

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2021-23-47-67>

ЧУВСТВЕННЫЙ МИР РОБОТОВ

Дубаренко В.В., Кучмин А.Ю., Корнюшин А.М.

Ключевые слова: робот, чувство, эмоция, логическая функция, логическая зависимость, логическая структура, управляющая система, нейронная сеть, комбинаторика.

Аннотация Чувственный мир роботов является условным названием кибер-физической системы, в которой реализуются функции поведения роботов, похожие на проявление эмоций человеком. Такая система состоит из нескольких подсистем. Главными из которых являются: сенсорная система – совокупность периферических и центральных структур нервной системы (рецепторы, нейроны, связи), ответственные за восприятие сигналов окружающей и внутренней среды; логическая система принятия решений; система автоматического управления исполнительными органами роботов. Основное внимание в статье уделено системе принятия решений, обсуждению вопроса о возможности формального преобразования базы знаний логической системы, представленной в форме совокупности импликаций - условных предложений «если ..., то...» на естественном языке, либо операторов (*if ... else ... end*) на языке программирования, к форме линейной последовательностной машины (ЛПМ). ЛПМ является формой конечного автомата (КА), который связывает причинно-следственной связью логические переменные предыдущего и последующего тактов. **Цель исследования:** Цель настоящей работы состоит в том, чтобы показать, как система чувств и эмоций человека может быть использована в системах искусственного интеллекта роботов для принятия решений об их поведении. При этом чувства и эмоции представляются в форме событий, как действий объекта или действий над объектом. **Методы:** Метод логико-лингвистических функций, метод принятия решений, методы поисковой оптимизации. **Результаты:** Предложен оригинальный подход математического моделирования чувственного мира роботов. Излагаемая технология может быть полезна при разработке системы принятия решений роботами в задачах реализации поведения, похожего на проявление эмоций и чувств людьми.

SENSUAL WORLD OF ROBOTS

Dubarenko V.V., Kuchmin A.Yu., Korniyushin A.M.

Keywords: robot, feeling, emotion, logical function, logical dependence, logical structure, control system, neural network, combinatorics.

Abstract The sensory world of robots is a conventional name for a cyber-physical system in which the functions of robot behavior are implemented, similar to the expression of emotions by a person. Such a system consists of several subsystems. The main ones are: the sensory system – a set of peripheral and central structures of the nervous system (receptors, neurons, connections), responsible for the perception of signals of the surrounding and internal environment; the logical decision-making system; automatic control system for robot executive bodies. The paper focuses on the decision-making system, discussing the possibility of formal transformation of the knowledge base of a logical system, represented in the form of a set of implications-conditional sentences "if ..., then..." in a natural language, or operators (*if ... else ... end*) in a programming language, to the form of a Linear sequential circuits (LSC). The LSC is a form of finite state machine (FSM) that connects the logical variables of the previous and subsequent clock cycles by a causal relationship. **The purpose of this paper** is to show how the system of human feelings and emotions can be used in the artificial intelligence systems of robots to make decisions about their behavior. In this case, feelings and emotions are represented in the form of events, as actions of the object or actions on the object. **Methods:** The method of logical-linguistic functions, the method of decision-making, search engine optimization methods. **Results:** An original approach to mathematical modeling of the sensory world of robots is proposed. The described technology can be useful in the development of a decision-making system for robots in the tasks of implementing behavior similar to the expression of emotions and feelings by humans.

Введение

Роботы, наделенные довольно солидным спектром эмоций, не редкость. Так, в Испании в прошлом году представили "сентиментального" робота с 14-ю эмоциями [1]. Выражать чувства начали учить даже промышленных роботов [2]. Ну а приветливые японки-андроиды в местных отелях и магазинах уже практически повседневность [3]. Исследовательская группа из лаборатории Nagiawara в частном японском Университете Кэйо работает над созданием "мозга" для роботов следующих поколений, который сможет производить комплексный анализ видео-, аудио- и эмоциональной информации. Благодаря этому, пишет DailyTechInfo, роботы получат возможность осмысленного поведения и взаимодействия с людьми во множестве аспектов повседневной жизни и трудовой деятельности [4].

