

# ПУТЬ К ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

**П.А. Головинский**

*Воронежский государственный технический университет*

Россия, 394006, Воронеж, 20-летия Октября ул., 84

E-mail: [golovinski@bk.ru](mailto:golovinski@bk.ru)

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, модель Эдельмена, нейродарвинизм, искусственные нейронные сети, глубокое обучение, Python, подготовка кадров.

**Аннотация:** Излагается модель Эдельмена работы коры головного мозга, как основа для построения системы искусственного интеллекта с помощью искусственных нейронных сетей. Система включает три взаимосвязанные организации: параллельно действующие рекуррентные сети первичной обработки информации, полносвязные ассоциативные сети глобального управления и подсистему оценки результатов. Указаны архитектуры нейронных сетей, обеспечивающих первичную обработку информации с учетом кратковременной памяти (LSTM) и предложены нейронные ассоциативные сети Гросса для их координации. Поставлена задача дополнения системы сетью оценки. Обсуждается физическая реализация ИИ на базе массивов квантовых точек и проблемы организации научно-образовательного сообщества ИИ.

## 1. Введение

Переход к новому технологическому укладу, который сейчас переживает человечество, связан с двумя новыми ключевыми инновациями: технологиями наноструктур и технологиями искусственного интеллекта (ИИ). Их соединение предвещает революционное преобразование всего ландшафта человеческой цивилизации. Как следствие, живой интерес представляет анализ перспектив ИИ и конкретных шагов для продвижения этой тенденции в России. Поскольку существует целый ряд довольно различных подходов к созданию ИИ [1], выбор наилучшего пути его создания приобретает большую актуальность, так как непосредственным образом скажется на сроках достижения желаемой цели, качестве полученного решения и финансовых затратах.

В данной работе представлен набросок сценария, предусматривающего в достаточно сжатые сроки (10-15 лет) удовлетворительное решение задачи создания ИИ. Прежде, чем обсуждать способы решения столь серьезной проблемы, уточним ее постановку. Человеческий мозг служит для создания сложных моделей поведения, способствующих выживанию индивидуума и человеческой популяции в условиях изменяющегося окружения. Подобно этому, ИИ должен обеспечивать достижение заданных ценностных характеристик, принимая решения (делая выбор) с учетом налагаемых ограничений, взаимодействуя с динамической средой путем анализа и генерации сложных сигналов. Средой действия ИИ уже фактически стал интернет. Отметим, что излагаемый нами подход к ИИ имеет мало общего с тестом Тьюринга, который теперь кажется довольно оторванным от реальных задач.

## 2. Модель Эдельмена

Важнейшие интеллектуальные функции мозга сосредоточены в его коре. Кора представляет собой сравнительно тонкую, почти плоскую структуру с колончатим строением [2]. Колонка является основным модулем обработки информации в коре. В верхних слоях колонки сильно связаны между собой. Фактически эта связь носит глобальный характер. В нейроанатомических системах мозга можно выделить три фундаментальные организации [3]. Существуют замкнутые контуры, связывающие глубокие и поверхностные слои мозга прямыми и обратными связями. Различные участки мозга объединены глобальной сетью, позволяющей соединять самые разные части коры. Наконец, существует система связей, обеспечивающая прохождение различных сигналов оценивания во все участки мозга. Такова упрощенная схема связей мозга, которая будет нами рассматриваться как базовая модель структуры коры головного мозга. При создании модели ИИ, естественно стремиться реализовать его функционирование также через три взаимосвязанные системы. Первая система представляет собой совокупность параллельно работающих блоков с обратной связью одинаковой архитектуры, но выполняющих различные функции в зависимости от поступающей в них информации: изображения, звуков, символов и других кодовых последовательностей. Вторая система обеспечивает полную связь конечных участков прямого распространения сигнала между собой. Третья система обеспечивает обширный доступ к разным участкам коры различных систем оценивания (value systems).

