

О физике сознания и его формировании
About the physics of consciousness and its formation
關於意識的物理學及其形成

Мазуров М.Е.

*доктор физико-математических наук, профессор,
Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Russian Economic University named after G.V. Plekhanov
物理與數學科學博士、教授、
以普列漢諾夫命名的俄羅斯經濟大學
俄羅斯莫斯科
mazurov37@mail.ru*

Аннотация. Приведено обоснование формирования сознания как потока специфически распределенной по коре, кодированной электрической импульсной активности, генерируемой в мозге. Приведена макроскопическая материальная архитектура для формирования сознания. Приведены сведения о возможных математических моделях формирования сознания. Первая в виде большой системы нелинейных дифференциальных уравнений с малыми параметрами перед производными. Вторая в виде системы нелинейных интегральных уравнений Вольтерра. Отмечено, что в вычислительном эксперименте получено адекватное подтверждение соответствия математической модели реальным нейрофизиологическим данным. Приведенная материалистическая модель формирования сознания дает возможность его формирования для искусственного интеллекта и для человека.

Ключевые слова: сознание, представление сознания потоком, оценка теории сознания, математическая модель сознания, релевантность математической модели сознания.

Annotation. The rationale for the formation of consciousness as a flow of specifically distributed, encoded electrical impulse activity generated in the brain is given. The macroscopic material architecture for the formation of consciousness is presented. Information is provided on possible mathematical models of the formation of consciousness. The first is in the form of a large system of nonlinear differential equations with small parameters in front of the derivatives. The second is in the form of a system of nonlinear Volterra integral equations. It is noted that the computational experiment provided adequate confirmation of the correspondence of the mathematical model to real neurophysiological data. The given materialistic model of the formation of consciousness makes it possible to form it for artificial intelligence and for humans.

Keywords: consciousness, representation of consciousness as a stream, assessment of the theory of consciousness, mathematical model of consciousness, relevance of the mathematical model of consciousness.

註解。 給出了意識形成為大腦中產生的特定分佈的、編碼的電脈衝活動流的基本原理。提出了意識形成的宏觀物質結構。提供了有關意識形成的可能數學模型的資訊。第一種是大型非線性微分方程組的形式，導數前面有小參數。第二種是非線性 Volterra 積分方程組的形式。值得注意的是，計算實驗充分證實了數學模型與真實神經生理學數據的對應。

關係。給定的意識形成的唯物主義模型使得為人工智慧和人類形成意識成為可能。

關鍵字: 意識，意識流的表徵，意識理論的評估，意識的數學模型，意識數學模型的相關性。

Сознание представляется в виде материального потока – трафика. Такое представление впервые сформулировано в 1838 году У. Джеймсом [1]. В настоящее время поддержано в работах академиков И. П. Павлова [2]. Е.Н. Соколова [3]., К.В. Анохина [4], профессора Д.И. Дубровского [5] и других видных российских и зарубежных ученых [6-8]. Учеными У. Джеймсом и акад. И.П. Павловым, Е. Н. Соколовым даны замечательные определения сознания как потока. Приводим эти определения.

У. Джеймс в книге "Основы психологии". Уильямс Джеймс в 1890 году писал: "Сознание это поток, река, в которой мысли, ощущения, воспоминания, внезапные ассоциации постоянно перебивают друг друга и причудливо, «нелогично» переплетаются". В нём нет ничего объединенного; он течет. "Река" или "поток" это метафоры, с помощью которых это наиболее естественно описывается».

И.П. Павлов о сознании человека: «Если бы можно было видеть сквозь черепную крышку, если бы место больших полушарий с оптимальной возбудимостью светилось, то мы увидели бы в думающем сознательном человеке, как по его большим полушариям передвигается постоянно изменяющееся в форме и величине причудливо неправильных очертаний светлое пятно, окруженное на всем остальном пространстве полушарий более или менее значительной тенью» [2].

Дадим замечательное определение сознание как потока акад. Е.Н. Соколова. «Сознание это «поток личных (субъективных) переживаний: смену образов, мыслей, намерений и чувств». «Сознание, возникающее в мозговых структурах, является сугубо личным достоянием, недоступным постороннему наблюдателю» [3].

Представление сознания в виде материального потока получило веское подтверждение в экспериментальных исследованиях: на открытом мозге, в методах просветления мозга на основе экспрессии индуцированных облучением генов, в исследованиях с помощью МРТ. Приводим экспериментальные данные, подтверждающие формирование сознания в виде материального потока. Это следующие данные: 1) эксперименты на открытом мозге больных людей [9]; 2) данные об экспериментах с просветлением мозга по методу экспрессии генов [10]; 3) эксперименты с помощью метода ФМРТ T2 [11]; 4) эксперименты с прямым возбуждением серий электрических импульсных последовательностей в так называемых «нейронах бабушки» или в когнитивных группах КОГах по терминологии акад. К.В. Анохина при распознавании лиц известных людей [12].

Приводим результаты экспериментов по визуализации сознания с помощью технологии ФМРТ в виде потока электрических импульсных последовательностей, идентифицируемых с помощью светящихся областей на правой и левой стороне мозга. Результаты показаны на рис. 1.

