

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И МЫШЛЕНИЕ

Леонид Перловский

1. Почему нет умных роботов

В 1950-х годах, когда появились компьютеры и математики начали разрабатывать «умные» компьютерные программы, они были уверены, что вскоре компьютеры далеко превзойдут человеческое мышление. Этого, однако, не произошло. До сих пор компьютеры не могут выполнять задачи, с которыми легко справляются даже дети: например, умение различать обыкновенные объекты, не говоря уже о более сложных ситуациях и действиях. Почему? Чтобы ответить на этот вопрос, взглянем на основные этапы развития искусственного интеллекта.

В 1950-х годах разрабатывались самообучающиеся компьютерные программы. Статистические методы использовались для того, чтобы программа обучилась среднестатистическим характеристикам различных предметов по заданным примерам и потом могла бы различать похожие предметы. Однако после многих лет работы в десятках и сотнях университетов ни одна программа не смогла приблизиться даже к ребёнку или животному.

В 1960-х годах Марвин Минский из Массачусетского Технологического Института (MIT) предложил новое направление исследований. Прежние самообучающиеся программы, говорил Минский, разрабатывать преждевременно: «Ньютон «самообучился» законам Ньютона, а остальные прочитали о них в учебниках». Самообучение, следовательно, недоступно обыкновенному человеку. И «умные компьютеры» следует начинать разрабатывать с тем, чтобы вложить готовые знания (правила решения) в компьютеры. Однако вновь после многих лет и сотен миллионов, затраченных на исследования, ни один компьютер не приблизился к ребёнку или животному по интеллектуальным способностям. В реальном мире, когда всё изменяется, требовалось всё больше и больше правил, которые не могли поместиться в компьютерную память.

В 1980-х годах возникла новая идея. Если самообучение без знаний слишком сложно, а знания без обучения требуют слишком многих правил, не попытаться ли соединить и то и другое? Начались разработки систем с обучающимися моделями. Основная идея была вложить знания в конструкции моделей, а изменяющиеся характеристики конкретных ситуаций описывать параметрами, которым компьютер будет обучаться в конкретных ситуациях.

Следующая идея «нейронных сетей» была подсказана структурой мозга: элементы памяти соединялись в компьютере математическими структурами, напоминающими нейронные сети в мозгу. Обучение происходило путём изменения силы соединений, подобно тому как нейронные синапсы изменяются в мозгу в процессах обучения. Но и эти идеи не привели к успеху.

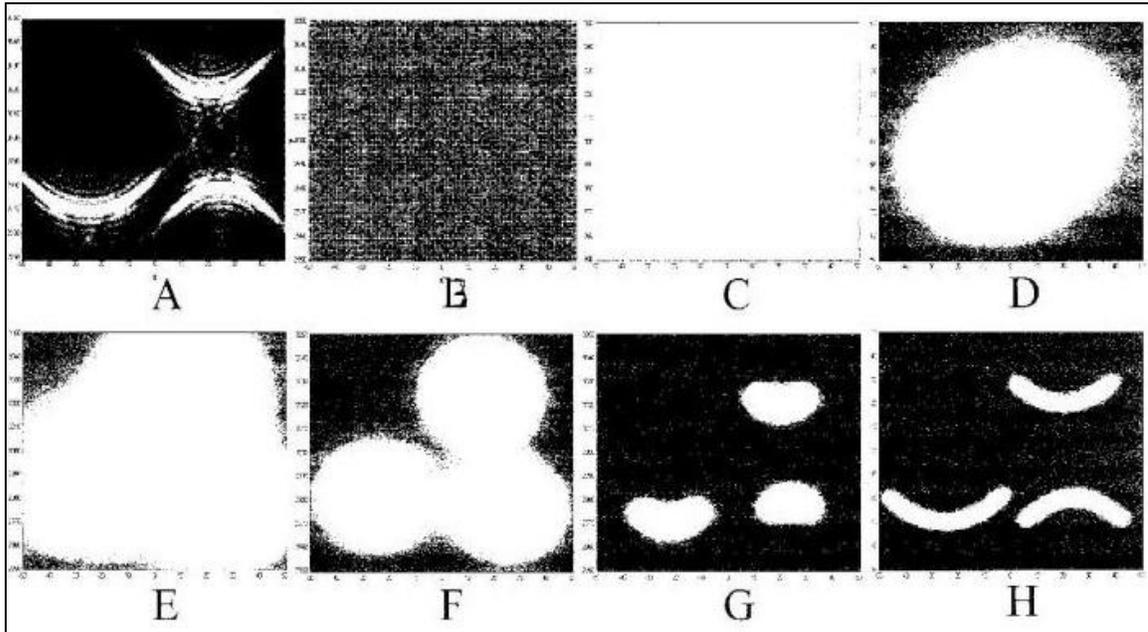
После пятидесяти лет неудач некоторые учёные стали приходить к выводу, что существует фундаментальная причина этих неудач.

