. Саймону, теоретические единицы в ИИ могут быть трёх типов [38]: а) единицы описания самой интеллектуальной системы; б) единицы описания её среды (например, условия задачи или ограничения, влияющие на решение); в) единицы описания поведения системы в среде.

Наконец, патриарх искусственного интеллекта и автор самого этого термина Дж. Маккарти считал, что главной проблемой ИИ является *построение искусственных систем*, способных работать на уровне *«здорового смысла»*. Общая проблематика ИИ включает две ключевые составляющие: проблему представления (эпистемология ИИ) и проблему эвристики (какими процедурами и какими средствами решаются задачи, в частности, как строить гипотезы на основе имеющихся данных и как проводить рассуждения) [39].

В 2005-м году в своём приветственном обращении к читателям выпуска журнала AI Magazine, посвящённом 50-летию искусственного интеллекта, — «The Future of AI — a Manifesto» и затем в 2007-м году в статье [40] он подчёркивал, что долгосрочная цель искусственного интеллекта как науки заключается в создании ИИ человеческого уровня. При этом Маккарти полагал, что основной надеждой здесь является развитие логического подхода к формализации повседневных знаний и рассуждений.

В целом, начиная с исторического Дартмутского семинара 1956 года, первопроходцы ИИ Дж. Маккарти и М. Минский, авторы общего решателя задач GPS Г. Саймон и А. Ньюэлл, как и многие другие, на протяжении всей научной карьеры мечтали разработать компьютерные системы, способные подобно человеку решать разные задачи из различных предметных областей. Однако это проблема оказалась слишком сложной и не разрешимой в рамках классической

парадигмы инженерии знаний.

В середине 2000-х годов появилась новая волна исследователей в сфере «целостного интеллекта». Стали популярными такие направления как: «искусственный общий интеллект» AGI (от Artificial General Intelligence) [41,42], «сильный ИИ», «искусственное сознание», развиваемое, в частности, в рамках ассоциации BICA (в переводе: биологически инспирированные когнитивные архитектуры) и её конференций (см., например, [43]). Недавно возникла оригинальная концепция «открытого и неоканчиваемого ИИ» (Open-Ended AI [44]).

В России также появились новые стратегии разработки интеллектуальных технологий, в частности, «Поведение, управляемое сознанием» [45] и синергетический ИИ [46]. Общим пунктом требований к любому проекту в сфере AGI является разработка концепции и модели *целостного интеллекта* и её инженерная реализация с помощью программно-аппаратных средств.

Начальным этапом формирования модели целостного интеллекта может быть выделение различных подмножеств в совокупности способностей естественного интеллекта человека. Согласно В.К.Финну [47, с.37], эта совокупность включает: 1) выделение существенного в знании; 2) способность к рассуждениям; 3) способность к рефлексии; 4) выдвижение цели и выбор средств ее достижения, т.е. способность к целеполаганию и планированию поведения; 5) познавательную активность; 6) адаптацию к ситуации; 7) формирование обобщений; 8) синтез познавательных процедур (т.е. взаимодействие индукции, аналогии и абдукции); 9) способность к отбору знаний; 10) способность к обучению и использованию памяти; 11) способность к аргументированному принятию решений, использующему представление знаний и результаты рассуждений, соответствующие поставленной цели; 12) способность к рационализации идей, стремление уточнить их как понятия; 13) способность к созданию целостной картины предметной области.

Однако в первых проектах AGI гипертрофированное внимание уделяется способности к обучению в ущерб остальным.

Всё это демонстрирует актуальность психонической парадигмы Д. А. Поспелова в плане синтеза будущей концепции целостного интеллекта. В самом деле, имитация психики означает моделирование как сознания, так и бессознательного, а сознание, мыслимое как единство интеллектуальной, волевой и чувственной сфер, является главным регулятором поведения. Таким образом, интеллект рассматривается как открытая, неоднородная динамическая система.

В методологическом плане данную позицию можно обозначить как «умеренный функционализм», который предполагает возможность абстрагировать харак-

терные свойства некоторого явления и воспроизвести их на других носителях. Речь идет о воспроизведении в искусственном агенте основных функций человеческого интеллекта (а, в более широком плане, психики человека) без учета лежащих за ними физиологических явлений.

Моделирование психики в контексте проектирования искусственного агента может опираться на общую классификацию психических явлений, среди которых выделяются психические процессы, состояния и свойства. *Психический процесс* характеризуется достаточно однородной структурой и сравнительно кратковременным протеканием. Его длительность колеблется от долей секунды (время сенсомоторной реакции) до десятков минут и нескольких часов (при чтении или слушании музыки). Психические процессы делятся на *когнитивные* (ощущения, восприятие, память, внимание, мышление, воображение, речь) и *эмоционально-волевые*.

Таким образом, «психология искусственных систем» опирается не только на когнитивное моделирование, но и на имитацию функций эмоций, в особенности, оценочной функции. Так распознавание роботом эмоций человека в партнёрской системе «человек – робот» может определять дальнейшее поведение робота. Сам Д. А. Поспелов уже в [19] рассмотрел вариант построения уровня эмоций в семиотической системе.

В то же время, *психическое состояние* есть «спутник» деятельности естественного агента, который проявляется в его повышенной или пониженной активности. С одной стороны, состояние агента является прямым эффектом его деятельности, а с другой стороны – фоном, на котором она протекает. По сравнению с процессами состояния естественных агентов имеют большую длительность (дни, недели).

Психические состояния делятся на *мотивационные*, т.е. основанные на потребностях (желания, интересы, стремления, влечения); *эмоциональные* (радость, горе, удовлетворение, стресс, фрустрация); *волевые* (решимость, настойчивость). В основе реактивного агента лежит простое стремление к состоянию удовлетворения (гедонизм), а исполнение желания интеллектуального агента обычно предполагает его настойчивость, принося радость.

Психические свойства — это устойчивые образования, обеспечивающие определенный уровень деятельности или тип поведения. К ним относятся темперамент, характер, способности. Например, такие черты характера как эгоизм и альтруизм определяют диаметрально противоположные типы социального поведения агентов, возможности формирования и пути развития многоагентных систем.

В монографии [27] Д. А. Поспелов также обратился к проблеме понимания (с. 183-189). Кроме классифика-

ции элементов внешнего мира, у интеллектуальной системы должны быть и более развитые метапроцедуры, суть которых определяется термином «понимание». Термин этот многозначен. Первое из его уточнений принадлежит лингвистам, которые занимаются машинным переводом. В контексте понимания у них быстро возникла идея перехода от обычной схемы «язык–язык» к схеме «язык — действительность – язык». Отсюда появилось следующее определение метапроцедуры понимания. Понимание — это процесс соотнесения языкового описания с внеязыковой ситуацией. Другими словами, понимание является процедурой связи между семиотической системой естественного языка с теми образами, которые формирует в нас система чувственного восприятия мира.

В. Техноценозы и модели поведения: на пути к гибриднему интеллекту в смешанных сообществах людей и машин

Затем вышла в свет монография «Оркестр играет без дирижёра» [28], посвящённая проблемам коллективного поведения, децентрализованного управления и эволюции сложных распределённых систем. В децентрализованных системах управление происходит за счёт локальных взаимодействий, а распределённые системы могут иметь единый орган управления.

Авторы книги — В. И. Варшавский и Д. А. Поспелов — задаются вопросом «зачем нужна децентрализация» в сложных системах?» и приводят следующие аргументы в её пользу: 1) не все технические и, тем более, организационные и экономические системы появились на свет благодаря единому проектному замыслу; многие возникли из более простых систем в результате технической эволюции (классический современный пример – сеть Интернет); 2) сложность технических систем достигла такого уровня, что централизованное управление в них становится невозможным или неэффективным из-за наличия огромных потоков информации, когда слишком много времени тратится на ее передачу в центр и принятие им решений; 3) с ростом сложности больших систем падает их надёжность, и наиболее эффективный способ борьбы с этим — децентрализация, обеспечивающая избыточность; 4) в ряде случаев трудно сформулировать в формальном виде с необходимой точностью цель работы и критерий управления сложным объектом; 5) как правило, децентрализации нет альтернативы при формировании сложных межгосударственных и межнациональных систем.

Мир, создаваемый человеком в технических системах, во многом похож на тот, что окружает человека в природе. В этом искусственном мире происходят процессы, подобные эволюции живых организмов, возникают колонии и сообщества технических систем. На первых же страницах книги, показывая, как возникает

децентрализованное управление, авторы используют бионический подход и, по аналогии с биоценозом, вводят термин «техноценоз». Техноценозы представляют собой популяции различных технических систем, устройств, приборов, связанных между собой тесными отношениями. Подобно биоценозам, они заставляют входящих в них искусственных агентов жить по законам, диктуемым всем сообществом. Характерными примерами техноценозов служат аэропорты, крупные промышленные предприятия, отрасли, инфраструктура городского хозяйства и т.д.

Отличительным признаком техноценоза является тот факт, что полную документацию на него собрать невозможно, что означает необходимость эволюционного пути развития. После постановки проблемы управления в рамках техноценоза или группы техноценозов описана сложная техническая система, которую в полном объёме никто не проектировал (телефонная сеть земного шара), создаваемая эволюционным путём. В результате, делается вывод, что подобные системы не могут управляться одним органом управления, а предполагают согласование действий различных взаимодействующих подсистем. Далее рассмотрены варианты взаимодействия, кооперации и самоорганизации подсистем сложной системы при децентрализованном управлении. Обсуждаются ставшие классическими автоматные и игровые модели поведения в коллективе. В частности, описаны модели рефлексивного поведения, рассмотрены модели саморегулирования числа агентов в коллективе, проведён анализ поведения коллектива во времени.