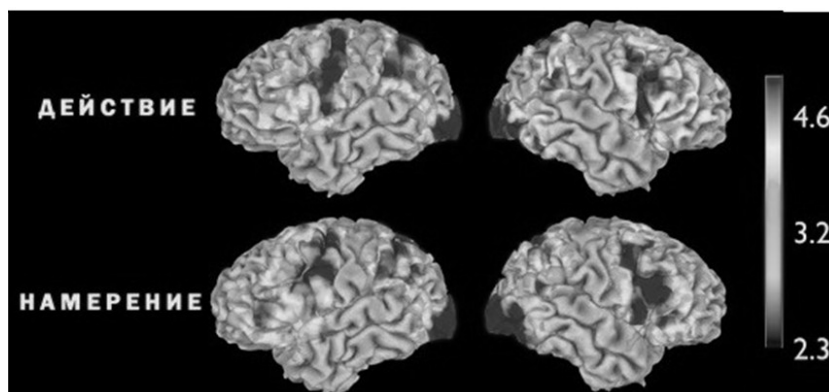


Рис. 1. Идентификация сознания с помощью технологии ФМРТ T2 в виде светящихся областей на правой и левой стороне мозга. Сверху идентификация при прямом наблюдении, снизу идентификация при мысленном представлении.

Fig. 1. Identification of consciousness using T2 fMRI technology as glowing areas on the right and left side of the brain. Above is identification by direct observation, below is identification by mental representation.

圖 1. 使用 T2 fMRI 技術辨識大腦左右側發光區域的意識。上面是直接觀察的識別，下面是心理表徵的辨識。

На рис. 2 показана прямая реализация сознания в виде серии электрических импульсных последовательностей в «нейроне Клинтон» [12] или в когнитивных группах КОГах по терминологии акад. К.В. Анохина [4].

Описание сознания в виде потока известными учеными, а также результаты экспериментальных исследований позволяют сформулировать представление сознания как потока в следующем виде.

Определение. Сознание это материальный поток специфически распределенной по коре, кодированной электрической импульсной активности, коррелированной либо с текущими входными воздействиями, целесообразно преобразованными в сенсорной системе, либо с имевшими место ранее предшествующими воздействиями, зафиксированными и сохраненными в памяти; реализация сознания производится под действием внешних или внутренних, созданных внутри системы запросов.

Предложена макроскопическая когнитивная архитектура для материалистического формирования сознания в большой базе данных BIGDATE или в мозге, показанная на рис. 3.

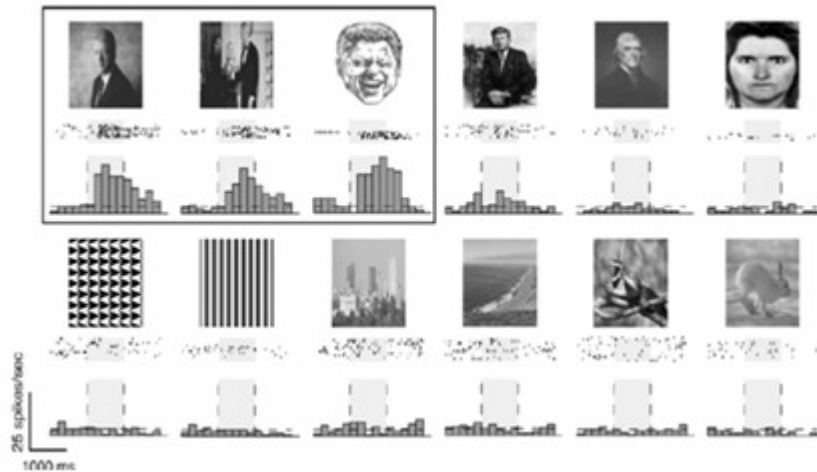


Рис. 2. Прямая реализация сознания в виде серии электрических импульсных последовательностей в «нейроне Клинтона» [12] или в когнитивных группах КОГах по терминологии акад. К.В. Анохина [4].

Fig. 2. Direct implementation of consciousness in the form of a series of electrical impulse sequences in the “Clinton neuron” [12] or in cognitive groups COGs according to the terminology of Acad. K.V. Anokhin [4].

圖 2. 根據 Acad 的術語，在「克林頓神經元」[12] 或認知群體中以一系列電脈衝序列的形式直接實現意識。阿諾金[4]。

Предлагаемый способ формирования сознания даёт решение о «трудной проблеме сознания» Д. Чалмерса [6] как мозг создает сознание, позволяет представить формирование личности «Я» как множества малых составляющих, создаваемых памятью, позволяет представить формирование «квалиа» (ощущений), позволяет объяснить генерацию около 6400 парциальных сознаний в сутки, позволяет объяснить необычно высокую скорость обработки информации в мозге и другие свойства сознания. Предлагаемый способ формирования сознания показывает возможность построения искусственного сознания, позволяет целенаправленно рассмотреть детали построения сознания в мозге человека. Предлагаемая теория сознания учитывает представление мозга как системы с самоорганизованной критичностью, функционирующей в неустойчивом режиме вблизи порога самовозбуждения, стабилизируемой за счет нелинейной отрицательной обратной связи [13-16].

Предложено два способа описания математической модели формирования сознания. Первый в виде большой системы, составленной из подсистем нелинейных дифференциальных уравнений с малым параметром перед производными [17]. Каждая подсистема большой системы состоит из нескольких нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих один элемент (например, нейрон, КоГ) системы.