2. Динамическая логика

В серии статей в 1980-х и 1990-х годах автор этой статьи показал, во-первых, что все неудачи математически сводятся к одной причине. Во всех алгоритмах приходилось рассматривать большое количество комбинаций простых элементов и выбирать наилучшую комбинацию (по некоторому критерию). Например, человеческий глаз получает около 10.000 сигналов десять раз в секунду. Однако количество **комбинаций** даже всего 100 сигналов превосходит все события во вселенной за всю историю её

существования. Ясно, что ни один компьютер не справится с этой задачей. Во-вторых, фундаментальная математическая причина этой комбинаторной сложности была обнаружена в **логике**. Ещё в 1930-х годах Курт Гёдель доказал фундаментальную несостоятельность логики. Это же доказательство приводило к комбинаторной сложности алгоритмов, использующих логику. Оказалось, что все алгоритмы использовали логику.

В последующих публикациях был разработан новый тип логики, динамическая логика. Если обыкновенная классическая логика занимается **утверждениями**, например: «это стул», то **динамическая логика** – это **процесс** от расплывчатого к конкретному. Пример этого процесса дан на следующей иллюстрации.



Процесс динамической логики. Распознавание образов в сложной ситуации, когда объекты слабее шума. (A) Три объекта показаны без шума. (B) Сенсорные данные, в которых объекты нужно найти. Количество объектов, их положение и крутизна неизвестны. Перебор всех возможных ситуаций невозможен, он потребует больше компьютерных операций, чем число событий во вселенной; задача считалась нерешаемой. Процесс динамической логики начинается с расплывчатой модели (C). От (D) до (H) модели улучшаются, их неопределённость уменьшается, и после 20 итераций объекты найдены.

Нейрофизиологические исследования показали, что распознавание объектов в зрительной системе происходит подобным образом. Зрительное восприятие простого объекта занимает около 1/5 секунды. За это время в мозговой системе зрительного восприятия происходят сотни тысяч нейронных операций. В первый момент представление об объекте в зрительной системе расплывчато, подобно (C). Постепенно расплывчатость уменьшается, и через 1/5 секунды мы видим объект. Почему же нам кажется, что мы видим всё сразу? Так устроена работа мышления: для нашего сознания доступен лишь конечный результат – чёткий распознанный объект. Подобным образом устроено не только восприятие простых объектов, но всё мышление. Мысли, решения, планы развиваются в мышлении от расплывчатого и неосознанного к конкретному и сознательному. В сложных ситуациях недодуманные мысли могут проявляться в сознании, но это малая часть процесса мышления.

Поразительно, что Аристотель описывал работу мышления подобным образом: от расплывчатых нелогичных «форм» к конкретным, логическим. В книге «Риторика для

Александра (Македонского)» Аристотель пишет инструкцию для своего ученика (в то время – царя, захватившего полмира). Он разбирает около сотни вопросов, по которым Александру приходится произносить речи (заключать мир или нет, пытаться пленных или нет...). По каждому вопросу он даёт строгие логические обоснования для решения вопроса в любую сторону. **Логика – это не способ принятия решений, а способ обоснования уже принятых решений.** Эта мысль Аристотеля оставалась непонятой почти две с половиной тысячи лет. Но Аристотель предвидел и это. Плутарх цитирует письмо Александра Аристотелю: «Ты пишешь книги... Не собираешься ли ты раскрыть всем наши знания?» Аристотель отвечал: «Александр, не волнуйся, никто ничего не поймёт».

3. Инстинкт к знанию и язык

Процесс динамической логики происходит в мозгу независимо от нашего желания, автоматически, под действием врождённого инстинкта: понимать! Всю жизнь мы приближаем наши представления к реальности, мы улучшаем наши знания. Пусть этот процесс не всегда так гладко происходит, как при восприятии простых объектов, но развитие культуры состоит в накоплении знаний под действием инстинкта к знанию.

Знания передаются от поколения к поколению через язык. Мы не можем непосредственно передать нашим детям представления о жизни, добытые долгим и часто трудным опытом. Мы можем лишь передать эти представления, выраженные в языке – то есть понятия. Есть поговорка: «одна картинка лучше тысячи слов». Как бы хорошо Вы ни выразили свою мысль словами, что поймёт другой человек? «Поймёт ли он, чем ты живёшь? / Мысль изречённая есть ложь». Может ли наука объяснить эти философские истины?