В заключительной части книги проанализированы различные стратегии эволюционной адаптации: арогенез (расширение адаптационных возможностей системы); аллогенез (смена одной экологической ниши на другую); телогенез (глубинная адаптация к определённому состоянию среды за счёт специализации).

Книга «От амёбы до робота: модели поведения» [30], стала одной из первых (если не первой) монографий в мировой литературе, посвящённой основам единой теории поведения природных и искусственных систем. Само ее название прекрасно отражает смелый замысел авторов: провести междисциплинарное исследование общих принципов и механизмов поведения, последовательно рассмотрев основные ступени его эволюции. Эта эволюция простирается от элементарных форм раздражимости, свойственных простейшим организмам (таким как амёба), до весьма сложных форм нормативного и ситуационного поведения.

В монографии широким спектром моделей поведения: от моделей рефлекторного поведения, изучавшихся физиологами и биологами, до моделей поступков, личности и социального поведения, предложенных в различных областях психологии. Описаны варианты формальной и программной реализации мно-

гих моделей, в частности гиромат, фреймы поступков, планирование поведения на сетях. Необходимыми условиями реализации искусственным агентом некоторого поведения выступают специальные устройства, непосредственно воспринимающие сигналы внешней среды (рецепторы), и исполнительные органы, воздействующие на среду (эффекторы), а также процессор (блок переработки информации) и память. Под памятью понимается способность агента хранить информацию о своем состоянии и состоянии среды. Таким образом, исходное представление о простейшем агенте сводится к хорошо известной модели «организм – среда», описанной в монографии «От амебы до робота: модели поведения» (рис.3).

В предисловии к книге «От моделей поведения к искусственному интеллекту» [48], в которой продолжено исследование проблем, затронутых М. Г. Гаазе-Рапопортом и Д. А. Поспеловым, отмечено, что монография [30] сыграла существенную роль в развитии наук о поведении, став предвестником интересного и перспективного научного направления «Моделирование адаптивного поведения».



Рис. 12. Модель «организм – среда» как структура простейшего агента

Были введены фреймы поступков и дана их классификация, описана оригинальная модель личности. Заключительный раздел книги был посвящён проблемам взаимодействия людей и машин, включая проблемы объяснения и планирования поведения.

С. Предчувствие новых когнитивных наук

В первой главе книги «Моделирование рассуждений» [32], названной «У истоков формальных рассуждений» профессор Д. А. Поспелов развивает очень важную идею зависимости рассуждений от онтологических допущений о мире. Для её обоснования предварительно были рассмотрены суждения и оценки на биполярных шкалах. Главное положение традиционной теории оппозиционных (биполярных) шкал со времён Ч. Осгуда заключается в том, что мир для человека устроен в виде системы шкал, где края

каждой шкалы связаны между собой чем-то вроде операции отрицания. Например, берутся шкалы «мы — они», «друг — враг», «добро — зло» и пр. Всякий объект или агент, все их свойства, деяния или эмоции отображаются на подобные шкалы, где середина нейтральна, а далее могут быть градации. Но всегда есть два конца и середина, которая очень важна, поскольку делит всю шкалу на две половины – положительную и отрицательную. Именно середина как бы переключает нас с одного типа оценок на другой.

Различные виды оппозиционных шкал можно определить с помощью двух базовых критериев: а) сила оппозиции между полюсами; б) статус нейтрального значения. В случае сильной оппозиции между полюсами отрицательная часть шкалы является зеркальным отражением положительной части, и эти две области считаются взаимно исключающими. Ослабление оппозиции соответствует возможности одновременного сосуществования положительных и отрицательных оценок, и в дальнейшем возникают новые связи между ними.

Согласно гипотезе Д. А. Поспелова, семантика операций над экспертными оценками на шкалах сильно зависит от контекста. Для подтверждения этого им было исследовано, как изменяется толкование операции отрицания на оппозиционных шкалах «мы–они» и «друг–враг» (во втором случае были предварительно проведены психологические эксперименты). В результате был показан естественный переход от отрицания как противопоставлению (антагонизму) к отрицанию как различию. Были выделены следующие интерпретации отрицания: а) жёсткая конфронтация; б) гибкая оппозиция; в) учет различий в условиях сосуществования (см. также [49]).

По сути, в этом разделе была очерчены контуры новой области исследований на стыке психологии и логики – *когнитивной семантики*, возникшей из анализа экспериментов по восприятию людьми друг друга и попыток осмысления их с помощью нетрадиционных динамических шкал и многозначных логик.

Во второй главе монографии [32] Д. А. Поспелов напоминает читателю о роли забытых в XX-м веке наук о рассуждениях. На пути развития человеческих знаний о внешнем мире возникали и исчезали целые науки. Одни из них, например, *диалектика* (в смысле Сократа) или *риторика*, известны современным учёным и педагогам хотя бы понаслышке, о других, например, *герменевтике* или *экзегетике* знает весьма узкий круг специалистов, занимающихся историей науки и культуры. В последние годы герменевтические схемы становятся предметом тщательного изучения специалистами, работающими в области понимания текстов.

В ИИ нас интересуют возможные схемы человеческих рассуждений. Эти схемы распадаются на три

следующих типа: герменевтические, экзегетические, гомилетические. В *герменевтических схемах* заключения выводятся на основании, главным образом, содержания текста. Два других типа рассуждений для построения заключения используют вне текстовую информацию.

Для получения *экзегетических выводов* привлекается информация, связанная с контекстом, в котором был порожден данный текст. Это может быть информация об исторических условиях создания текста, о его авторе, о принятых во времена написания текста условностях при использовании конкретных выражений, и т.п.

Наконец, *гомилетические рассуждения* основаны на получении заключений, опирающихся на морально-нравственные и нравственные посылки, связанные с текстом и его создателями. Рассуждения такого типа порождают собственное поведение человека на основе истолкования текста или оценку на этой основе поведения других лиц.

Несколько основополагающих работ были написаны профессором Д. А. Поспеловым в 1990-е годы. В первую очередь, к ним относятся статьи «Серые» и/или «черно-белые» [50] и «Знания и шкалы в модели мира» [51]. В них была продолжена начатая в [32] разработка основ когнитивной семантики для ИИ. Так в [50] были введены два типа биполярных шкал — «серые» и «чёрно-белые шкалы». Поясним их различие на следующем примере. Пусть биполярная шкала строится на базе пары антонимов «положительный (+) — отрицательный (-)». В случае серой шкалы наблюдаем плавный переход от положительных оценок a^+ к отрицательным оценкам a^- и наоборот. В нейтральной точке имеем противоречивую оценку «и большой, и малый», т.е. в ней оба антонима представлены в равной степени.

Будем обозначать через \uparrow и \downarrow соответственно увеличение и уменьшение оценки a на шкале. Для серой шкалы имеем:

1) $a^+\uparrow \Rightarrow a^-\downarrow$, $a^-\downarrow \Rightarrow a^+$ (принцип взаимной компенсации положительных и отрицательных оценок: чем больше a^+ , тем меньше a^- и, наоборот, чем больше a^- , тем меньше a^+ ;

2) нейтральная точка c есть точка наибольшего противоречия, где a^+ и a^- равны между собой;

3) $a^+ = a^-$.

Напротив, для чёрно-белой шкалы нейтральная точка понимается как точка разрыва (полная неопределённость: «ни малый, ни большой»); её окрестность может трактоваться как область хаоса, где возможно формирование нового смысла путём перескока с одной шкалы на другую. Шкала разделяется на две независимые половинки. Здесь не происходит взаимной компенсации положительных a^+ и отрицательных a^- оценок. При этом, чем ближе обе оценки a^+ и a^- к точке

разрыва «чёрнобелой» шкалы, тем неопределённое становятся их значения.

В [50] были также введены неклассические круговые (или кольцевые) шкалы и предложены двухосновные оценки объектов на таких шкалах, отражающие динамику экспертных суждений, оценок и рассуждений.

В [51] оппозиционные шкалы были рассмотрены как образующие «модели мира» (в смысле А. Н. Леонтьева). Было развито представление об обобщённой шкале. В отличие от обычных шкал, где каждой точке соответствует один объект, на обобщённых шкалах одной точке может с разными степенями соответствовать множество объектов. Базовые категории в модели мира проецируются на систему обобщённых шкал, задающих отношение частичного или нестроого порядка, толерантности или доминирования.

Таким образом, когнитивная семантика Д. А. Поспелова связана с конструированием смысла и представлением знаний на нетрадиционных (нечётких, обобщённых, кольцевых, динамических) шкалах с целью формирования целостного образа мира.

Монография [31] посвящена представлению знаний о времени и пространстве на основе псевдофизических логик (ПФЛ). В ней приведены формы представления знаний на ограниченном естественном языке, описаны проблемы шкалирования, показана ключевая роль отношений в представлении знаний и изложены основы формальной теории отношений. Центральное место в книге занимают логики времени в интеллектуальных системах и модели времени в базах знаний, а также логики пространства, включая логики расстояний на прямой и на плоскости, логику направлений на плоскости, пространственную логику для нормативных фактов.

