

## КВАНТОВАЯ СУПЕРПОЗИЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ НЕЙРОННОЙ СТРУКТУРЫ

Л.М. Макаров<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

А.В. Поздняков<sup>2</sup>, д-р мед. наук, профессор

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Россия, г. Санкт Петербург)

DOI:10.24412/2500-1000-2025-3-1-214-220

**Аннотация.** В статье рассматривается концепция Пенроуза Р. о возможности существования квантовой когерентности белковых компонент нейронной сети, преимущественно расположенных в структурах головного мозга, которая дополнена результатами компьютерного моделирования в базе нечетких множеств Л. Заде, обеспечившего возможность воспроизведения графических образов мыслительного процесса.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование сознания, формализм суждений

Современный научный базис позволяет воспроизвести описание динамики смены состояний сложной природной системы на основе принципов квантовой механики. Обсуждая естественные процессы нейронной активности головного мозга человека, рассматриваемого в качестве сложной системы, декларируется возможность обнаружения квантового сознания.

Понятие о квантовом сознании создается на представлении о реально наблюдаемой активности нейронной сети головного мозга человека на протяжении всей жизни. Фиксация посредством аппаратных средств постоянной активности нейронной сети, демонстрирует наличие элементарных актов на массиве нейронов, сопоставимых с рабочими процессами квантового генератора, способного од-

новременно воспроизводить множество состояний [1]. Такая гипотетическая модель описания рабочих процессов нейронной сети позволяет рассматривать мыслительные акты человека как серию связанных событий, соотносимых с сознанием.

Следуя этим представлениям, квантовая суперпозиция характеризуется группой частиц рассматриваемой системы, одновременно находящимися в нескольких состояниях, описываемых волновой функцией  $\psi$ . В этом случае нейронную сеть, рассматривают как квантовый генератор, обладающий возможностью самостоятельно поддерживать динамику альянса нейронных актов. В этом случае формализм рабочих процессов нейронной сети можно охарактеризовать набором волновых функций:  $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_i$  в виде:

$$\psi = C_1\psi_1 + C_2\psi_2 + C_i\psi_i + \dots + C_n\psi_n \quad (1)$$

Где  $C_i$  комплексное число

В классической теории квантовой механики вероятность обнаружения системы в одном

из состояний  $P_i$ , составляющих суперпозицию, определяется выражением [2]:

$$P_i = \frac{ABS(C_i)^2}{ABS(C_i)^2 + ABS(C_{i+1})^2} \quad (2)$$

Следует отметить, что математический аппарат квантовой механики в современную эпоху достаточно хорошо разработан, однако используемые на практике понятия, применительно к задачам биофизики – нейробиологии, требуют дополнительных комментариев. Так,

например, Копенгагенская интерпретация основ квантовой физики допускает возможность одновременного существования нескольких волновых функций, которые и создают квантовую суперпозицию описания образа рассматриваемого объекта [3, 4].

### Материалы и методы

Процедура сочетания нескольких волновых функций, рассматриваемая в терминах нейробиологии, оперирует представлениями о процессах функционирования структур головного мозга человека, который обладает большим количеством нейронов, имеющих сложную структуру [3].

Важную роль в поддержании формы нейрона играет цитоскелет из микротрубочек.

Нейрон специфическое клеточное образование, обладающее цитоскелетом и окутанное плазматической мембраной. Нейрон обладает аксоном и ветвящимися дендритами (рис. 1). Дендриты – отростки, проводящие электрические сигналы к телу клетки, образуют терминали аксона, которые в последующем создают сигнальный канал.