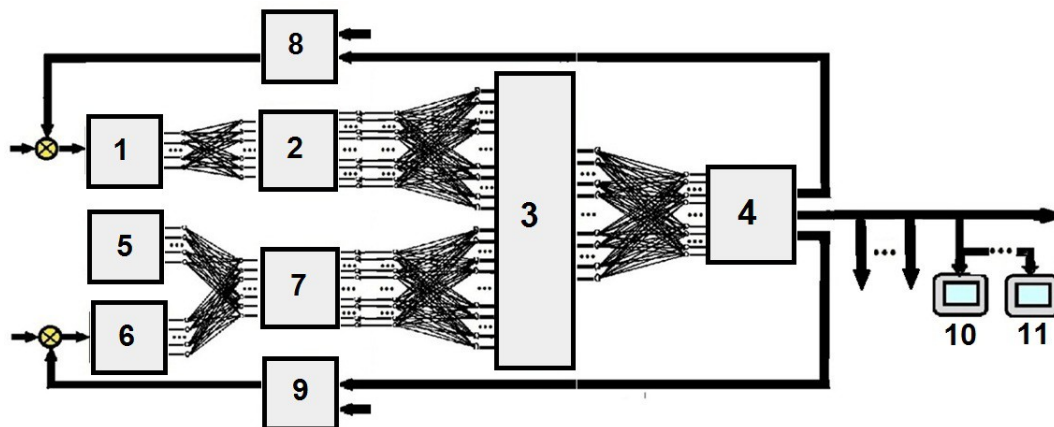


Рис. 3. Макроскопическая когнитивная архитектура для материалистического формирования сознания в большой базе данных BIGDATE или в мозге. Обозначения: 1 - сенсорное устройство, кодирующее внешнюю информацию; 2 - преобразователь кодированной информации на основе избирательных нейронных сетей и нейронных сетей «глубокого обучения»; 3 - большая база данных, память; 4 - воспроизведение сознания, мониторинг, преобразование в управляющие воздействия (контроллер); 5 - генератор внутренних запросов; 6 - преобразователь, кодирующий входные детерминированные запросы; 7 - нейронная сеть для распознавания детерминированных запросов с последующей передачей в базу данных; 8, 9 - детекторы в цепи обратной связи для оценки сознания и выбора входных воздействий и требуемого режима; 10, 11 - индикаторы для мониторинга откликов из базы данных: зрительные, слуховые, болевые, тепловые и другие.

Fig. 3. Macroscopic cognitive architecture for materialist consciousness formation in the large BIGDATE database or brain. Designations: 1 - sensory device encoding external information; 2 - converter of encoded information based on selective neural networks and “deep learning” neural networks; 3 - large database, memory; 4 - reproduction of consciousness, monitoring, transformation into control actions (controller); 5 - generator of internal requests; 6 - converter encoding deterministic input queries; 7 - neural network for recognizing deterministic queries with subsequent transmission to the database; 8, 9 - detectors in the feedback circuit for assessing consciousness and selecting input influences and the required mode; 10, 11 - indicators for monitoring responses from the database: visual, auditory, pain, thermal and others.

圖 3. 大型 BIGDATE 資料庫或大腦中唯物意識形成的宏觀認知架構。名稱：1 - 編碼外在訊息的感覺裝置；2 - 基於選擇性神經網路和「深度學習」神經網路的編碼資訊轉換器；3 - 資料庫大、記憶體大；4 - 意識的再現、監控、轉化為控制動作（控制器）；5 - 內部請求產生器；6 - 轉換器編碼確定性輸入查詢；7 - 用於識別確定性查詢並隨後傳輸到資料庫的神經網路；8、9 - 反饋電路中的探測器，用於評估意識並選擇輸入影響和所需模式；10, 11 - 用於監測資料庫回應的指標：視覺、聽覺、疼痛、熱等。

Согласно второму способу когнитом описывается большой системой нелинейных интегральных уравнений Вольтерра [18]. Каждое уравнение Вольтерра описывает один элемент когнитомы. Такое описание является более компактным по сравнению с описанием по первому способу. Однако и в этом случае необходимое число интегральных уравнений велико порядка 10^7 . При

использовании математической модели в виде нелинейных дифференциальных уравнений необходимое число уравнений может быть на порядок больше.

При моделировании используется метод нахождения «быстрых решений» уравнений системы в виде известных импульсных функций, для нахождения «медленных решений» нейрона или КоГа используется либо система линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, либо алгебраическая аппроксимация. В простейшем виде идея такого метода была предложена в 1946 году А. Винером и Розенблютом, предложившими использовать аппроксимацию импульса в виде постоянной функции малой длительности, а медленную фазу постоянной функцией значительно большей длительности [19].

Предлагаемый метод исследования сложных нелинейных систем, описывающих релаксационные колебания был описан в серии работ [20-23]. Метод позволил решать сложные задачи аппроксимации синхронизации релаксационных колебаний. Релевантность метода доказана в серии работ [20-23].