Сегодняшние компьютеры не умеют ни разговаривать, ни читать и не понимают языка Гугл, Яху или Яндекс; не могут сами найти в Интернете то, что Вам нужно; они не понимают Вас, т.е. поисковые системы воспринимают только «свои» формулировки, не понимают синонимов и «не видят» связи слов с мышлением и с жизнью. Но эта ситуация принципиального непонимания начинает меняться. Становится ясно, что осознание языковых понятий невозможно без понимания представлений мышления и наоборот.

Основной нейронный механизм взаимодействия языка и мышления состоит в том, что языковые модели-понятия и мыслительные модели-представления жёстко связаны врождёнными нейронными структурами. Мы называем это «двойная модель». Когда ребёнок рождается, у него в голове нет ни слов, ни чётких представлений. Есть лишь расплывчатые нейронные структуры, которые постепенно, с опытом, наполняются конкретным смыслом. Но связь между понятиями и представлениями изначальная, врожденная. Как только ребёнок услышит слово, он попытается понять, что этому слову соответствует в реальной жизни.

У животных нет такой врождённой связи, нет двойной модели. Собака может принести туфли по команде. Но её надо специально учить, что звук «туфли» связан с объектом туфли. Никто и пытаться не будет учить собаку абстрактным понятиям, которые нельзя конкретно увидеть, например, реальность, мнительность, абстрактность. К пяти годам каждый ребёнок знает огромное число слов и может говорить обо всём, о чём говорят взрослые вокруг него. Если мать или отец ищет работу, ребёнок расскажет гостям, как искать работу. Но, конечно, ребёнок не может пойти на улицу и найти работу, каждый это понимает. Говорят, «у ребёнка нет опыта». Но чем конкретно отличаются знания ребёнка от взрослого? Как это различие объяснить с точки зрения нейронных механизмов мозга?

Старые представления предполагали, что ребёнок отдельно запоминает слова, отдельно приобретает жизненный опыт. И запоминает связи между словами и опытом. Но,

как мы обсуждали, это математически невозможно – количество сочетаний элементарных «опытов» практически бесконечно. Только зная язык, ребёнок может выделить из бесконечной цепи явлений те, что составляют полезные представления, соответствующие понятиям языка. Способность к языку устроена так, что к пяти годам языковые модели из новорождённых, расплывчатых, становятся чёткими, конкретными. Однако многие мыслительные модели (и модели поведения) остаются расплывчатыми. Лишь постепенно они приобретают степень четкости, существующую в языке – в этом и состоит «накопление жизненного опыта».

Этот процесс продолжается всю жизнь, резко замедляясь после отрочества, и продолжает постепенно замедляться, в разной степени у разных людей. Творческие люди лучше сохраняют способность к обучению новому – к конкретизации моделей мышления и поведения. Однако редко кому удаётся достигнуть такой же конкретности мыслительных моделей, как языковых моделей. Чем выше модели в иерархии мышления, тем сильнее различие. И когда люди говорят об абстрактных понятиях, о возвышенных идеях, то можно заметить, что многие говорят словами, имея лишь расплывчатые и не вполне осознанные представления о том, что стоит за словами.

4. От роботов к высшим духовным способностям

Математическое понимание работы мышления, о котором говорилось выше, интересно не только для того, чтобы создавать улучшенные роботы, которые будут понимать язык, но и для того, чтобы понять, как работает человеческое мышление. На основании этих теорий сегодня мы можем лучше понять нейронные механизмы самых сложных человеческих способностей, красоты и духовно возвышенного.

С каждым инстинктом связаны эмоции. Когда нашему организму не хватает калорий, когда падает уровень сахара в крови, мы чувствуем эмоцию голода. Так же работает и инстинкт к знанию. Когда наши представления-концепции не соответствуют окружающему миру, мы ощущаем это как нарушение гармонии (между знанием и миром). Когда наши представления-концепции соответствуют окружающему миру, мы ощущаем это как внутреннюю гармонию. Понимание обыкновенных объектов обычно мы воспринимаем как само собой разумеющееся и не ощущаем при этом особого чувства гармонии, это ощущение не достигает сознания. Однако, если обыкновенные объекты «ведут себя» не так, как ожидается, это может быть страшно – на этом основаны фильмы ужасов.