Псевдофизическая логика — это логика, отражающая восприятие субъектом или искусственной системой закономерностей внешней физической среды. Особенностью ПФЛ является наличие нечётких шкал, на которые проецируются объекты. Примерами ПФЛ являются временные логики, пространственные логики, логики действий и т.п. [52, с. 45-46].

Этот класс логических систем имеет следующие особенности:

- 1) В качестве пропозициональных переменных используются лингвистические переменные (ЛП) с термами, представленными нечёткими множествами. Например, в частотной логике И.В.Ежковой и Д.А.Поспелова [53] в качестве ЛП берётся «Частота события» с термножеством никогда, чрезвычайно редко, редко, ни часто, ни редко, часто, очень часто, почти всегда, всегда, и базовыми значениями числового универсального множества $0, 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 1$.
- 2) На множестве значений для всех переменных имеются порядковые шкалы с отношением стро-

гого порядка. Точнее для ЛП существуют порядковые шкалы, а для числовых переменных — метрические шкалы.

- 3) Выводы в ПФЛ учитывают порядковые и метрические шкалы, а также расположение событий на них.

По аналогии с современной психофизической схемой и в отличие от классической аристотелевской логики ПФЛ описывают не идеальный платоновский мир, а восприятие реального физического мира конкретным агентом. Суть псевдофизических логик составляет работа с событиями, т.е. с формулами, которые соотнесены с отметками на шкалах. Взаимное положение событий на множестве шкал, возможные перемещения по шкалам и связь этих перемещений с изменениями на других шкалах позволяют описать те процессы вывода, которые характерны для псевдофизических систем.

Псевдофизическая логическая система представляет собой семейство взаимосвязанных логических подсистем, которые следует отнести к двум основным уровням. На первом уровне находятся *временная, пространственная, каузальная логика*, а также *логика действий*. На втором, более высоком уровне находятся *логика оценок, логика норм, логика мнений*, и пр.

Псевдофизические логики непосредственно связаны с познанием и являются прямыми предшественниками современной «когнитивной логики». Первые работы Д.А.Поспелова по временным ПФЛ были написаны в середине 1970-х годов [54,55], тогда как «когнитивная логика» возникла уже в XXI-м веке [56].

Псевдофизические логики можно положить в основу логического моделирования когнитивных агентов. В частности, логики первого уровня непосредственно связаны с взаимодействием агентов (например, роботов) с внешней средой. В 1990-е годы профессор Д. А. Поспелов опубликовал две фундаментальные работы, посвященные основам теории агентов и многоагентных систем (где понятие «агент» уже рассматривалось им в явном виде): «От коллектива автоматов к мультиагентным системам» [57], а затем «Многоагентные системы — настоящее и будущее» [58]. В них он описал исторический переход от моделей коллективного поведения к теории агентов, ввел классификацию агентов с помощью тройки критериев «тип среды — уровень свободы воли — степень развития социальных отношений», выделил и проанализировал различные типы сред функционирования агентов, указал ключевые интенциональные характеристики агентов. В ходе 1-го Международного семинара «Распределенный искусственный интеллект и многоагентные системы» в Санкт-Петербурге в 1997 году состоялась чрезвычайно интересная дискуссия Д. А. Поспелова с В. Л. Стефанюком (их противоположные исходные позиции описаны в [57] и [59]) о взаимосвязях между моделями коллективного поведения и многоагентны-

ми системами.

Всё же главное место в научном поиске 1990-х годов у Д. А. Поспелова занимала *прикладная семиотика* [60-62]. Здесь катализатором послужил уже упомянутый ранее совместный российско-американский семиотический проект, в частности, семинар по архитектурам для семиотического моделирования и ситуационному анализу в больших сложных системах, прошедший в Монтерее в 1995 году. На нём был сделан доклад Д. А. Поспелова и др. «Семиотическое моделирование и ситуационное управление» [60].

В прикладной семиотике центральное место занимает понятие *семиотического моделирования*, характеризующее динамику интеллектуальной системы при изменении её знаний об окружающем мире и способах поведения в нем. Если классическая формальная система описывает замкнутый, полностью определённый мир, то введённое Д. А. Поспеловым представление семиотической системы позволяет моделировать процессы, протекающие в открытых или динамических системах.

Стратегия перехода от формальных к семиотическим системам, по Д. А. Поспелову, заключается в изменении различных параметров формальной системы: алфавита, синтаксических правил, аксиом, правил вывода, ценностных ориентаций, стратегий поиска решений, ограничений и т.п. Эти изменения производятся с помощью некоторых правил или моделей. Таким образом, семиотические системы являются открытыми, активными, ориентированными на работу с динамическими базами знаний, реализацию как дедуктивных, так и индуктивных и абдуктивных рассуждений, сосуществование разных логик.

Существенную роль в прикладной семиотике играет введенная Д. А. Поспеловым модификация классического треугольника Фреге — наглядного представления знака как триединства имени, концепта и денотата. Здесь речь идет о введении метауровня в знаковых представлениях (метазнаков), с которым связывается активность знаковых систем и возникновение в них свойства рефлексии. Впоследствии ученик Д. А. Поспелова, ныне президент РАИИ, д.ф.-м.н., профессор Г. С. Осипов предложил назвать наглядное представление метазнака (в русле «динамической интерпретации знака») квадратом Поспелова [63].

Точно так же, как и его когнитивная концепция нетрадиционных шкал, прикладная семиотика у Д. А. Поспелова, по существу, является *когнитивной семиотикой*, поскольку она опирается на определение соответствий между знаковыми структурами и структурами знаний в виде фреймов [61,62] (рис. 12).

Так, например, паре процедур 1 знака соответствуют поиск информации по адресу и ассоциативный поиск информации по содержанию, а паре процедур 2 отвечают приобретение знаний и построение конкретных

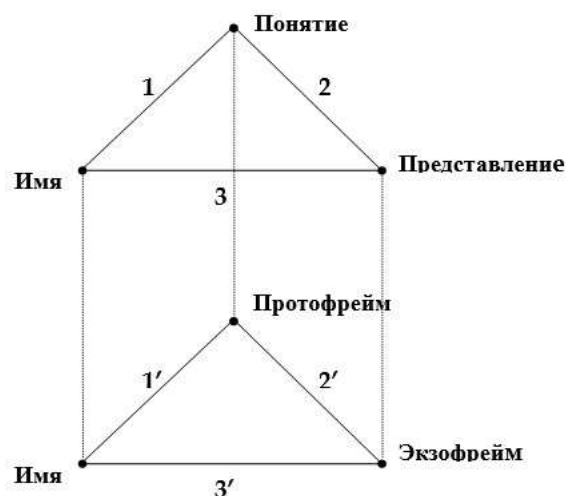


Рис. 13. К определению знака-фрейма

представлений на основе понятия, т.е. порождение экзофреймов на базе имеющегося протофрейма.

Проведённый анализ показывает, что столь разные, на первый взгляд, достижения и открытия Д. А. Поспелова, как прикладная семиотика, псевдофизические логики и нетрадиционные оппозиционные шкалы связаны воедино методологией когнитивных наук.

IV. БУДУЩЕЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

На формирование синтетического и синергетического научного мировоззрения Д. А. Поспелова несомненное влияние оказали идеи всеединства и всечеловечности, лежащие в основе философии и искусства русского космизма (в первую очередь, концепция ноосферы В. И. Вернадского, образуемой благодаря росту научного знания, а также концепция гармонии и синтезирующей роли культуры Н. К. Рериха). Русский космизм подхватил эстафету человеческих исканий в плане осмысления идеи единства Человека и Космоса и поднял эти искания на удивительную высоту прозрений человеческого духа. Именно русский космизм выступил как предтеча ныне формирующихся представлений о мировом общественном интеллекте. С этим миропониманием тесно связаны грани уникального дарования Д. А. Поспелова как учёного, писателя и искусствоведа.

Одной из важнейших тем русского космизма является предвидение и управление будущим. Соответственно, футурологические очерки и научные прогнозы занимают немаловажное место в творческом наследии Дмитрия Александровича.

А. Некоторые прогнозы Д. А. Поспелова

В наше время мало кто знает, что ещё в 1970-е годы профессор Д. А. Поспелов высказал ряд удивительно точных и прозорливых прогнозов развития компьютерной техники, робототехники, теории управления. Так

в 1975 году в небольшом интервью, опубликованном в газете МФТИ «За науку» (12 сентября 1975 г., № 24 (542)), он *предсказал появление глобальной информационной сети Интернет*: «Сети вычислительных машин сейчас эволюционируют столь же быстро, как когда-то эволюционировала телефонная сеть. И скоро они сольются в межнациональную сеть обработки данных, что позволит двум людям, выросшим в разных точках земного шара, общаться и понимать друг друга».

Сегодня только начинает сбываться другой его давний прогноз о том, что теория управления станет центральным звеном прогресса науки и общества в целом. Ещё в 1973 году им отмечалось, что «в ближайшие десятилетия самые странные и неожиданные открытия будут сделаны именно в теории управления, на её стыке с вычислительной техникой, экономикой, социологией и биологией. Пальма первенства от физиков, долгие годы будораживших человечество великими открытиями, перейдет к теории управления. Великие физики первой половины XX-го века уступят свое место великим управленцам»... Будет развиваться новый взгляд на суть управления благодаря учёту взаимосвязей между сложностью и эффективностью управления, выбору нужной степени централизации и иерархичности управления, организации сложных систем за счет локального управления их подсистемами» (статья Д. А. Поспелова в газете «За науку», 6 апреля 1973 г., № 11 (452)).