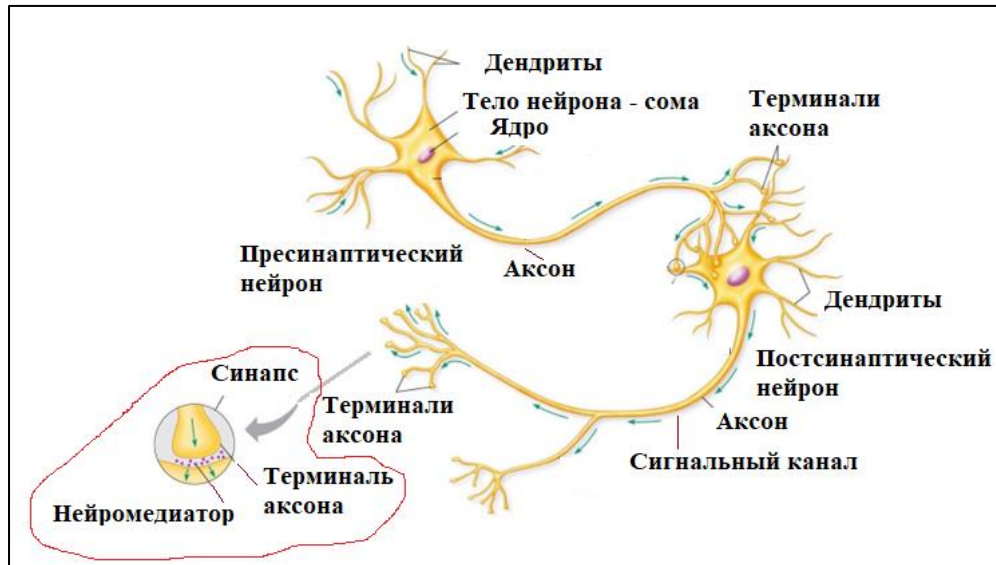


Рис. 1. Схема организации сигнального канала

На дендритах расположено большинство синапсов – контактов, образованных аксонами других нервных клеток. Число синапсов на дендритах одного нейрона обычно составляет от десятков до десятков тысяч, а на некоторых нейронах головного мозга человека помещаются сотни тысяч синапсов.

Нейроны осуществляют передачу электрических сигналов и образуют сложную информационную сеть, обеспечивая способность мозга к переработке информации. Каждый нейрон обладает цитоскелетом и сомой – телом, которое содержит ядро, комплекс Гольджи, микротрубочки и другие элементы (рис. 2).

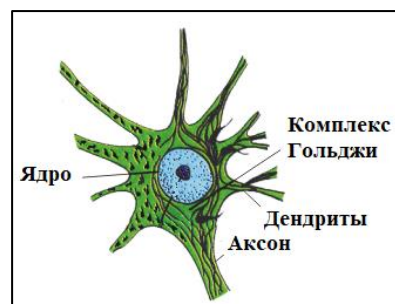


Рис. 2. Тело нейрона

Ядро нейрона специализированный блок, поддерживающий процессы клеточного синтеза. Комплекс Гольджи является главным регулятором движения молекулярного транс-

портного потока в клетке. Микротрубочки – это крупные элементы цитоскелета, которые участвуют в организации и поддержке молекулярных потоков транспорта компонент ак-

сонов. Микротрубочки лишены способности сокращаться, однако их можно рассматривать в роли своеобразных транспортных проводников молекулярных соединений (нейромедиаторов) и синаптических пузырьков. Морфологически аксон отличается от дендритов наличием транспортной ориентации микротрубочек, где исток потока молекулярного соединения формируется из ядра клетки с участием аппарата Гольджи, исполняющего функции задатчика значимости нейромедиаторов.

Рассмотрим пару нейронов (рис. 1). Множество микротрубочек в теле первого нейрона формируют синаптические пузырьки - сигнальные элементы сообщения, передаваемого через синаптическую щель на постсинаптическую

мембрану другого нейрона. На этом этапе возникает эффект суперпозиции элементов сигнала, на который обращает внимание Пенроуз Р. [1]. Квантовая суперпозиция нескольких одновременно возникающих потенциалов на постсинаптической мембране обладает возможностью трансформироваться только в одно из двух состояний: единица – ноль. Механизм осуществления этой процедуры не раскрыт в теории Пенроуза Р.

Другими словами, на момент формирования нейронного потенциала, на постсинаптической мембране должна реализовываться некоторая процедура «выбора наиболее значимого элемента в информационном пакете» (рис. 3).