Гармония между знанием и миром становится более доступной сознанию на уровне важных высоких понятий – таких, как смысл жизни. Чем выше понятие в иерархии мышления, чем дальше оно оторвано от конкретного жизненного опыта, тем более оно расплывчато и тем менее доступно сознанию. Но жить без уверенности в том, что жизнь имеет смысл, человек не может, эта уверенность нам нужна больше, чем хлеб и вода. Обычно мы не задумываемся об этом, эти мысли слишком трудны, потому что понятие высшего смысла слишком расплывчато и неосознанно. Инстинкт к знанию придаёт всем нашим понятиям и представлениям некоторый смысл. Таким образом, там, где гармония между знанием и жизнью наиболее важна, там её ощущение расплывчато, и не всегда есть у нас уверенность в существовании смысла жизни. Поэтому, если нам удаётся улучшить это понятие даже немного, получить больше уверенности в нём, что бывает нечасто, мы осознаем целесообразность, связанную со смыслом жизни. В эти редкие моменты мы чувствуем столь дорогую эмоцию, – это эмоция красоты, основа искусства. Такую же эмоцию ощущает учёный в момент открытия – это основа науки. А если нам удаётся понять, как следует жить, так чтобы смысл реализовывался в нашей жизни, мы испытываем эмоцию духовно возвышенного – основу религий.

5. Причинность: наука и телеология (целесообразность)

Как соотносится наука с религией – оставалось загадкой, начиная с возникновения науки. Сегодня споры между научным и религиозным взглядом на мир часто приобретают оттенок противоречия между миром, созданным Богом с определённой целью, и миром как результатом эволюции. Религиозный взгляд считает, что у мира есть цель, этот взгляд называют также целесообразным или телеологическим (мир движется к некоей цели). Научный взгляд считает, что мир устроен причинно, то есть каждое событие есть результат предшествующих событий, причин. Эти два взгляда считаются противоречащими друг другу, и в этом – противоречие между религией и наукой. Но человек не может отказаться ни от одного из этих взглядов, ни от науки, плодами которой пользуемся мы все, ни от религии, которая помогает нам понять смысл нашей жизни. Поэтому примирение между этими, казалось бы, противоположными взглядами важно для современного человека. Карл Юнг считал, что противоречие между наукой и религией – симптом психоза современного сознания и что дальнейшее развитие культуры требует разрешения этого противоречия.

Математическая теория инстинкта к знанию и динамической логики разрешает это противоречие. Инстинкт к знанию – это телеологический принцип работы мышления и эволюции культуры: мышление и культура развиваются в определённом направлении, движутся к цели, эта цель – увеличение знания, улучшение моделей мышления. При этом нейронные механизмы мышления действуют в соответствии с динамической логикой.

Динамическая логика – это причинный принцип работы мышления: в каждый момент нейронные механизмы мышления определяются предшествующим состоянием. Развитие мозга, подчинённое причинному действию динамической логики, определяет причинное развитие культуры от сегодняшнего состояния к завтрашнему. Что же примиряет телеологический принцип движения к конечной цели с научным принципом причинности? Оказывается, что динамическая логика обусловлена инстинктом к знанию и математически ему эквивалентна. Одно вытекает из другого с математической необходимостью. Нет противоречия между религиозным и научным принципами понимания мира.

Источники

1. Perlovsky, L.I. (2001). *Neural Networks and Intellect: using model-based concepts*. Oxford University Press, New York, NY (3rd printing).
2. Perlovsky, L.I. (2006). *Modeling Field Theory of Higher Cognitive Functions*. Chapter in *Artificial Cognition Systems*, Eds. A. Loula, R. Gudwin, J. Queiroz. Idea Group, Hershey, PA, pp.64-105.
3. Perlovsky, L.I. (2006). *Symbols: Integrated Cognition and Language*. Chapter in *Semiotics and Intelligent Systems Development*. Eds. R. Gudwin, J. Queiroz. Idea Group, Hershey, PA, pp.121-151.
4. Perlovsky, L.I. (2006). *Toward Physics of the Mind: Concepts, Emotions, Consciousness, and Symbols*. *Phys. Life Rev.* 3(1), pp.22-55.
5. Mayorga, R., Perlovsky, L.I., Eds. (2007). *Sapient Systems*. Springer, London, UK.
6. Perlovsky, L.I., Kozma, R., Eds. (2007). *Neurodynamics of Higher-Level. Cognition and Consciousness*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
7. Perlovsky, L.I. (2007). *Evolution of Languages, Consciousness, and Cultures*. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2(3), pp.25-39.
8. Perlovsky, L.I. (2008). *Music and Consciousness*, Leonardo, *Journal of Arts, Sciences and Technology*, 41(4), Pp.420-421.