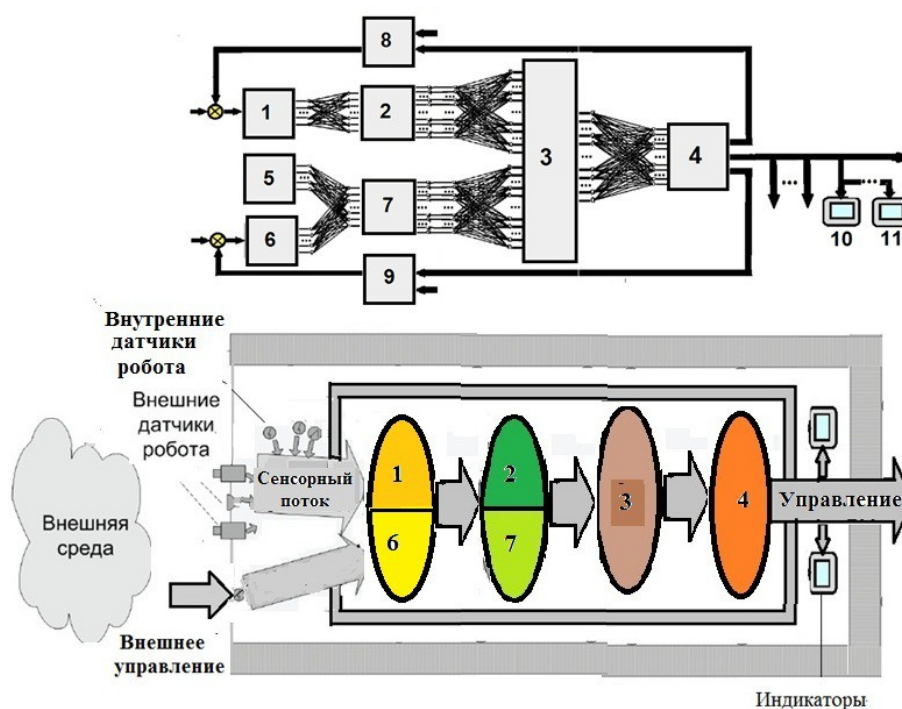


Рис. 4. Материалистическая модель формирования сознания для искусственного интеллекта робота. Сверху приведена для сравнения макроскопическая когнитивная структура, показанная на рис. 2.

Fig. 4. Materialistic model of consciousness formation for robot artificial intelligence. Above is the macroscopic cognitive structure shown in Fig. 1 for comparison. 2.

圖 4. 機器人人工智慧意識形成的唯物模型。以上是圖 1 所示的宏觀認知結構，以供比較。 2.

В вычислительном эксперименте получено адекватное подтверждение

соответствия математической модели реальным нейрофизиологическим экспериментам [20-23]. Модель позволяет реализовать: формирование спайков и берстов (пачек импульсов) электрической активности мозга; формирование единого ритма (например, синоатриального узла сердца); формирование ритма дыхания в мозге; формирование циркадных ритмов в супрахиазматическом ядре мозга и другое. Результаты вычислительного моделирования подтверждаются известными нейрофизиологическими экспериментами, что подтверждает релевантность модели.

Приведенная материалистическая модель формирования сознания позволяет представить основы его формирования для искусственного интеллекта робота, что иллюстрируется рис. 4.

Рассмотрим приложение когнитивной архитектуры, для формирования сознания в мозге человека. Мозг человека является автономной структурой, поэтому реализация каждой конкретной когнитивной функции вызывает значительные трудности. Структуры мозга, ответственные за формирование сознания, согласно нейрофизиологическим исследованиям, в первом приближении приведены на рис. 5.

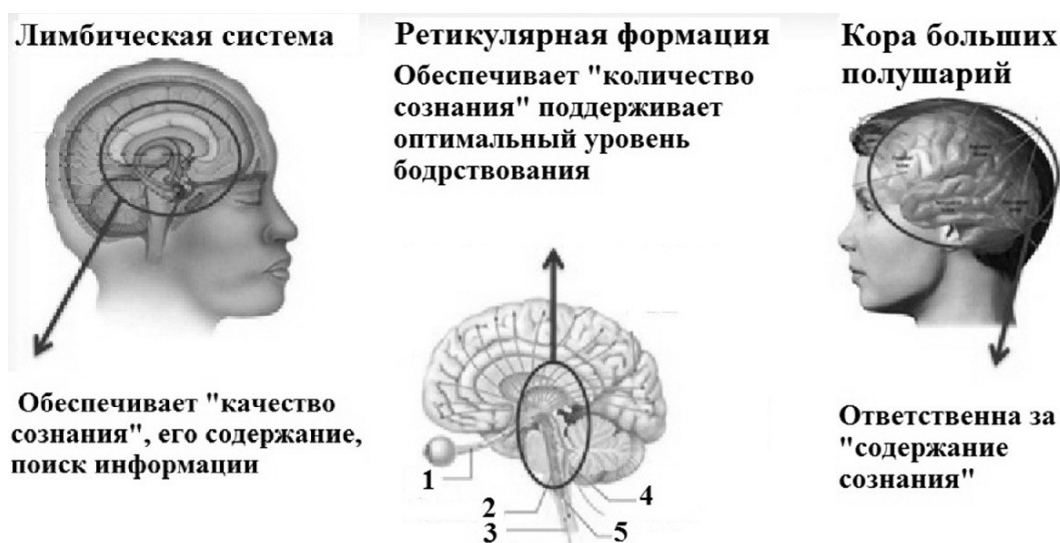


Рис. 5. Структуры мозга, ответственные за формирование сознания: 1 – зрительный анализатор; 2 – ретикулярная информация; 3 – вход от рецепторов: прикосновение, боль, температура; 4 – слуховая информация; 5 – нисходящая двигательная информация.

Fig. 5. Brain structures responsible for the formation of consciousness: 1 – visual analyzer; 2 – reticular information; 3 – input from receptors: touch, pain, temperature; 4 – auditory information; 5 – descending motor information.

圖 5. 負責意識形成的大腦結構: 1 – 視覺分析器; 2 – 網路資訊; 3 – 來自感受器的輸入: 觸摸、疼痛、溫度; 4 – 聽覺訊息; 5 – 下降馬達資訊。

Реализация материалистической когнитивной архитектуры формирования сознания для мозга человека учитывает наличие потоков информации, идущих от таламуса к коре. Связи действуют в двух направлениях, от таламуса к коре и

от коры обратно к той же области таламуса. Более того, когда таламические связи прерываются, функции соответствующей области коры почти полностью теряются. Следовательно, кора функционирует в тесной связи с таламусом и практически может рассматриваться и анатомически, и функционально как единое целое, называемая таламокортикальной системой, что иллюстрируется рис. 6.