Для обработки визуальной информации японские ученые задействуют нейронные сети, которые распознают объекты при помощи механизмов, основанных на опыте и интуиции, принципы работы которых весьма напоминают происходящее в мозге человека. Это позволяет избавиться от использования огромной базы трехмерных шаблонов и от сложнейшей математической обработки изображений.

- Роботы смогут заниматься сексом для самовоспроизводства уже через 20-30 лет, прогнозируют эксперты [5].

- Американским военным роботам "прошьют" нормы морали, чтобы они не были убийцами типа Терминатора [6].

За счет своей нейросетевой структуры новый электронно-компьютерный мозг сможет накапливать приобретаемый опыт, обнаруженные человеческие эмоции и чувства. Через некоторое время количество обязательно должно перейти в качество, и роботы с таким мозгом смогут сопоставить эмоциональную составляющую с другими видами информации, что позволит им самим стать носителями эмоций и чувств, родственных человеческим. Естественно, это позволит значительно упростить их взаимодействие с людьми и окружающей средой, полагают ученые.

Благодаря секс-роботам меньше людей будет ошибочно вступать в отношения просто потому, что они хотят получить сексуальную разрядку. Одним из основных преимуществ урегулирования серьезных отношений между людьми теперь будет являться то, что теперь человек сможет удовлетворить свои сексуальные потребности почти всегда. Ведь прочная любовь не может быть построена на взаимном желании иметь больше секса. У человека появится больше времени на то, чтобы не заниматься выяснением отношений со своим партнером, например, заняться общением с близкими.

И, наконец, наиболее высокая ступень - роботы-интеллектуалы. В них присутствуют своеобразный симбиоз процесса восприятия, формирования понятий, обобщения, планирования действий, реализации поведения. Роботу третьего поколения необходимо уметь осмысливать чувственную информацию, сравнивать ее со своими знаниями, хранящимися в памяти, и действовать в соответствии с программой, исходя из этого сравнения.

Поскольку такие роботы функционируют на основе принципов искусственного интеллекта, они способны понимать человеческий язык и в пределах определенной темы могут давать ответы. Робот - это своеобразная система систем, позволяющая благодаря разнообразию применяемых в нем сложных устройств добиваться очень широких рабочих возможностей. Поэтому армия роботов может освоить практически все производственные операции. Вот почему процесс роботизации идет стремительными темпами.

Внешний мир изобилует световыми волнами, звуковыми волнами и всевозможными молекулами, носящимися в воздухе. Человеческий организм через органы восприятия преобразует эти физические проявления объективного мира в импульсы головного мозга, которые сам мозг же и трактует как визуальный, аудиальный (звуковой) и кинестетический (ощущения, запахи, вкусы) образ. По сути, происходит следующее: человеческий мозг создает образ внешнего мира, используя сигналы, которые в него поступают.

1. Основное содержание

В [18] было показано, что интеллектуальная часть роботов, представляющая собой логическую систему с памятью, на основании предлагаемого подхода может быть представлена в форме, позволяющей перейти от имитационных методов исследования к аналитическим методам линейной алгебры по модулю 2. В этом случае эксперименты над моделями не поводятся. Численные оценки определяются беспойсковыми способами, а результаты представляются в аналитической форме. Приведение ЛУ к форме ЛПМ связано с применением технологии символьных преобразований. При этом символьные строки типа полиномов Рида–Малера–Жегалкина подставляются в другие символьные строки, преобразуются за счет приведения подобных членов по правилам вычислений логических функций по *mod 2* в новые полиномы.