Современное развитие концепций управления в эпоху цифровой экономики и стратегии Индустрия 4.0, появление сетевых, виртуальных, интеллектуальных организаций, успешная практика стратегического менеджмента как управления корпоративными знаниями демонстрируют актуальность этого прогноза.

Несколько позже, в монографии [27, с. 204] Дмитрий Александрович отметил, что «в области промышленных роботов появятся *роботы нового поколения*, способные выполнять набор близких по своей специфике работ и *адаптироваться* к новым условиям производства. Эти роботы будут способны к *групповой деятельности* в рамках предусмотренных для этого сценариев». Сегодня развитие коллективной и коллаборативной робототехники делает данный прогноз реальностью.

В. Искусственный интеллект в новом тысячелетии

«Будущее искусственного интеллекта». Так назывался составленный Д. А. Поспеловым и К. Е. Левиным сборник [64], изданный в год заката СССР, в котором ведущие отечественные и зарубежные учёные обсуждали различные аспекты ИИ, а также перспективы этой междисциплинарной науки. Первая часть книги написана в форме актуальных вопросов ИИ и ответов на них академика Г. С. Поспелова, а во второй части собраны статьи и высказывания об ИИ

учёных и специалистов из разных областей знаний: пионеров информатики и ИИ в СССР академик А. П. Ершова, Л. Т. Кузина, М. М. Ботвинника, британского патриарха ИИ Д. Мики, ведущего логика в области ИИ В. К. Финна, математика и родоначальника когнитивной графики А. А. Зенкина, видных психологов В. П. Зинченко, О. К. Тихомирова, и других специалистов.

В [64] отмечено, что на XI-й Международной конференции по ИИ были предсказаны три новых направления в этой области в 1990 годах: 1) компьютеры параллельной архитектуры, в том числе, реализующие асинхронно протекающие волновые процессы; нейронные сети, нейроструктуры и нейрокомпьютеры; 2) гибридные интеллектуальные системы; 3) компьютерная когнитивная графика.

Среди ключевых проблем рассуждений были названы: формализация повседневных рассуждений «здравого смысла», переход от вывода к обоснованию, а от обоснования — к оправданию, построение ценностных рассуждений, связанных с формированием поведения.

Через пять лет в 1996 году была опубликована статья Д. А. Поспелова «Десять «горячих точек» в исследованиях по ИИ» [65]. В ней Дмитрий Александрович вынес на обсуждение «горячие точки» ИИ — прорывные направления, на которых будут сосредоточены основные усилия специалистов в начале нового тысячелетия: 1) переход от вывода к аргументации; 2) проблема оправдания; 3) порождение объяснений; 4) поиск релевантных знаний; 5) понимание текстов; 6) синтез текстов; 7) когнитивная графика; 8) много-агентные системы; 9) сетевые модели; 10) метазнания. При этом в пункте 9 он предсказал разрыв между адептами нейронных сетей и основным ядром специалистов в области ИИ. Профессор Д. А. Поспелов считал, что нарастание этого разрыва, по-видимому, приведёт к становлению двух разных наук, связанных с построением интеллектуальных систем. Одна из них будет по-прежнему опираться на уровень информационных (или ментальных) представлений, а другая — на уровень структурной организации, порождающей нужные решения.

Почти четверть века спустя этот прогноз полностью подтвердился. Впечатляющие успехи свёрточных нейронных сетей глубокого обучения и капсульных нейронных сетей вдохновляют неопитов ИИ на фактическое сведение его к нейросетевой парадигме и алгоритмам машинного обучения. Но даже простой перечень интеллектуальных способностей человека [47], не говоря уж о целостных структурах сознания или психики, показывает ограниченность такого подхода, поскольку в его рамках проблемы аргументации, оправдания, объяснения и понимания не решаются, а становятся только острее.

Здесь, очевидно, требуются новые гибридные моде-

ли, развиваемые на основе комплексных подходов типа мягких вычислений (Soft Computing), вычислительного интеллекта (Computational Intelligence) и т.п.

Рассмотрим некоторые собственные работы Дмитрия Александровича по проблемам обоснования и оправдания, понимания и когнитивной графики.

В работе [66], посвящённой первой из выделенных «горячих точек», выявлены различия между процедурами обоснования и оправдания, а также предложена интересная классификация видов рассуждений в зависимости от уровня самосознания (состояния своего «Я») у рассуждателя.

Классическое *обоснование* есть погружение нового факта в систему уже имеющихся фактов, такое, что добавление этого факта не порождает противоречий. В то же время *оправдание* означает погружение нового факта в систему ценностей, при условии, что положительная оценка данного факта ей не противоречит. Иными словами, реальное обоснование связано с трактовкой истинности как когерентности — степени согласованности факта с располагаемым знанием, а степень оправдания сильно зависит от системы ценностей.

Предложенная классификация рассуждений опирается на психологический структурный анализ и выделение трёх ипостасей (состояний) «Я» агента (по Э. Берну): Родитель, Взрослый и Ребёнок. Эти типы рассуждений являются совершенно различными. Система знаний Родителя замкнута и неизменна, его рассуждения основаны на жёсткой системе аксиом, содержащих незыблемые истины и нормы, причём все шаги вывода считаются априори правильными и не подверженными пересмотру. Таким образом, Родитель осуществляет строгий рациональный вывод при полном отсутствии неопределённости.

Рассуждения Взрослого являются более гибкими. Это состояние самосознания подразумевает критическое осмысление поступающей информации, а также её проверку на соответствие реальному миру. Знания Взрослого объективированы в том смысле, что, кроме данного агента, они принимаются и другими членами социума. Работа с такими знаниями соответствует процедурам, используемым в открытых базах знаний для интеллектуальных систем. Здесь вывод является скорее правдоподобным, чем достоверным, а порой и немонотонным. Нередко он заменяется аргументацией или простым погружением нового факта в базу знаний, если это не приводит к противоречию.

Наконец, схема рассуждений, относящаяся к состоянию Ребёнок, тесно связана с эмоциональной сферой. Здесь могут быть существенные отклонения от нормативного вывода и совсем неожиданные заключения. При этом мы имеем дело с оправданиями, а не с обоснованиями. Если на уровне обоснования возникает задача синтеза нормативного поведения, то на уровне

оправдания формируется ситуативное поведение.

Эта классификация рассуждений представляет интерес и в плане определения уровня понимания собеседника.

Изучение проблемы понимания текстов, затронутой уже в книге [27], привело Д. А. Поспелова к идее выделения уровней понимания у компьютера [67, 68]. Им было введено 7 уровней понимания. При этом понимание трактуется прагматически, как способность отвечать на вопросы.

На нулевом уровне понимания компьютерная система способна отвечать на сообщения пользователя безо всякого анализа их сути. На этом уровне понимание как таковое у системы отсутствует. В общении людей между собой нулевому уровню понимания соответствует так называемый *фактический диалог*, когда разговор ведется без анализа сути высказываний собеседника за счет чисто внешних форм поддержки диалога.

На первом уровне понимания система должна быть способной отвечать на все вопросы, ответы A на которые есть во введенном в нее тексте T , т.е. имеем простую схему: $T \Rightarrow A$.

На втором уровне понимания добавляются база знаний и машина вывода I (блок пополнения текста). В его функции входит автоматическое пополнение текста за счет хранящихся в памяти компьютера процедур пополнения. Имеем $I: T \rightarrow T^*$, и исходная схема приобретает вид $T^* \Rightarrow A$.

На третьем уровне понимания к средствам второго уровня добавляются правила пополнения текста знаниями системы о среде. Отличие третьего уровня понимания от второго заключается в процедурах, реализуемых блоком вывода ответа I . Формируя ответы, этот блок использует теперь не только информацию, хранящуюся в базе знаний, куда введено расширенное представление T^* исходного текста T , но и дополнительные знания о типовых сценариях S_c развития ситуаций и процессов, характерных для той предметной области, с которой работает компьютерная система.

Четвёртый уровень понимания достижим при наличии двух каналов получения информации. По одному в систему передается текст T^* , а по другому – дополнительная информация D , отсутствующая в тексте. Так два канала коммуникации имеют интеллектуальные роботы, обладающие зрением.

Пятый уровень понимания предполагает наличие информации о конкретном источнике текста, а также сведений о системе общения (знания об организации общения, целях участников общения, нормах общения, и пр.). Его идейной основой является теория речевых актов. Здесь широко используются средства правдоподобного вывода.

На шестом уровне понимания происходит порождение метафорических знаний с помощью специальных

процедур, опирающихся на ассоциации и вывод по аналогии.

По аналогии с уровнями понимания компьютера, в [69] были описаны уровни понимания интеллектуального робота.

Следует отметить, что в XXI-м веке резко возрос интерес к таким объектам понимания как результаты измерений, намерения, поступки, действия, поведение, ситуации, и пр. (см. [69]).

Ещё две проблемы будущего ИИ, над которыми Д. А. Поспелов активно работал в 1990-е годы, это — *когнитивная графика* [70, 71] и перспективы изучения *правополушарного мышления* [72, 73].