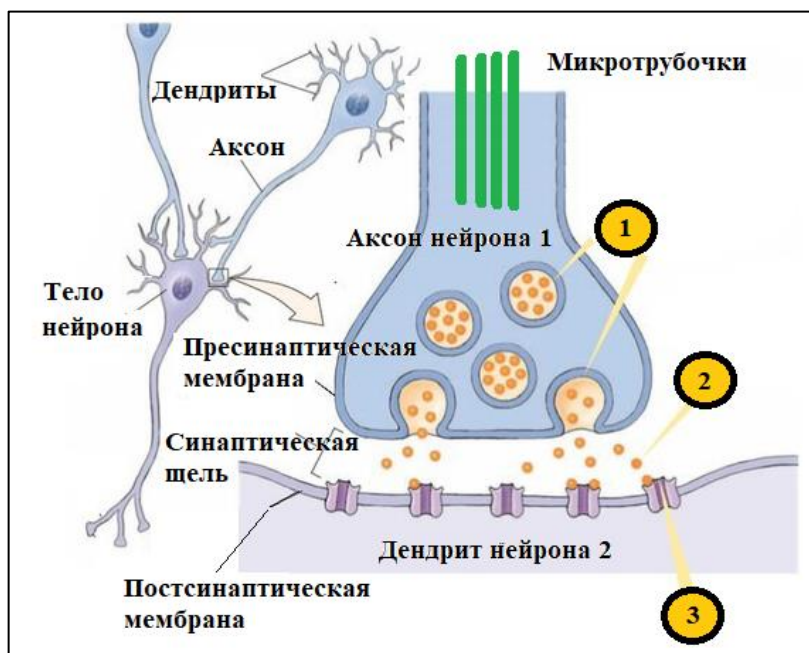


Рис. 3. Схема формирования сигнала

В этом случае на постсинаптической мембране отчетливо проявляется квантовая интерференция, как явление, при котором субатомные частицы взаимодействуют и влияют друг на друга, находясь в вероятностном состоянии суперпозиции. Результат такого взаимодействия изменяет значение вероятности финишного события, которое характеризует появление нового элемента сигнала.

Мнемонические процедуры формирования сигнала:

1. Синаптические пузырьки с нейромедиатором прикрепляются к постсинаптической мембране.

2. Нейромедиатор проникает в синаптическую щель.

3. Нейромедиатор и рецептор на постсинаптической мембране образует химический комплекс, активирующий процесс образования нервного импульса.

Обращаясь к модели «скоординированной редукции» – Orch-OR Пенроуза выделим основные тезисы: имеются квантовые эффекты, влияющие на рабочие процессы нейронов, обладающих цитоскелетом и микротрубочка-

ми; наборы из микротрубочек способны хранить информационные пакеты сообщений [1]. Действительно, квантовая когерентность наблюдается в белковых структурах, называемых «микротрубочками». Они находятся внутри нейронов мозга и способны хранить и даже обрабатывать информацию, которая в последующем формирует память. В такой теоретической трактовке рассматривается возможность обнаружить сознание.

Нейробиологические исследования структур головного мозга свидетельствуют о возможности существования когерентных процессов, в которых отмечается низкий уровень дисперсии. Такое суждение является достоверным аргументом на основе имеющихся инструментальных исследований с использо-

ванием анестетиков, в значительной степени подавляющих нейронную активность [1, 3]. Другими словами, наличие биохимического фактора в рабочем процессе нейрона, действительно изменяет нейронный потенциал (рис. 4). Расширяя это представление на некоторый фрагмент нейронной сети представляется возможным декларировать о изменении сигнального пакета, в контексте которого можно рассматривать разумную деятельность. Априорная аксиоматика данного суждения декларирует возможность изменения нейронной активности, в частности структур головного мозга, что в явном виде может быть проиллюстрировано сменой психофизиологического восприятия факторов внешней среды.

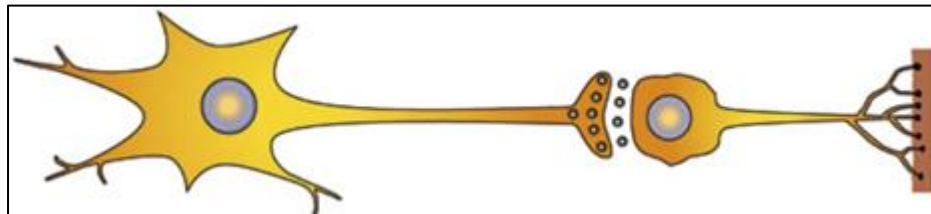


Рис. 4. Иллюстрация активации мышечного волокна

Подобные эскизы на возможные изменения состояния нейронной структуры актуализируют проблему моделирования разумной деятельности, что может быть полезным в проектах искусственного интеллекта.

Принимая во внимание наличие биохимических процессов образования нейронных потенциалов, обратим внимание на внутриклеточный функциональный блок – комплекс Гольджи, который активно участвует в орга-

низации молекулярных потоков в микротрубочках. Фактически динамическое состояние микротрубочек воспроизводится на большом количестве нейромедиаторов, которые в последующем на постсинаптической мембране формируют элементы сигнального пакета.

Формальную запись процедуры создания элементов сигнального пакета на нейронной структуре представим в матричной форме (табл. 1).