Линеаризация систем уравнений логического типа, содержащих конъюнкции из компонент вектора состояний, позволяет за счет его расширения упорядочить причинно-следственные связи в комбинаторных задачах математического программирования и сравнительно просто с помощью логико-лингвистического упорядочения определить их сложность, а также оценить логическую замкнутость и непротиворечивость исходной нелинейной системы ЛУ. (Субъект испытывает одиночество, субъект А любит субъекта Б, субъект А восхищается субъектом Б), любых состояний - (субъект озабочен, то есть, является озабоченным, субъект надеется). Подчеркнутые слова являются глаголами. Глагол как часть речи грамматики, обозначающая действие или состояние, в событии является обязательной его составной частью. Представление конкретных чувств и эмоций в форме событий позволяет выразить их логически, как функции от других событий, связанных с чувствами и эмоциями. То есть соединить чувства и эмоции систему, построенную по принципу динамической системы. Эволюция динамической системы определяется детерминированной функцией, в

соответствии с которой, через каждый шаг система принимает конкретное состояние, зависящее от текущего состояния. Основу логической системы чувств и эмоций в форме событий составляют логические переменные (ЛП) $l(t) \in (true, false)$, условно принимающие значения двух типов: $true = 1, false = 0$ [1]. А сама система чувств и эмоций представляется в форме логической комбинационной структуры [2].

Логические структуры, выходные функции которых однозначно определяются входными логическими функциями в тот же момент времени, называются комбинационными. А логические структуры, выходные функции которых однозначно определяются в следующий момент времени (либо такт) посредством логических функций в текущий момент времени (либо такт), называются комбинационными структурами с памятью или последовательностными машинами (ПМ). Особое место среди которых занимают линейные последовательностные машины (ЛПМ) [15]

ЛПМ позволяют применять к логическим структурам алгебраические векторно-матричные методы анализа и синтеза логического вывода при принятии решений об истинности или ложности логической переменной или логической функции. Это свойство ЛПМ имеет чрезвычайное значение, сравнимое со значением преобразования нелинейной динамической системы с вещественными переменными - в линейную систему.

По отношению к системе чувств такая структура позволяет существенно сократить размерность исходной модели и время поиска решения в алгоритме сенсор-система чувств-действие [16,17].

Например [9]:

$$\begin{aligned}x_1(t+1) &= x_1(t) x_2(t) + x_3(t), \\x_2(t+1) &= x_1(t) + x_2(t) + x_3(t), \\x_3(t+1) &= x_2(t) x_3(t),\end{aligned}$$

где каждая строка трактуется как импликация (лингвистическая связка условных предложений: "если..., то..."); символ "=" как задержка или обозначение причинно-следственной связи (справа от символа – посылка, слева от символа – заключение); символ + как сложение по mod 2; $x_i(t)$ - i -я компонента вектора ЛП; $x_i(t) x_j(t)$ – конъюнкция из i -ой и j -ой ЛП.

В задачах принятия решений ЛП, как аргументы логических функций (ЛФ), обычно характеризуются (сопровождаются) набором атрибутивных данных. Главным, а во многих случаях и единственным, атрибутом ЛП является ее вероятность. Алгоритмы вычисления вероятности, как скалярного аргумента ЛФ в символьной и числовой форме достаточно хорошо и подробно описаны в литературе [18]. Однако, в логической системе чувств и эмоций (ЛСЧЭ) атрибутами являются не вероятности, а меры силы чувств и эмоций, подобно функциям принадлежности [7] в Fuzzy system. Например, в [19, стр.142]

При большом числе ЛП, число логических слагаемых k в выражении для ЛФ может быть велико, так как k может достигать значений $2^n - 1$, где n - число ЛП. Запись таких функций в символьном виде в ЭВМ требует больших затрат

памяти. В связи с этим, для сравнительно богатых содержанием логических задач, требующих больших размерностей ЛФ, вряд ли является целесообразным использовать представление этих функций и их систем в ЭВМ в символьном виде. Практическую реализацию символьных преобразований в ЭВМ можно осуществлять на основе вычислительной комбинаторики. В частности, если условиться, что элементы ЛФ расположены в некотором лексикографическом порядке, то нет необходимости хранить ее в памяти ЭВМ в символьном виде, а для однозначной идентификации любого члена логической суммы, достаточно задать число элементов множества ЛП и порядковый номер этого члена. Тогда номера индексов конъюнктивных элементов, каждого члена логической суммы, могут быть определены комбинаторными методами. Оперирование с упорядоченными множествами позволяет заменить хранение ЛФ, представленных в символьном виде, на хранение сравнительно простых программ, обеспечивающих быстрое вычисление индексов переменных и атрибутов для их использования в последующих численных операциях, в том числе и для вычисления вероятностей.