Накопление знаний и решение задач, возникающих перед человеком возможно двумя путями: алгебраическим и геометрическим. В XX-м веке первый путь стал преобладающим и даже почти единственным. Широкое распространение компьютеров лишь усилило доминанту алгебраической модели. Развитие высшего образования создало убеждение, что алгебраизация — суть единственный подлинно научный подход к познанию мира и принятию решений в нём. Зато у геометрического или графического подхода есть одно главное, неоспоримое преимущество. Апеллируя к образу, рисунку, геометрическому узору, этот подход генерирует у человека пучки ассоциаций, с помощью которых формируются интеллектуальные подсказки [71].

Графика позволяет представить знания в наиболее удобной для человека и компактной форме. Её важнейшей характеристикой является способность непосредственно влиять, даже направленно воздействовать на интуитивно образное мышление человека. В книге [70] выделены иллюстративная и когнитивная функции графических изображений. Здесь иллюстративная функция связана с визуализацией уже известного знания и обеспечением узнаваемости изображаемого объекта, а когнитивная функция графики, направленная на визуализацию внутреннего содержания, смысла научных абстракций, способствует порождению нового знания. Между иллюстративной и когнитивной графикой нет чёткой границы: концептуальное сжатие и наглядное представление известного знания может подсказать новую идею или гипотезу, для подтверждения которой могут также применяться диаграммы или картинки.

Когнитивная графика есть, прежде всего, средство визуализации идей, которые ещё не получили какого-либо точного выражения. Известными примерами когнитивных образов являются лица Чернова, используемые при анализе и управлении деятельностью компаний. Широкое распространение мультимедиа и гипермедиа-технологий также стимулирует развитие когнитивной графики. Она наиболее востребована на этапе исследовательского проектирования (формализации проблемы и выдвижения гипотез).

В итоге, Д. А. Поспелов делает общий вывод, что сплав алгебраического и геометрического подходов позволит создать полноценные интеллектуальные системы с куда большими возможностями, чем у современных систем ИИ [71]. По-видимому, это и будет решающий шаг на пути к «ИИ человеческого уровня», о котором так мечтал Дж. Маккарти.

В статье [72] была затронута проблема моделирования в компьютерных системах «правополушарных процедур». Человеческое сознание и человеческий способ познания мира отличается от компьютера наличием двух параллельных систем познания. Компьютер обладает одной системой познания, а именно символической. Человек же обладает двумя совместно работающими системами познания: одна есть рассудок или символично-логическое мышление, а другая — система восприятия и образного мышления. Неоднократно формулировалась гипотеза о том, что в основе человеческого механизма познания лежит интегрированная система, в которой образная и символично-логическая компоненты слиты воедино [72,73].

Важным средством изучения и формирования взаимосвязей и организации совместной работы левополушарных и правополушарных процессов, символично-логического и образного мышления служат системы виртуальной и дополненной реальности. Термин «*виртуальная реальность*» подразумевает погружение и навигацию человека в киберпространстве (искусственном, чаще всего трёхмерном мире), создаваемом с помощью компьютера (смартфона) и воспринимаемом посредством специальных устройств (шлема, очков, перчатки данных, и пр.).

В то же время *дополненная реальность* (ДР) есть результат добавления к объектам реального мира мнимых объектов, применяемых для получения новой информации. Она предполагает совмещение компонентов реального и виртуального миров при работе в реальном времени и трёхмерном пространстве. Например, в поле восприятия человека на производстве оказываются дополнительные сенсорные данные, в первую очередь, зрительные и тактильные, которые позволяют улучшить представление и понимание задачи. Таким образом физическим объектам добавляют виртуальные свойства, и формируется их индивидуализированное представление под конкретного пользователя.

3-4 марта 1998 г. в Переславле-Залесском состоялся первый (и до сих пор единственный по этой тематике) семинар РАИИ «Отражение образного мышления и интуиции специалиста в системах искусственного интеллекта». На нём с первым пленарным докладом «Метафора, образ и символ в познании мира» [73] выступил профессор Д. А. Поспелов. Опираясь на таблицу Шиклоши, содержащую сравнение возможностей человека и компьютера в генетическом плане, он обратил внимание на противоположность

путей развития людей и классических систем ИИ: у человека вначале формируется образная система, а потом понятийно-логическая, а у компьютера всё наоборот. Так в логике мы, в первую очередь, формируем общую систему понятий за счёт сходства и различия, а затем уже используем эту систему понятий для вывода, например, о принадлежности конкретного индивидуального понятия к общему понятию. Между тем, по утверждениям психологов, у человека сначала возникает единый образ — гештальт, а в дальнейшем всё остальное. Пока ещё нет искусственных систем, функционирующих по такому принципу.

Докладчик остановился на принципах гештальта и работы образной системы познания, предложенных в гештальт-психологии. Прежде всего, это принципы равновесия и простоты. Зрительные, кинестетические, слуховые и другие образы очень тесно связаны с устойчивостью и ощущением равновесия. Нарушения равновесия образов обычно обусловлены двумя вещами: 1) отклонением от симметрии (положением осей симметрии, плоскости симметрии); 2) понятиями «верх-низ», «слева-направо» и т.л. Например, в картинах живописи, фигуры, расположенные в правой половине картины, выглядят «тяжелее» точно таких же фигур в левой половине. В сознании человека равновесный образ является аналогом истины в логике. Неравновесный образ требует либо до осмысления, либо поиска дополнительной информации, либо включения в такую систему, где его неравновесность будет как то скомпенсирована. Подобные смутные образы быстрее вытесняются из зоны активного внимания.

Наличие эталонных образов в плане простоты легко пояснить на геометрических фигурах. У человека есть врождённые эталоны простых форм — это квадрат и круг. Многоугольник сложнее треугольника, незамкнутая фигура сложнее замкнутой. Диагональное направление слева направо и вверх — стандартный эталон возрастания, а справа налево и вниз — убывания. Цвета также упорядочены по предпочтениям: у художников простые или главные цвета — это синий, красный и жёлтый.

Соответственно, базовыми преобразованиями образов («операциями над образами») являются уравнивание и упрощение (или сведение к эталонам). Ритмы и орнаменты также играют в образах особую роль. Например, образ может быть неуравновешенным, но ритмичным, «возвращающимся через равные промежутки времени», и нас это устраивает как компенсация его неустойчивости.

Композиции, свёртки простых образов также играют ключевую роль. Так сочетания из простых форм, красок и теней образуют узоры. Повторяющиеся и чередующиеся узоры создают орнамент. Орнаментальность, ощущаемая предсказуемость «застывшего движения» способствует устойчивости зрительно-

го образа. Поэтому операции создания ритмической структуры и орнаментализации также следует отнести к числу базовых операций образного представления мира, образного мышления.

Ещё одна динамическая группа образов, которые связываются с восприятием и процессами воображения — это «топляки». Название «топляки» предложено по аналогии с брёвнами, которые ушли при сплаве под воду, а затем всплывают. Речь идёт об образах, которые в какое-то время вытесняются в подсознание, а потом «всплывают». Весьма интересны происхождение и условия применения операций «потопления» и «всплывания» образов. Почему они топятся? Топятся они точно так же, как и знания, когда те нас не устраивают. Даже знания логического типа часто убираются из активной зоны нашего внимания потому, что они нам не нравятся в силу своей необъяснимости, неприемлемости, неполноты, противоречивости и других НЕ-факторов.

Итак, если образ кажется непонятным, раздражает или никак не достраивается до уравновешенного состояния, то он вытесняется. И будет находиться в подсознании, пока у человека не сработает интуиция, не произойдёт озарение или инсайт. Возникает «ощущение истинности».

Эквивалентом истинности в образах является красота. Красота в образе, как и красота теории, есть удовлетворение всё тем же исходным принципам равновесия, простоты, объяснимости, и т.д.

Целостность восприятия и образного мышления, наличие эталонных образов, ощущения равновесия, симметрии, простоты и завершенности формы являются главными характеристиками «правополушарного мира». Сначала всё воспринимается целиком, потом раскладывается на части, но не собирается целое из частей.

В [73] Д. А. Поспелов также проследил связи между образами и метафорами в интеллектуальных системах.

Создание ИИ «человеческого уровня» означает наделение искусственной системы правополушарными способностями человека и реализацию в ней совместной работы символично-логического и образного мышления. Насколько, это окажется возможным, покажет время. Более реальной перспективой видится создание целостного гибридного, синергетического интеллекта в условиях партнёрства человека и робота, а, в более общем плане, смешанных коллективов людей и машин. Тогда на смену «третьей волны» развития цивилизации (по О. Тоффлеру) придёт четвертая волна — «волна единого всемирного партнёрского интеллекта людей и машин». Но уже сегодня надо думать о том, чтобы она не захлестнула наш естественный мир!

У. НАСЛЕДИЕ Д. А. ПОСПЕЛОВА

Дмитрий Александрович Поспелов внёс огромный вклад в становление и развитие искусственного интел-

лекта в СССР, а затем в России и СНГ. Можно выделить четыре основных измерения его многогранной деятельности.

Во-первых, это научное измерение, его собственные выдающиеся научные результаты на стыке разных дисциплин, Создание новых научных направлений, прямо относящихся или близких к ИИ, включая не только хорошо разработанные подходы, методы и модели ситуационного управления, прикладной семиотики, псевдофизических логик, но и базовые идеи новых когнитивных наук, как «ростки будущего», в частности, модели когнитивной семантики на нестандартных биполярных и кольцевых шкалах, модели рассуждений «здорового смысла», триаду «объяснение-обоснование-оправдание» и её связи с типами рассуждений и уровнями понимания. Формирование основ психонической парадигмы целостного ИИ и «психологии искусственных агентов», которая становится очень востребованной в наши дни.