Схематическая реализация материалистической когнитивной архитектуры формирования сознания для мозга человека показана на рис. 6 слева снизу. Большая база данных представлена в виде двух составляющих мозга: таламуса и коры, представляемых как единое целое таламокортикальной системой. Схематическая модель нервных волокон от таламуса к коре мозговой зрительной, моторной и слуховой показана на рис. 6 справа снизу.

Материалистическая модель формирования сознания для мозга человека показана на рис. 6 сверху. Изображение нервных волокон, идущих от таламуса к коре, было получено с помощью трактографии - диагностического метода, основанного на диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии ФМРТ, позволяющего визуализировать ориентацию и целостность проводящих путей головного мозга *in vivo*.

Предлагаемая макроскопическая когнитивная архитектура для формирования сознания позволяет целенаправленно и детально изучать более сложные структуры мозга в их взаимодействии.

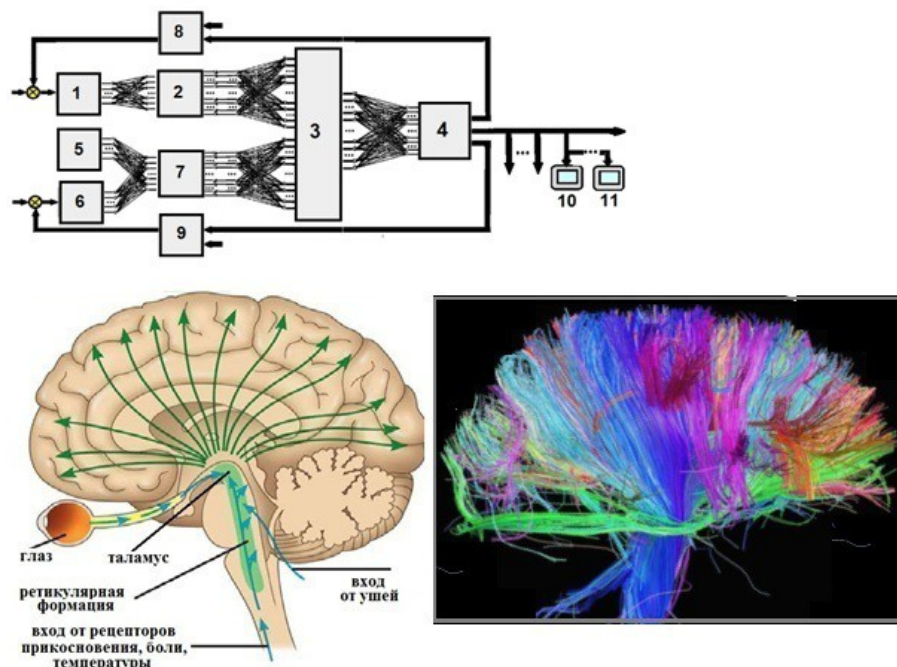


Рис. 6. Реализация материалистической когнитивной архитектуры формирования сознания

Fig. 6. Implementation of a materialist cognitive architecture formation of consciousness

圖 6. 唯物主義認知架構的實現 意識的形成

Для более детального изучения формирования сознания в мозге человека необходимы дальнейшие значительные исследования. Свойства предлагаемой структурной и математической модели формирования сознания не противоречат представлениям психологов и философов о ментальном представлении сознания, наоборот, возникают новые возможности для исследований.

Consciousness is represented in the form of a material flow - traffic. This concept was first formulated in 1838 by W. James [1]. Currently supported in the works of academicians I. P. Pavlov [2]. E.N. Sokolov [3]., K.V. Anokhin [4], professor D.I. Dubrovsky [5] and other prominent Russian and foreign scientists [6-8]. Scientists W. James and acad. I.P. Pavlov, E.N. Sokolov gave wonderful definitions of consciousness as a flow. We present these definitions.

W. James in the book "Fundamentals of Psychology". Williams James wrote in 1890: "Consciousness is a stream, a river in which thoughts, sensations, memories, sudden associations constantly interrupt each other and are intricately, "illogically" intertwined." There is nothing unified about it; it flows. "River" or "stream" are the metaphors by which it is most naturally described."

I.P. Pavlov about human consciousness: "If it were possible to see through the roof of the skull, if the place of the cerebral hemispheres with optimal excitability shone, then we would see in a thinking, conscious person how a light constantly changing in shape and size of bizarrely irregular outline moves through his cerebral hemispheres. a spot surrounded by a more or less significant shadow throughout the rest of the hemispheres" [2].

Let us give a wonderful definition of consciousness as a stream of Acad. E.N. Sokolova. "Consciousness is "a flow of personal (subjective) experiences: changes in images, thoughts, intentions and feelings." "Consciousness arising in brain structures is a purely personal property, inaccessible to an outside observer" [3].

The idea of consciousness as a material flow has received strong confirmation in experimental studies: on the open brain, in methods of brain enlightenment based on the expression of radiation-induced genes, in MRI studies. We present experimental data confirming the formation of consciousness in the form of a material flow. These are the following data: 1) experiments on the open brains of sick people [9]; 2) data on experiments with brain clearing using the gene expression method [10]; 3) experiments using the T2 fMRI method [11]; 4) experiments with direct excitation of series of electrical impulse sequences in the so-called "grandmother neurons" or in cognitive groups COGs in the terminology of Acad. K.V. Anokhin in recognizing the faces of famous people [12].