Общая организация мозга характеризуется модульностью. Это значит, что функционально разные участки мозга организованы одинаково из одинаковых вертикально расположенных микроколонок, связанных между собой очень большим количеством синапсов, образующих правильную решетчатую структуру [2]. Эдельмен пришел к выводу, что разум возникает в результате отбора из огромного количества случайно возбужденных нейронных ансамблей. Этот подход он назвал нейродарвинизмом, подчеркивая его полную аналогичность теории эволюции видов Дарвина. В результате действия этого механизма каждый мозг под действием поступающей информации формируется уникальным образом, а не по единой универсальной программе развития. В мозге из огромной массы паттернов возбужденных нейронных популяций сохраняются те, которые получают подкрепление со стороны системы оценок. Важную роль в работе мозга играет повторный вход (reentry). В вертикальных колонках сигнал циркулирует в рекуррентных замкнутых путях, что обеспечивает самообучение их распознаванию и воспроизведению сигналов. Система внешних связей обеспечивает встречное распространение сигналов между разными участками коры, связывая их ассоциативно и синхронизируя последовательности состояний. Эта система является главным организатором процессов в мозге.

## 3. Архитектура прототипа

Главный принцип управления в системе ИИ состоит в усилении синапсов и цепочек групп искусственных нейронов, которые соответствуют критериям оценки. Наличие внешней среды означает, что вместо части верхнего слоя коры выступает внешняя среда, которая является как активным приемником, так и источником сигналов, задавая еще один слой нижней структуры [4]. Адаптация в организованной таким образом системе ИИ предполагает переход интеллектуальной системы в состояние, когда поступающие из среды сигналы, структуры искусственной коры и выходные сигналы находятся в динамическом равновесии, т.е. когда параметры выходных нейронов перестают

изменяться. Это означает стабильность системы. Полагая, что основные структурно-функциональные характеристики ИИ будут соответствовать описанным характеристикам мозга, можно приступить к его построению в виде искусственных нейронных сетей [5].

Функции отдельных колонок можно представить с помощью рекуррентных нейронных сетей, способных запоминать и распознавать цепочки событий. Для этого вполне подходят LSTM-RNN сети, которые позволяют реализовать достаточно длинную цепочку кратковременной памяти [6]. На каждом новом шаге сеть забывает часть информации, затем запоминается часть новой информации, а затем на основе совокупности этих данных вычисляется результат. Для обучения таких сетей используются методы глубокого обучения [7] на основе обратного распространения ошибки. Синхронизация и обмен данными между модулями сети можно обеспечить с помощью ассоциативной сети Гросса [8], а использование постоянной памяти для ускорения обучения эффективно реализуется с помощью мета-сетей [9]. Эти технологии в совокупности являются необходимыми строительными блоками ИИ. Следует подчеркнуть, что система оценки, встроенная в архитектуру нейронной сети, пока не реализована, хотя имеются теоретические исследования, определенно указывающие на такую возможность [10, 11].

Алгоритмы и процедуры ИИ не зависят напрямую от способа их реализации, так что для них вполне пригодны и классические машины Тьюринга. Наибольшую популярность в среде разработчиков ИИ приобрела реализация глубокого обучения нейронных сетей в библиотеках Keras и TensorFlow на языке Python. Их можно считать сформировавшейся платформой разработки и применения ИИ [12,13].

Размеры и типы используемых для ИИ компьютеров не имеют принципиального значения, когда реализуются одинаковые нейросетевые модели и алгоритмы. Однако для создания достаточно компактных, быстродействующих и мобильных устройств требуется переход на наноструктурные нейросетевые процессоры. Перспективным кандидатом для реализации наноструктурных неросетей являются массивы квантовых точек с управляемым переносом возбуждения [14,15].