Во-вторых, блестящий педагогический и, особенно, лекторский талант Д. А. Поспелова привели к созданию одной из самых сильных научных школ по искусственному интеллекту — междисциплинарной, меж организационной, межрегиональной, и, без преувеличения, международной. Важнейшая миссия Дмитрия Александровича как учителя заключалась в воспитании достойных учеников и производстве профессионалов высокого уровня, способных не только и не столько брать на вооружение готовые программные продукты и реализовывать чужие подходы и алгоритмы, сколько генерировать свои идеи, методы, модели и воплощать их в жизнь.

Официально, среди его непосредственных учеников 5 докторов наук, в том числе, крупные учёные в области ИИ В. Н. Вагин, Г. С. Осипов, В. Ф. Хорошевский, и более 50 кандидатов наук, включая таких известных специалистов, как А. Н. Аверкин, А. Ф. Блишун, И. В. Ежова, Л. В. Литвинцева и др., но это только «верхушка айсберга». Немало видных учёных не только в России, но и в странах СНГ и дальнего зарубежья с гордостью называют себя выходцами из школы Д. А. Поспелова.

В-третьих, он без видимого напряжения выполнял очень большую научно-организационную работу. Вместе с академиком Г. С. Поспеловым Дмитрий Александрович в 1974 году стоял у истоков официального признания искусственного интеллекта как научного направления в СССР (см. выше).

Яркими страницами международного сотрудничества в области искусственного интеллекта, связанными с Д. А. Поспеловым, были мероприятия по координации исследований по ИИ в социалистических странах, проведённые в 1980-е — 1990-е годы под эгидой Комиссии «Научные вопросы вычислительной техники» Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Бы-

ла создана международная базовая лаборатория стран СЭВ по ИИ, работавшая в Братиславе, одним из руководителей которой стал профессор Д. А. Поспелов. Вскоре после этого были образованы международные рабочие группы: сначала РГ18[74], а затем РГ-22 [75] как её продолжение. Итогом этой деятельности стало издание трёхтомного справочника по искусственному интеллекту, причём том 2 «Модели и методы» вышел под редакцией Д. А. Поспелова [68].

Дмитрий Александрович много работал также в секции «Прикладные проблемы кибернетики» при Московском доме научно-технической пропаганды (общество «Знание»), был заведующим Международной лабораторией ЮНЕСКО по ИИ при Институте программных систем РАН, руководителем ВНТК «Интеллектуальные системы» РАН, членом редсоветов издательств «Энергоатомиздат», «Радио и связь», главным редактором созданного им в 1991 году журнала «Новости искусственного интеллекта». На протяжении более 20 лет профессор Д. А. Поспелов был заместителем главного редактора журнала «Известия Академии наук: «Теория и системы управления».

В-четвертых, важнейшим достижением Д. А. Поспелова стало создание открытой, междисциплинарной научной среды, связанной с интенсивным формированием новых научных идей и свободным обменом ими в процессе взаимодействия между различными научными, учебными, промышленными сообществами и структурами.

С 21 по 25 ноября 1988 года в Переславле-Залесском на базе Института программных систем (ИПС) состоялась 1-я Всесоюзная конференция по искусственному интеллекту. Сопредседателями программного комитета были академики Е. П. Велихов и Г. С. Поспелов, а их заместителями — директор ИПС А. К. Айламазян и профессор Д. А. Поспелов. Это была весьма представительная конференция, которая собрала более 500 участников из многих республик Советского Союза и была разбита на 13 секций.

В мае 1989 года Д. А. Поспелов выступил главным инициатором объединения ведущих учёных и специалистов по ИИ в официальное сообщество, названное Советской (а с 1986 года — Российской) ассоциацией искусственного интеллекта. Он более семи лет был президентом Ассоциации, а в 2000-е годы являлся почётным членом её научного совета.

Вот уже более 20 лет Ассоциация живёт и успешно функционирует. Ею регулярно проводятся Национальные конференции по ИИ: за период с 1988 г. по 2019 г. было проведено 17 Национальных конференций. Ранее они проводились 1 раз в два года, а, начиная с XVII-й конференции КИИ-2019 в Ульяновске, ежегодно.

Творческая натура Дмитрия Александровича Поспелова не ограничивалась только профессиональной научной и преподавательской деятельностью. Стихи и

проза, история и археология, нумизматика и живопись — вот далеко не полный перечень его увлечений. В 2000-е годы, даже будучи тяжело больным, он работал над изданием сборников своих стихов «Размышления» (2005 г.) и рассказов «Знак Водолея» (1998 г.), «Чужое пространство» (2005 г.), продолживших своеобразное реально-виртуальное, полумистическое направление в современной российской литературе. Близкая ему философия русского космизма нашла своё отражение в литературных образах.



Рис. 14. Профессор Д. А. Поспелов в своём домашнем кабинете среди картин П. Фатеева (2007г.).

В 2007 году вышла в свет замечательная книга Д. А. Поспелова-искусствоведа о творческом руководителе группы русских художников-интуитивистов «Амаравелла: мистическая живопись Петра Фатеева» [76]. В аннотации на обложке автор написал: «эти картины для тех, в ком живет творческий дух, кому тесно в этом Старом тяжеловесном Мире, кто хочет поднять завесы ложной реальности и разложить вещи, чтобы найти в них то, что он никогда не видел, кто жаждет прохлады горных высот и чистого воздуха, кто, змеёй извиваясь, хочет сбросить свою ветхую шкуру и взглянуть новыми глазами на Новый Мир».

Именно так можно оценить жизнь и творчество самого Дмитрия Александровича Поспелова. Это *амаравелла* — «ростки бессмертия» в задуманном им Новом Мире Искусственного Интеллекта.

VI. ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Вместо заключения автору хотелось бы привести высказывания о профессоре Д. А. Поспелове его

коллег и друзей — ведущих учёных и руководителей РАИИ на первых Поспеловских чтениях в Политехническом музее «Искусственный интеллект — проблемы и перспективы» (2003-й год).

Один из основоположников исследований в области кибернетики и искусственного интеллекта, автор известной, переведённой на русский язык монографии «Искусственный интеллект», профессор Алекс Эндрю (Великобритания)

В 1851–1852 годах леди Лавлейс стала обсуждать такие вопросы, как применение вычислительных устройств для выполнения символьных операций или для сочинения музыки, которые далеко выходили за пределы обычных вычислительных задач. Может быть, это и были первые идеи, положившие начало тому направлению, которое сегодня называется «искусственный интеллект». В данной области работы Д. А. Поспелова являются фундаментальными, вносящими существенный вклад в ее развитие.

Дмитрий Поспелов привнёс в ИИ и смежные науки совершенно новое качество. В частности, это фантазия и воображение, которые присущи многим его работам, например, работам по компьютерному моделированию волшебных сказок.

Применение компьютеров в искусственном интеллекте значительно отличается от их применений в вычислительной области. И Д. А. Поспелов одним из первых показал, что даже обычный фон-неймановский компьютер может эффективно использоваться не только для счёта и решения вычислительных задач, но и для имитации различных типов поведения, поддержки образного мышления, моделирования творческих процессов.

Член Научного совета Российской ассоциации искусственного интеллекта, д.т.н., профессор Виктор Константинович Финн.

Можно выделить 3 основные измерения многогранной деятельности профессора Д. А. Поспелова. Во-первых, Дмитрий Александрович — основоположник когнитивного направления в отечественной науке — в широком смысле этого слова, т.е. и в смысле математических формализмов, и в смысле связей с психологией и лингвистикой.

Второе измерение, второй аспект его творчества — это формирование научной школы, воспитание учеников, производство специалистов, близких ему по духу и по идеям.

Наконец, третий аспект его творчества — это создание открытой, междисциплинарной научной среды (ничуть не менее важный, чем два предыдущих). Сейчас многие политики (а, в особенности, политтехнологи) говорят о «гражданском обществе», смутно представляя себе, что это такое. Между тем, Д. А. Поспелов продемонстрировал пример создания ячейки «гражданского общества» — Ассоциации искусственного

интеллекта, которая живет самостоятельной жизнью и является примером открытого сообщества, активно взаимодействующего с самыми разными научными, учебными, промышленными структурами. Относясь равнодушно и даже с некоторой брезгливостью к чинам, иерархии, официозу и всему прочему, Дмитрий Александрович продемонстрировал, что и без чинов высоких можно создавать, творить и иметь множество учеников.

В заключение, я хочу сказать, что все мы вышли «из двух шинелей» — Гермогена Сергеевича Поспелова и Дмитрия Александровича Поспелова. Они были «тёплыми» и создали для всех нас удивительный научный микроклимат.

Председатель Научного совета РАИИ, д.т.н., профессор Олег Петрович Кузнецов.

Мне хотелось бы вспомнить ещё об одной «шинели», из которой в значительной степени вышел и сам Дмитрий Александрович. Это Михаил Александрович Гаврилов, которого он считает своим учителем, и теория автоматов. Сейчас теория автоматов — один из многочисленных разделов информатики, а в 1950-е и 1960-е годы она была почти синонимом кибернетики. Теорией автоматов занимались одни из основателей кибернетики — Джон фон Нейман и Алан Тьюринг. Львиную долю литературы по кибернетике того времени составляли работы по теории автоматов.