We present the results of experiments on visualizing consciousness using fMRI technology in the form of a stream of electrical pulse sequences, identified by luminous areas on the right and left sides of the brain. The results are shown in Fig. 1.

In Fig. Figure 2 shows the direct implementation of consciousness in the form of

a series of electrical impulse sequences in the “Clinton neuron” [12] or in cognitive groups COGs according to the terminology of Acad. K.V. Anokhin [4].

The description of consciousness in the form of a flow by famous scientists, as well as the results of experimental studies, allow us to formulate the idea of consciousness as a flow in the following form.

Definition. Consciousness is a material flow of specifically distributed throughout the cortex, encoded electrical impulse activity, correlated either with current input influences, expediently transformed in the sensory system, or with previously occurring previous influences, recorded and stored in memory; the realization of consciousness is carried out under the influence of external or internal requests created within the system.

A macroscopic cognitive architecture for the materialistic formation of consciousness in the large BIGDATE database or in the brain is proposed, shown in Fig. 3.

The proposed method of forming consciousness provides a solution to the “difficult problem of consciousness” by D. Chalmers [6] how the brain creates consciousness, allows us to imagine the formation of the personality “I” as a set of small components created by memory, allows us to imagine the formation of “qualia” (sensations), allows us to explain the generation of about 6,400 partial consciousnesses per day helps explain the unusually high speed of information processing in the brain and other properties of consciousness. The proposed method of forming consciousness shows the possibility of constructing artificial consciousness and allows us to purposefully consider the details of the construction of consciousness in the human brain. The proposed theory of consciousness takes into account the idea of the brain as a system with self-organized criticality, functioning in an unstable mode near the threshold of self-excitation, stabilized by nonlinear negative feedback [13-16].

Two methods have been proposed to describe the mathematical model of the formation of consciousness. The first is in the form of a large system composed of subsystems of nonlinear differential equations with a small parameter in front of the derivatives [17]. Each subsystem of a large system consists of several nonlinear differential equations that describe one element (for example, neuron, CoG) of the system.

According to the second method, cognitome is described by a large system of nonlinear Volterra integral equations [18]. Each Volterra equation describes one element of the cognitome. This description is more compact compared to the description according to the first method. However, in this case, the required number of integral equations is large, about 107. When using a mathematical model in the form of nonlinear differential equations, the required number of equations can be an order of magnitude greater.

When modeling, the method of finding “fast solutions” of system equations in

the form of known impulse functions is used; to find “slow solutions” of a neuron or CoG, either a system of linear differential equations with constant coefficients or an algebraic approximation is used. In its simplest form, the idea of such a method was proposed in 1946 by A. Wiener and Rosenbluth, who proposed using the pulse approximation in the form of a constant function of short duration, and the slow phase as a constant function of much longer duration [19].

The proposed method for studying complex nonlinear systems describing relaxation oscillations was described in a series of works [20-23]. The method made it possible to solve complex problems of approximation and synchronization of relaxation oscillations. The relevance of the method has been proven in a series of works [20-23].

In a computational experiment, adequate confirmation of the correspondence of the mathematical model to real neurophysiological experiments was obtained [20-23]. The model allows you to implement: the formation of spikes and bursts (bursts of impulses) of electrical activity of the brain; formation of a single rhythm (for example, the sinoatrial node of the heart); formation of a breathing rhythm in the brain; formation of circadian rhythms in the suprachiasmatic nucleus of the brain and more. The results of computational modeling are confirmed by well-known neurophysiological experiments, which confirms the relevance of the model.

The given materialistic model of the formation of consciousness allows us to present the basis of its formation for the artificial intelligence of a robot, which is illustrated in Fig. 4.

Let's consider the application of cognitive architecture for the formation of consciousness in the human brain. The human brain is an autonomous structure, so the implementation of each specific cognitive function causes significant difficulties. The brain structures responsible for the formation of consciousness, according to neurophysiological studies, are shown as a first approximation in Fig. 5.

The implementation of the materialistic cognitive architecture of the formation of consciousness for the human brain takes into account the presence of information flows coming from the thalamus to the cortex. The connections operate in two directions, from the thalamus to the cortex and from the cortex back to the same area of the thalamus. Moreover, when thalamic connections are interrupted, the functions of the corresponding cortical area are almost completely lost. Consequently, the cortex functions in close connection with the thalamus and can practically be considered both anatomically and functionally as a single whole, called the thalamocortical system, as illustrated in Fig. 6.

A schematic implementation of the materialistic cognitive architecture of consciousness formation for the human brain is shown in Fig. 6 bottom left. The large database is represented in the form of two components of the brain: the thalamus and the cortex, represented as a single whole by the thalamocortical system. A schematic model of nerve fibers from the thalamus to the visual, motor and auditory cortex is

shown in Fig. 6 bottom right.

The materialistic model of the formation of consciousness for the human brain is shown in Fig. 6 on top. Nerve fibers from the thalamus to the cortex were imaged using tractography, a diagnostic technique based on diffusion-weighted magnetic resonance imaging fMRI that allows visualization of the orientation and integrity of brain pathways in vivo.

The proposed macroscopic cognitive architecture for the formation of consciousness allows for a targeted and detailed study of more complex brain structures in their interaction.

Further significant research is needed to study in more detail the formation of consciousness in the human brain. The properties of the proposed structural and mathematical model of the formation of consciousness do not contradict the ideas of psychologists and philosophers about the mental representation of consciousness; on the contrary, new opportunities for research arise.