## 4. Перспективы ИИ в России

В «Стратегии научно-технологического развития РФ» [16] переход к технологиям искусственного интеллекта обозначен в качестве одного из приоритетов инновационного обновления экономики и обороны страны. В ней отмечены общие сильные и слабые стороны сложившегося положения в научно-технологических отраслях. Непосредственным ограничителем при решении проблемы создания ИИ является отсутствие целевой государственной программы с выделенным, защищенным финансированием, головной организацией в области ИИ, исполнителями и сроками выполнения. Для успешной работы по созданию искусственного интеллекта нужна поддерживаемая государством ассоциация ИИ, академический журнал международного уровня по ИИ и система подготовка кадров в области машинного обучения и ИИ. В качестве примера, отметим, что в рамках решения задачи подготовки кадров по ИИ в Воронежском государственном техническом университете разрабатывается магистерская программа «Инновационные технологии компьютерного моделирования и искусственного интеллекта» с акцентом на использовании языка Python и реализованных на его основе нейросетевых технологий. Подобные программы уже есть в Московском физико-техническом институте, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информацион-

ных технологий, механики и оптики, а также в ряде других отечественных и зарубежных университетов.

## 5. Заключение

В Торонто (Канада) в 2017 году открылся Научно-исследовательский центр искусственного интеллекта «Векторный институт» (Vector Institute). Он привлек \$100 млн из государственного бюджета. Еще \$90 млн вложили 34 частные компании из сфер здравоохранения, финансов, страхования, образования, розничной торговли, производства, строительства и транспорта. Согласно заявлению главного научного руководителя «Векторного института», легендарного Джеффри Хинтона, прославившегося благодаря работам в области искусственных нейросетей, специалистам позволят проводить фундаментальные исследования в любой интересующей области, что выгодно отличает это учреждение от компаний вроде Google, которые «сажают исследователей на длинный поводок». Нам платить за искусственный интеллект все равно придется, либо покупая разрешенную к продаже продукцию с использованием ИИ за рубежом, либо вкладывая самим финансы и ресурсы в разработку ИИ, а затем используя результаты в новых товарах и услугах.

## Список литературы

1. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 864 с.
2. Wedeen Van J., Rosene D. L., Wang R., Dai G., Mortazavi F., Hagmann P., Kaas J.H., Tseng W.-Y.I. The geometric structure of the brain fiber pathways // *Science*. 2012. Vol. 335, No. 6076. P. 1628-1634.
3. Edelman G.M. *Wider than the Sky*. New Haven: Yale Nota Bene, 2005. 200 p.
4. Эшби У.Р. Конструкция мозга. М.: Мир, 1964. 410 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2018. 1104 с.
6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // *Neural Computation*. 1997. Vol. 9. No. 8. P. 1735–1780.
7. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // *Nature*. 2015. Vol. 521. P. 436-444.
8. Gross C. Neural networks with transient state dynamics // *New Journal of Physics*. 2007. Vol. 9. P. 109(20).
9. Vilalta R., Drissi Y. Perspective view and survey of meta-learning // *Artificial Intelligence Review*. 2002. Vol. 18. P. 77-95.
10. Hinton G.E., McClelland J.L. Learning representation by recirculation // *Proceedings of IEEE Conference on Neural Information Processing Systems*. 1988. P. 258-366.
11. Friston K.J., Tononi G., Reeke JR G.N., Sporns O., Edelman G.M. Value dependent selection in the brain: Simulation in a synthetic neural model // *Neuroscience*. 1994. Vol. 59, No. 2. P. 229-243.
12. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб: Питер, 2018. 480 с.
13. Шолле Ф. Глубокое обучение. СПб: Питер, 2018. 400 с.
14. Altaisky M.V., Zolnikova N.N., Kaputkina N.E., Krylov V.A., Lozovik Y.E., Dattani N.S. Towards a feasible implementation of quantum neural network using quantum dots // *Appl. Phys. Lett.* 2016. Vol. 108, No. 10. P. 103108(10).
15. Golovinski P.A. Controlled exciton transfer between quantum dots with acoustic phonons taken into account // *Semiconductors*. 2015. Vol. 49, No. 9. P. 1191-1196.
16. Путин В.В. Указ президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». 2016. № 642. 24 с.