Таблица 1. Формат модели случайных процессов

Источник события	Интервал времени			
	1	2	3	4
G <sub>1</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>
G <sub>2</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	A <sub>24</sub>
G <sub>3</sub>	A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	A <sub>33</sub>	A <sub>34</sub>
G <sub>4</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>44</sub>

Полагаем, что элементы (A<sub>ij</sub>) матрицы сформированы с использованием генератора случайных значений (в диапазоне D=1-4), роль которого в реальной нейронной структуре отведена аппарату Гольджи.

Матричная структура развертки событий по времени, для четырех независимых генераторов (G<sub>1</sub> - G<sub>4</sub>) порождает сигнальный пакет, без доминанты выделения какого-либо события. Иллюстрацию содержимого сигнального пакета представим в таблице 2.

Таблица 2. Численные значения модели развертки событий /D=1-4/

Источник события	Интервал времени			
	1	2	3	4
G <sub>1</sub>	2	4	4	4
G <sub>2</sub>	3	2	2	4
G <sub>3</sub>	1	1	4	4
G <sub>4</sub>	3	4	3	4

Согласно теории квантовой суперпозиции [1, 2], требуется определить только одну последовательность значений, соотносимую, например, с серией избранных нейромедиаторов. В терминах выделенной теории такой конечный результат сопоставления множества возможных состояний на постсинаптической мембране нейрона должен воспроизводить исключительный сигнальный пакет, обладающий известным свойством изменения состояния системы. В этом случае можно говорить, что наличие очень близких по значению исходных данных обеспечивает воспроизводство мало различимых результатов. Принимая этот тезис во внимание, констатируем, что в модели для четырех выбранных независимых генераторов случайных чисел, отсутствуют формальные правила выделения доминирующей серии значений. Фактически этот факт «понижает интерес» к теории Orch-OR, в которой тематическая линия микротрубочек доминирует.

Однако, следует отметить, что такое представление основано на хорошем теоретическом базисе нейробиологии. Действительно в нейробиологии известно, что микротрубочки встречаются во всех клетках организма, а не только в нейронах: они участвуют в делении клеток, организуют пространство внутри клеток и передвижение нейромедиаторов.

В структурах головного мозга нейроны образуют кластеры. Для такого кластера внутренняя связь элементов оказывается сильнее, чем с любыми другими внешними группами

нейронов. Здесь даже относительно небольшие изменения в состоянии одного из элементов кластера могут создать условия для изменения целевой функции. Именно в таком хорошо сбалансированном кластере представляется возможным воспроизвести рабочий процесс, направленный на исполнение установленной целевой функции.

### Результаты

Принимая во внимание отсутствие возможности декларировать четкие правила смены состояний нейронной сети, воспользуемся теорией мягких вычислений. Основы теории нечеткой логики сформулированы Л. Заде [5-7]. Аксиоматические правила рабочих процедур с элементами нечеткой логики в целом подобны обычной вычислительной логике.

Применительно к проблеме описания состояния группы нейронов, с учетом действия многочисленных нейромедиаторов, воспользуемся процедурой объединения нечетких множеств, которую запишем в виде:

$$\mu A(x) \cup B(x) = \max \{ \mu A(x), \mu B(x) \} \quad (3)$$

Здесь A и B – исходные множества, x – элемент универсума.

Воспользуемся данными таблицы 2, в которой размещены элементы четырех независимых множеств и создадим новое множество G<sub>5</sub> используя выражение (3). Результат вычислений значений G<sub>5</sub> представим в таблице 3. Образ, иллюстрирующий трек событий на множестве элементов, представим на рисунке 5.

Таблица 3. Макет модели множества G<sub>5</sub>

Источник события	Интервал времени			
	1	2	3	4
G <sub>1</sub>	2	4	4	4
G <sub>2</sub>	3	2	2	4
G <sub>3</sub>	1	1	4	4
G <sub>4</sub>	3	4	3	4
G <sub>5</sub>	3	4	4	4