Одна из первых и наиболее ярких школ, воспитавших целое поколение отечественных исследователей, — это знаменитые Гавриловские школы [77,78]. Если бесспорным лидером школы в целом был действительно сам М. А. Гаврилов, то неформальным лидером молодежи, которая собиралась на этих школах, стал, безусловно, Дмитрий Поспелов. Самые первые научные работы Дмитрия Александровича были в области теории автоматов. Первая его книга, знакомая не одному поколению студентов, — «Логические методы анализа и синтеза схем» — ныне считается одним из двух–трех классических учебников по теории автоматов и логическим методам схемотехники.

По крайней мере, наше поколение, первые ученики и последователи Дмитрия Александровича хорошо знают такие его прекрасные книги, как «Игры и автоматы», «Вероятностные автоматы», «Мышление и автоматы». Именно под воздействием идей Д. А. Поспелова произошёл плавный переход от казавшихся скучноватыми формализмов классической теории автоматов к содержательным и интересным моделям ситуационного управления, которые впоследствии стали частью проблематики искусственного интеллекта.

Как раз из Гавриловских школ Д. А. Поспелов почерпнул и привил своей школе искусственного интеллекта удивительное чувство научной и человеческой солидарности, создав ту проникнутую неформальной атмосферой уникальную научную среду, в которой

возможно по-настоящему свободное творчество, свободный поиск истины.

Действительный член Европейского координационного комитета по искусственному интеллекту, вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта, д.т.н., профессор Вадим Львович Стефанюк.

То, что делал Дмитрий Александрович Поспелов в искусственном интеллекте, я обозначу термином «поиски смысла». Поиски смысла во всем. Поиски смысла в текстах, поиски смысла в картинах, которые написаны художниками, поиски смысла в репликах, которыми обмениваются диспетчеры в морском порту, поиски смысла в волшебных сказках... Наконец, поиск скрытого смысла в математике. Именно отсюда появились семиотические системы, при построении которых ставился вопрос: что же происходит при обучении в системах типа конечных автоматов?

Конечно, многие ищут смысл. Но Д. А. Поспелов отличался тем, что он не просто искал смысл, а ещё и разработал уникальный формализованный аппарат, позволяющий двигаться в этом направлении.

Руководитель тематического отделения Российской ассоциации искусственного интеллекта «История информатики», д.т.н., профессор Яков Ильич Фет.

Ещё одна, очень важная сторона многогранной деятельности Д. А. Поспелова — это его работы по истории кибернетики, информатики и искусственного интеллекта. В начале 1980-х годов Дмитрий Александрович вместе с Модестом Георгиевичем Гаазе-Рапопортом организовали постоянно действующий семинар по истории кибернетики, который проводился в здании Политехнического музея. Первое заседание состоялось 22 декабря 1983 года. На этом семинаре выступали с воспоминаниями многие наши известные специалисты. Имеется около 30 кассет с записями этих семинаров.

В 1991 году вышел в свет первый номер официального журнала Ассоциации искусственного интеллекта «Новости искусственного интеллекта», главным редактором которого был Д. А. Поспелов. И уже в первом номере он ввел специальную рубрику «Из истории искусственного интеллекта». В ней были опубликованы воспоминания о семинаре по психонике. Позднее, в 1994 году, в журнале появились его статьи о решающей роли Г. С. Поспелова в признании у нас искусственного интеллекта как научного направления и развёртывании соответствующих исследований в нашей стране, а также об организации деятельности международных рабочих групп в области ИИ РГ-18 и РГ-22.

Затем Дмитрий Александрович Поспелов выступил как инициатор издания книг по истории информатики, в частности, в серии «Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения».

Первая книга под названием «Очерки истории информатики в России» вышла летом 1998 года. Он

написал блестящую вводную статью под названием «Становление информатики в России» [79]. По существу, эта статья стала программной для всех наших дальнейших публикаций. Наши работы по истории информатики продолжают. Вышло еще несколько книг: об А. Н. Колмогорове, А. А. Ляпунове, Л. В. Канторовиче, А. И. Берге.

В наших планах — продолжение серии изданий под общим названием «История отечественной информатики». История, в которой ярок след Д. А. Поспелова.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №20-07-00770.

Список литературы

- [1] Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза схем. М.: Энергия, 1964.
- [2] Поспелов Д. А. Игры и автоматы. М.: Энергия, 1965.
- [3] Поспелов Д. А. Вероятностные автоматы. М.: Энергия, 1970.
- [4] Поспелов Д. А. Проблемы теории вычислительных систем. Автореферат диссертации... д.т.н. М.: МЭИ, 1968.
- [5] Вагин В. Н., Еремеев А. П. Научная школа искусственного интеллекта в Московском энергетическом институте на базе кафедры прикладной математики: становление и развитие. Вестник МЭИ. №2, 2015, с.29-37.
- [6] Клыков Ю. И. Модельный метод управления динамическими ситуационными системами. Автореферат диссертации... к.т.н. М.: МЭИ, 1967.
- [7] Вагин В. Н. Игровые методы управления сложными системами. Автореферат диссертации... к.т.н. М.: МЭИ, 1968.
- [8] Поспелов Д. А. Семинар по психонике. Новости искусственного интеллекта, №1, 1991, с.31-36.
- [9] Поспелов Д. А. О задачах психоники. Проблемы бионики. М.: Наука, 1967, с.294-297.
- [10] Поспелов Д. А. Теория гириоматов. Проблемы бионики. М.: Наука, 1973, с.397-402.
- [11] Hewitt C. Viewing Control Structures as Patterns of Message Passing. Artificial Intelligence, vol.8, no 3, pp.323-364.
- [12] Аверкин А. Н., Дулин С. К., Хорошевский В. Ф., Эрлих А. И. Отдел интеллектуальных прикладных систем// 50 лет ВЦ РАН: история, люди, достижения. М.: ВЦ РАН, 2005. С. 198-211
- [13] Поспелов Д. А. Введение в теорию вычислительных систем. М.: Сов.Радио, 1972.
- [14] Поспелов Д. А., Пушкин В. Н. Мышление и автоматы. М.: Сов.Радио, 1972.
- [15] Захаров В. Н., Поспелов Д. А., Хазацкий В. Е. Системы управления. М.: Энергия, 1972
- [16] Поспелов Д. А. Большие системы. Ситуационное управление. М.: Знание, 1975.
- [17] Поспелов Д. А. Принципы ситуационного управления. Известия АН СССР: Техническая кибернетика, №2, 1971, с.10-17.
- [18] Клыков Ю. И., Поспелов Д. А., Пушкин В. Н. Зачем нужно ситуационное управление? Вопросы кибернетики. Вып.13. Ситуационное управление: Теория и практика. Ч.1. М.: НСКП «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1974. С.7-15.
- [19] Поспелов Д. А. Системный подход к моделированию мыслительной деятельности. Проблемы методологии системного исследования. М.: Мысль, 1970. С.338-358.
- [20] Поспелов Д. А. Новые информационные технологии — это те ключи, которые откроют нам путь в новое общество. Новости искусственного интеллекта, №2, 1994, с.57-76.
- [21] Поспелов Г. С., Поспелов Д. А. Искусственный интеллект. Вестник АН СССР, №10, 1975, с.26-36.
- [22] Стефанюк В. Л. От автоматов М. Л. Цетлина к искусственному интеллекту. Новости искусственного интеллекта, №4, 1995, с.56-92.
- [23] Machine Intelligence. Vol.9. Ed. by J.E.Hayes, D.Michie, L.Mikulich. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1979.