意識以物質流—交通的形式表現出來。這個概念由 W. James 於 1838 年首次提出[1]。目前受到 I. P. Pavlov 院士的著作支持 [2]。E.N. 索科洛夫 [3]., K.V. Anokhin [4], D.I. 教授 杜布羅夫斯基 [5] 和其他著名的俄羅斯和外國科學家 [6-8]。科學家 W. James 和 Acad. 智慧財產 巴甫洛夫 (Pavlov)、索科洛夫 (E.N. Sokolov) 對意識流給了一個精彩的定義。我們提出這些定義。

W. 詹姆斯在《心理學基礎》一書中。威廉斯·詹姆斯(Williams James)在 1890 年寫道：「意識是一條溪流，一條河流，思想、感覺、記憶、突然的聯想不斷地相互幹擾，錯綜複雜地、'不合邏輯'地交織在一起。」沒有什麼是統一的；它流動。“河流”或“溪流”是最自然地描述它的隱喻。”

智慧財產 巴甫洛夫關於人類意識的論述：「如果能夠透過頭骨的頂部看到，如果大腦半球具有最佳興奮性的地方發光，那麼我們就會在一個有思想、有意識的人身上看到光如何不斷改變形狀和大小。「一個奇怪的不規則輪廓在他的大腦半球中移動。這個點被整個大腦半球的其餘半球或多或少顯著的陰影包圍」[2]。

讓我們將意識定義為 Acad 流。E.N. 索科洛娃。“意識是“個人（主觀）體驗的流動：圖像、思想、意圖和感受的變化。”「大腦結構中產生的意識純粹是個人財產，外部觀察者無法獲得」[3]。

意識作為物質流的想法在實驗研究中得到了強有力的證實：在開放的大腦中，在基於輻射誘導基因表達的大腦啟蒙方法中，在核磁共振研究中。我們提供的實驗數據證實了意識以物質流的形式形成。這些是以下數據：1) 對病人開放大腦的實驗[9]；2) 使用基因表現法進行大腦清理實驗的資料[10]；

3) 使用 T2 fMRI 方法進行實驗[11]; 4) 在所謂的「祖母神經元」或認知組 COG (Acad 術語中) 中直接激發一系列電脈衝序列的實驗。K.V. Anokhin 辨識名人的臉 [12]。

我們展示了使用功能性磁共振造影技術以電脈衝序列流的形式可視化意識的實驗結果，這些脈衝序列由大腦右側和左側的發光區域識別。結果如圖所示。

1.

在圖中。圖 2 顯示了意識在「克林頓神經元」[12] 或根據 Acad 術語的認知組 COG 中以一系列電脈衝序列的形式直接實現。K.V. 阿諾金[4]。

著名科學家對意識流形式的描述，以及實驗研究的結果，使我們能夠將意識流的概念表述為以下形式。

定義。意識是一種物質流，專門分佈在整個皮層，編碼電脈衝活動，與當前輸入影響相關，在感覺系統中方便地轉換，或與先前發生的先前影響相關記錄並存儲在內存中；意識的實現是在系統內產生的外部或內部請求的影響下進行的。提出了在大型 BIGDATE 資料庫或大腦中意識的唯物形成的宏觀認知架構，如圖 1 所示。3.

所提出的形成意識的方法為 D. Chalmers [6] 大腦如何創造意識的「意識難題」提供了解決方案，使我們能夠將人格「我」的形成想像為一組由記憶使我們能夠想像「感受性」（感覺）的形成，使我們能夠解釋每天大約 6,400 個部分意識的產生，有助於解釋大腦中異常高的信息處理速度和意識的其他特性。所提出的形成意識的方法展示了建構人工意識的可能性，並使我們能夠有目的地考慮人腦中意識建構的細節。所提出的意識理論考慮到大腦作為一個具有自組織臨界性的系統的想法，在接近自激勵閾值的不穩定模式下運行，透過非線性負回饋穩定[13-16]。

人們提出了兩種方法來描述意識形成的數學模型。第一種是由非線性微分方程子系統所組成的大系統的形式，導數前面有一個小參數[17]。大型系統的每個子系統都由多個非線性微分方程式組成，這些方程式描述系統的一個元素（例如神經元、CoG）。

根據第二種方法，認知組是由一個大型非線性 Volterra 積分方程組來描述的[18]。每個 Volterra 方程式描述了認知組的一個元素。與根據第一種方法的描述相比，該描述更加緊湊。然而，在這種情況下，所需的積分方程式的數量很大，大約是 107 個。當使用非線性微分方程形式的數學模型時，所需的方程式的數量可以大一個數量級。

建模時，使用以已知脈衝函數的形式尋找系統方程式“快速解”的方法；尋找神經元或 CoG 的“慢速解”，無論是具有常係數的線性微分方程組還是代數近似用來。最簡單的形式是，這種方法的想法由 A. Wiener 和 Rosenbluth 於 1946 年提出，他們提出使用短持續時間常數函數形式的脈衝

近似，並將慢相位作為常數函數持續時間更長[19]。

在一系列工作中描述了所提出的研究描述弛豫振盪的複雜非線性系統的方法[20-23]。此方法使得解決張弛振盪的近似和同步的複雜問題成為可能。此方法的相關性已在一系列工作中得到證明[20-23]。

在計算實驗中，充分證實了數學模型與真實神經生理實驗的對應關係[20-23]。此模型可讓您實現：大腦電活動的尖峰和爆發（脈衝爆發）的形成；形成單一節律（例如心臟的竇房結）；在大腦中形成呼吸節律；大腦視交叉上核等晝夜節律的形成。計算模型的結果得到了著名的神經生理學實驗的證實，這證實了模型的相關性。

給定的意識形成的唯物主義模型使我們能夠展示機器人人工智慧形成的基礎，如圖 1 所示。 4.