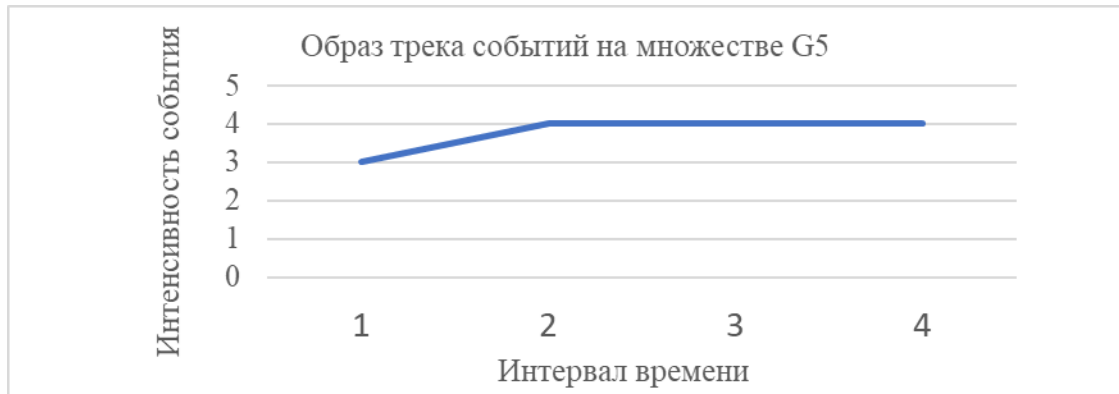


Рис. 5. Образ множества G5

Изменим в модели интервал событий  $D=1-16$ . Создадим матричную форму развертки событий (таблица 4 и таблица 5).

Таблица 4. Численные значения модели развертки событий / $D=1-16$ /

Источник события	Интервал времени			
	1	2	3	4
G <sub>1</sub>	5	11	3	9
G <sub>2</sub>	7	2	10	3
G <sub>3</sub>	5	8	1	12
G <sub>4</sub>	1	14	4	1

Таблица 5. Макет модели множества G<sub>6</sub>

Источник события	Интервал времени			
	1	2	3	4
G <sub>1</sub>	5	11	3	9
G <sub>2</sub>	7	2	10	3
G <sub>3</sub>	5	8	1	12
G <sub>4</sub>	1	14	4	1
G <sub>6</sub>	7	11	10	12



Рис. 6. Образ множества G6

Представленная модель развертки элементарных событий в нейронной сети позволяет констатировать, что:

1. результаты одновременного моделирования нескольких однотипных множеств, хотя и представленных ограниченным количеством элементов, убедительно свидетельствуют, что расширение интервала допустимых значений

на множестве элементов, формирует более сложный профиль трека событий. Иначе говоря, более сложные взаимосвязи элементов в информационном сообщении проявляются только на больших интервалах допустимых значений.

2. увеличение размерности модели и расширение диапазона возможных значений для

элементов множества состояний нейронной структуры, даже при сохранении однотипности множеств, способствует углубленному пониманию биохимических процессов, составляющих основы активности нейронной сети.

#### Обсуждение

Принимая за основу реально обнаруживаемую активность нейронных структур головного мозга человека, воспроизведены формальные процедуры нечеткой логики, указывающие на возможность посредством аппаратных средств, например, компьютерного

томографа, не только обнаружить проявление разумного сознания, но и воспроизвести графические образы сложных нейронных треков.

#### Заключение

Биологические принципы осуществления разумной деятельности, синтеза суждений о наблюдаемых процессах и явлениях, характерные для человека, обладают формализмом, который в терминах и понятиях нечеткой логики порождает большое количество графических образов, доступных для аналитических исследований.

#### Библиографический список

1. Пенроуз Р. Тени разума. В поисках науки о сознании / А.Р. Логунова, Н.А. Зубченко. – М.-Ижевск: ИКИ, 2011. – 688 с.
2. Иванов В.К. Физика. Введение в квантовую физику. – СПб.: Политех-Пресс. 2023.
3. Галль Л.Н. Квант мироздания. – М.: Омега, 2024.
4. Борн М. Статистическая интерпретация волновой механики // Атомная физика. – М.: Мир, 1965. – 205 с.
5. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-Технологии. – М.: «Либроком», 2013. – 352 с.
6. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2002. – 308 с.
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065327620300162?via%3Dihub>.

## QUANTUM SUPERPOSITION OF NEURAL STRUCTURE ELEMENTS

L.M. Makarov<sup>1</sup>, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

A.V. Pozdnyakov<sup>2</sup>, *Doctor of Medical Sciences, Professor*

<sup>1</sup>The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications

<sup>2</sup>St. Petersburg State Pediatric Medical University

(Russia, St. Petersburg)

**Abstract.** *The article discusses the concept of Penrose R. on the possibility of the existence of quantum coherence of the protein components of the neural network, mainly located in the structures of the brain, which is complemented by the results of computer modeling based on fuzzy sets by L. Zadeh, which provided the possibility of reproducing graphical images of the thought process.*

**Keywords:** *computer modeling of consciousness, formalism of judgments.*