- [24] Поспелов Д. А. Системы искусственного интеллекта: итоги и ближайшее будущее. *Problems of IControl and Information Theory*, vol.9, no 1, 1980, pp.3-18.
- [25] Тарасов В. Б. Д. А. Поспелов — основоположник искусственного интеллекта в СССР и России. *Политехнические чтения. Вып.7. Искусственный интеллект: проблемы и перспективы.* М.: РАИИ, 2004. С.34-47.
- [26] Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоатомиздат, 1981.
- [27] Поспелов Д. А. Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту. М.: Наука, 1982.
- [28] Варшавский В. А., Поспелов Д. А. Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими. М.: Наука, 1984.
- [29] Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
- [30] Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. От амёбы до робота: модели поведения. М.: Наука, 1987.
- [31] Кандрашина Е. Ю., Литвинцева Л. В., Поспелов Д. А. Представление знаний о пространстве и времени в системах искусственного интеллекта. М.: Наука, 1988.
- [32] Поспелов Д. А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. М.: Радио и связь, 1989.
- [33] Поспелов Д. А., Шустер В. А. Нормативное поведение в мире людей и машин. Кишинев: Штиинца, 1990.
- [34] Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986.
- [35] Уинстон П. Искусственный интеллект: Пер. с англ. М.: Мир, 1980.
- [36] Hoffman A.G. On the Principles of Intelligence. *Proceedings of the First World Conference on the Fundamentals for Artificial Intelligence (Paris, France, July 1-5, 1991)*. Paris: Masson, 1991. P.257-266.
- [37] Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985.
- [38] Simon H.A. Artificial Intelligence: an Empirical Science. *Artificial Intelligence*, vol.77, 1995, pp.95-127.
- [39] McCarthy J., Hayes P. J. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. *Machine Intelligence. Vol 4.* Ed. by B.Meltzer and D.Michie. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1969, pp.463-502.
- [40] McCarthy J. From Here to Human-Level AI. *Artificial Intelligence*, vol.171, 2007, pp.1174-1182.
- [41] Artificial General Intelligence. Ed. by B.Goertzel and C.Pennachin. Berlin: Springer, 2007
- [42] Theoretical Foundations of Artificial General Intelligence/ Ed. by Pei Wang and B.Goertzel. Beijing: Atlantis Press, 2012.
- [43] Reggia J. The Rise of Machine Consciousness: Studying Consciousness with Computational Models. *Neural Networks*. 2013. Vol. 44. P.112-131.
- [44] Stanley K. Open-Endedness: a New Grand Challenge for AI. *O'Reilly Artificial Intelligence Conference*, 2019.
- [45] Осипов Г. С., Панов А. И, Чудова Н. В. Управление поведением как функция сознания. *Известия РАН: Теория и системы управления*, №4, 2014, с.49-62.
- [46] Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М: Эдиториал УРСС, 2002.
- [47] Финн В. К. Искусственный интеллект: методология, применения, философия. М.: КРАСАНД, 2011.
- [48] От моделей поведения к искусственному интеллекту. Под ред. В.Г.Редько. М.: КомКнига, 2006.
- [49] Тарасов В.Б. Оппозиционные шкалы в модели мира. К 70-летию Д.А.Поспелова. *Программные продукты и системы*, №2, 2003, с.44-47.
- [50] Поспелов Д. А. «Серые» и/или «черно-белые». *Прикладная эргономика. Специальный выпуск «Рефлективные процессы»*, №1, 1994, с.29-33.
- [51] Поспелов Д. А. Знания и шкалы в модели мира. *Модели мира.* М.: РАИИ, 1997. С.69-84.
- [52] Толковый словарь по искусственному интеллекту. А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов (редакторы – составители). М.: Радио и связь, 1992.
- [53] Ежкова И. В., Поспелов Д. А. Принятие решений при нечетких основаниях. I. Универсальная шкала. *Известия АН СССР: Техническая кибернетика*, №6, 1977, с.3-11.
- [54] Поспелов Д. А. Элементы аксиоматики временных отношений. *Вопросы кибернетики. Вып.14. Ситуационное управление: Теория и практика. Ч.2.* М.: НСКП «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1975. С.15-21.
- [55] Литвинцева Л. В., Поспелов Д. А. Время в роботах и диалоговых системах. *Вопросы кибернетики. Вып.61. Проблемы искусственного интеллекта.* М.: НСКП «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1980. С.61-70.
- [56] Pei Wang, Cognitive Logic vs Mathematical Logic. *Lecture Notes of the 3rd International Seminar on Logic and Cognition, Guangzhou, China, 2004.*
- [57] Поспелов Д. А. От коллектива автоматов к мультиагентным системам. *Труды Международного семинара «Распределённый искусственный интеллект и многоагентные системы» (DAIMAS'97, Санкт-Петербург, Россия, 15-18 июня 1997).* СПб.: СПИИРАН, 1997. С.319-325.
- [58] Поспелов Д. А. Многоагентные системы — настоящее и будущее. *Информационные технологии и вычислительные системы*, №1, 1998, с.14-21.
- [59] Стефанюк В. Л. От многоагентных систем к коллективному поведению. *Труды Международного семинара «Распределённый искусственный интеллект и многоагентные системы» (DAIMAS'97, Санкт-Петербург, Россия, 15-18 июня 1997).* СПб.: СПИИРАН, 1997. С.327-338.
- [60] Pospelov D. A., Ehrlich A. I., Osipov G. S. *Semiotic Modeling and Situation Control. Proceedings of 1995 ISIC Workshop on Architectures for Semiotic Modeling and Situation Analysis in Large Complex Systems (Monterey CA, USA, August 1995)*, p.127-129.
- [61] Поспелов Д. А. Прикладная семиотика и искусственный интеллект. *Программные продукты и системы*, №3, 1996, с.10-13.
- [62] Поспелов Д. А., Осипов Г. С. *Прикладная семиотика. Новости искусственного интеллекта*, №1, 1999, с.9-35.
- [63] Осипов Г. С. От ситуационного управления к прикладной семиотике. *Новости искусственного интеллекта*, №6, 2002, с.3-7.
- [64] Будущее искусственного интеллекта. К. Е. Левитин, Д. А. Поспелов (редакторы – составители). М.: Наука, 1991.
- [65] Поспелов Д. А. Десять горячих точек в исследованиях по искусственному интеллекту. *Интеллектуальные системы (МГУ)*, т.1, вып.1-4, 1996, с.47-56.
- [66] Поспелов Д. А. Моделирование рассуждений: состояние и ближайшее будущее. *Теория и применение искусственного интеллекта.* Созополь, Болгария, 1989. С.46-53.
- [67] Поспелов Д. А. Интеллектуальные интерфейсы для ЭВМ новых поколений. *Электронная вычислительная техника. Сборник статей.* Вып. 3. М.: Радио и связь, 1989. С.4-20.
- [68] Искусственный интеллект – в 3-х кн. Кн.2. *Модели и методы: Справочник* Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Радио и связь, 1990.
- [69] Тарасов В. Б. Проблема понимания: настоящее и будущее искусственного интеллекта. *Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы V-й Международной научно-технической конференции (OSTIS-2015, Минск, БГУИР, 19-21 февраля 2015 г.).* Минск: Изд-во БГУИР, 2015. С.25-42.
- [70] Зенкин А. А. *Когнитивная компьютерная графика.* М: Наука, 1991.
- [71] Поспелов Д. А. *Когнитивная графика — окно в новый мир. Программные продукты и системы*, №3, 1992, с.4-6.
- [72] Поспелов Д. А., Литвинцева Л. В. Как совместить левое и правое? *Новости искусственного интеллекта*, №2, 1996, с.66-71.
- [73] Поспелов Д. А. *Метафора, образ и символ в познании мира. Новости искусственного интеллекта*, №1, 1998, с.94-114.
- [74] Поспелов Д. А., Хорошевский В. Ф. *Рабочая группа РГ-18. Новости искусственного интеллекта*, №2, 1992, с.87-100.
- [75] Поспелов Д. А., Хорошевский В. Ф. Можно ли повторить чудо вторично? *(История РГ-22). Новости искусственного интеллекта*, №2, 1994, с.77-95.

- [76] Пospelов Д. А. Амаравелла: мистическая живопись Петра Фатеева. М.: Фантом пресс, 2007.
- [77] Кузнецов О. П. Гавриловские школы: жизнь после смерти. Новости искусственного интеллекта, №2, 1996, с.88-92.
- [78] Пospelов Д. А. Школа МАГа. Новости искусственного интеллекта, №3, 1997, с.80-129.
- [79] Пospelов Д. А. Становление информатики в России. Очерки истории информатики в России. М.: Наука, 1998.

Artificial Intelligence: From the Past to the Future. About the Life Path and Scientific Heritage of Prof. Dmitry A. Pospelov

Valery B. Tarassov

Bauman Moscow State Technical University Moscow,
Russia E-mail: Vbulbov@yahoo.com

The contribution of the outstanding scientist, the father of Artificial Intelligence in the USSR and Russia, the creator and first president of Soviet (then Russian) Association for AI, Prof. Dmitry Pospelov into various AI areas and related sciences has been considered. He was the founder of such new interdisciplinary research fields as Situational Control and Applied Semiotics, Lingua-Logical Modeling, Pseudo-Physical Logics and Non-Standard circular, fuzzy and general Scales. He also was the pioneer of Computers with Parallel and other Non-Traditional Architectures, the author of innovative approaches to individual and collective Behavior Modeling, including some original topics like computer-based behavior analysis of fairy tales heroes, as well as new techniques of Act Frames. Besides, Professor D.A.Pospelov has suggested some interesting approaches to common-sense reasoning with taking into account the results of psychological studies and proposed a classification of understanding levels. He should be viewed as a forerunner of agent theory and multi-agent systems with his early original contributions — Gyromata Theory and Decentralized Control in Collective Behavior.

By analogy with Bionics Dmitry Pospelov has coined the term Psychonics to specify a sort of Psychology for Artificial Systems. The objective of Psychonics is the investigation of main psychological approaches, methods, models and tools in order of their practical use in AI to create advanced intelligent systems. Here the main results, concerning the architecture of human psyche, organization of human activity and features of human personality, are of primary concern.

The paradigm of Psychonics may be viewed as a precursor of Artificial General Intelligence (AGI). Indeed, already in 1982 D.A.Pospelov formulated in his book «Fantasy or Science: on the Way to Artificial Intelligence» a very wide vision of Artificial Intelligence: «Modern investigations in AI should be aimed at studying and modeling of Human Psyche for the sake of its simulation in technical systems to solve a variety of practical problems conventionally viewed as intelligent ones» (p.211).

It is worth stressing that in psychology, the word Psyche stands for the totality of human mind, both conscious and unconscious. The investigation of consciousness makes appeal to a well-known psychological triad: «Cognition — Affect — Conation». So D.A.Pospelov has envisioned Intelligence as a wholistic, open, heterogeneous dynamic system that perfectly corresponds to AGI paradigm.

Received 30.01.2020