讓我們考慮一下認知架構在人腦意識形成中的應用。人腦是自主結構，因此每個特定認知功能的實現都會造成很大的困難。根據神經生理學研究，負責意識形成的大腦結構如圖 1 所示。 5.

人腦意識形成的唯物主義認知架構的實施考慮了從丘腦到皮質的資訊流的存在。這些連結在兩個方向上起作用，從丘腦到皮質，以及從皮質回到丘腦的同一區域。而且，當丘腦連結中斷時，相應皮質區域的功能幾乎完全喪失。

因此，皮質的功能與丘腦密切相關，實際上可以在解剖學和功能上被視為一個整體，稱為丘腦皮質系統，如圖 1 所示。 6.

人腦意識形成的唯物認知架構的示意性實現如圖 1 所示。 6 左下角。這個大型資料庫以大腦的兩個組成部分的形式表示：丘腦和皮質，由丘腦皮質系統表示為一個整體。從丘腦到視覺、運動和聽覺皮質的神經纖維示意圖如圖 1 所示。 6 右下角。

人腦意識形成的唯物模型如圖 1 所示。 6 在上面。使用纖維束成像技術對從丘腦到皮質的神經纖維進行成像，纖維束成像是一種基於擴散加權磁共振影 fMRI 的診斷技術，可視覺化體內大腦路徑的方向和完整性。

所提出的用於意識形成的宏觀認知架構允許對更複雜的大腦結構相互作用進行有針對性和詳細的研究。

需要進一步進行重大研究來更詳細地研究人腦意識的形成。所提出的意識形成的結構和數學模型的特性並不與心理學家和哲學家關於意識的心理表徵的觀點相矛盾；相反，出現了新的研究機會。

Литература

References

參考書目

1. Джеймс У. Основы психологии, 1890 г.
2. Анохин П. К. Иван Петрович Павлов, М.-Л. 1949, 404 с.
3. Соколов Е. Н. Очерки по психофизиологии сознания. М., МГУ. 2008. 255 с.

4. Анохин К. В. Когнитом в поисках фундаментальной нейронаучной теории сознания, Журнал высшей нервной деятельности, 2021. Т. 71, № 1, С. 39-71.
5. Дубровский Д.И. Проблема “сознание и мозг”: теоретическое решение, М., Канон+, 2015, 208 с.
6. Чалмерс Дэвид. Сознательный разум: в поисках фундаментальной теории, Издательство Оксфордского университета, 1996.
7. Баарс Б. Когнитивная теория сознания, Изд. Кембриджского университета. 1993, с. 15-18.
8. Crick F., Koch C. A framework for consciousness, Nat. Neurosci., 2003, v. 6, no. 2, p. 119–126.
9. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М., Издательский центр «Академия», 2013, 384 с.
10. Доронина-Амитонова Л.В., Федотов И.В., Федотов А.Б., Анохин К.В., Желтиков А.М. Нейрофотоника: оптические методы исследования и управления мозгом. УФН. 2015. Т. 185, № 4, С. 371–392.
11. Ушаков В.Л., Верхлютов В.М., Соколов П.А., Ублинский М.В., Стрелец В.Б., Аграфонов А.Ю., Петрайкин А.В., Ахадов Т.А. Активация структур мозга по данным фМРТ при просмотре видеосюжетов и припоминании показанных действий, Журнал высшей нервной деятельности, 2011, Т. 61, № 5, С. 553–564.
12. Kreiman G., Fried J., Koch G. Single-neuron correlates of subjective vision in the human medial temporal lobe. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2002, V. 99, no. 12, P. 8378-8383.
13. Бак П. Как работает природа: теория самоорганизованной критичности. Пер. с англ. URSS. 2013, 276 с.
14. Евин И. А. Синергетика сознания. Москва-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2008, 127 с.
15. Мазуров М. Е. Физика режимов с самоорганизованной критичностью на кромке устойчивости, Изв. РАН. Серия физическая, 2022, Т. 86, no. 2, С. 298-304.
16. Hebb D.O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory, New York, Wiley, 1949.
17. Мищенко Е.Ф., Розов Н.Х. «Дифференциальные уравнения с малым параметром и релаксационные колебания» М.: Наука. 1975. 247 с.
18. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: Методы, алгоритмы, программы. Справочное пособие, Киев, Наукова думка, 1986. 543 с.
19. Wiener N., Rosenblueth A. The mathematical formulation of the problem of conduction of impulses in a network of connected excitable elements, specifically in cardiac muscle, Arch. Inst. Cardiologia de Mexico. 1946. V. 16, no. 3-4. P. 205-265
20. Мазуров М. Е. Синхронизация релаксационных автоколебательных систем, синхронизация в нейронных сетях, Изв. РАН. Серия физическая, 2018,

Т.82, № 1, С. 83-87.

21. Мазуров М. Е. (2020а). Механизмы инвариантного помехоустойчивого кодирования в импульсных нейронных сетях, Изв. РАН. Серия физическая. 2020, Т. 84, № 1, С. 90–95.

22. Мазуров М. Е. (2020в). Нелинейная динамика и синхронизация нейронных ансамблей при формировании внимания, Изв. РАН. Серия физическая. 2020, Т. 84, по. 3, С. 451-456.

23. Мазуров М. Е. Идентификация математических моделей нелинейных динамических систем, монография, М., ЛЕНАНД, 2019, 284 с.