Для формального описания алгоритмов вычисления аргументов ЛФ с упорядоченными элементами была разработана концепция логико-лингвистических функций.

2. Концепция логико-лингвистических функций

1. **Объект:** элемент материального мира (солнце, стол, стул) или понятие (воля, честь, совесть, вера, эмоция, чувство).

2. **Высказывание:** любое действие объекта или действия над объектом (дождь идет, время не ждет, дума избрана), любое определение существования объекта (на Луне нет жизни, т.е. жизнь на Луне не существует), любое определение принадлежности объекта к какому-либо классу (собака - животное, т.е. собака есть животное; Москва - столица России, т.е. Москва есть столица России). Подчеркнутые слова являются глаголами. Глагол как часть речи грамматики, обозначающая действие или состояние, в высказывании является обязательной его составной частью.

3. **Временное сечение (номер такта):** определенный перечень событий в некоторый момент времени.

"Если каждое из двух состояний абсолютно не влияет на другое, то их следует считать частями одного и того же состояния. Они одновременны" [30].

4. **Событие:** высказывание, отнесенное к определенному временному сечению (такту).

5. **Переменная:** именованная фиксированная и неделимая структура данных определенного типа, предназначенная для идентификации события и его атрибутов.

6. **Атрибут:** необходимый, постоянный признак объекта, события или переменной.

7. **Тип данных:** набор признаков переменной заданного класса.

8. **Класс:** абстрактный тип данных, представляющий собой множество - тройку (D, F, A) , состоящую из множеств: областей D , функций F , каждая из которых существует и изменяется в D , и аксиом A , которые задают свойства функции в F .

9. **Структура данных:** реализация данных определенного типа в абстрактном типе данных путем задания аксиом для функций хранения, доступа и взаимодействия атрибутов, например, массивы (array), записи (struct), ячейки (cell).

10. **Имя переменной:** языковое выражение, которое предназначено для обозначения события.

11. **Логико - лингвистическая переменная (ЛЛП):** переменная, имеющая структуру данных логико - лингвистического типа.

12. **Структура данных логико - лингвистического типа:** именованное упорядоченное множество типа cell, элементами которого являются записи типа struct, представляющие собой упорядоченный набор (упорядоченное множество) именованных полей, в свою очередь, предназначенных для хранения атрибутов событий.

13. **Имя (идентификатор) ЛЛП:** символьная конечная последовательность букв из некоторого заданного алфавита с двумя числовыми индексами, заключенными в фигурные скобки; например, $AC\{i,j\}$, где AC – имя множества ЛЛП, i – индекс порядкового номера ЛЛП, j – порядковый номер временного сечения, фигурные скобки $\{ \}$ являются конструктором множества AC и означают, что это множество принадлежит типу cell (ячеек), отличительной особенностью которого является то, что этот тип данных в качестве своих элементов допускает содержание массивов любого типа, в том числе и ячейки с любой глубиной вложенности.

15. **Базисное множество ЛЛП:** минимальное подмножество некоторого множества ЛЛП, порождающее все элементы исследуемого множества.

16. **Базисный вектор логической системы:** упорядоченное множество ЛЛП, отнесенных к некоторому начальному временному сечению, которые нельзя разложить на более простые, т.е. они не могут быть продуцированы другими переменными:

$$X' = \langle x\{1\}, x\{2\}, \dots, x\{n\} \rangle.$$

17. **Логико - лингвистическая функция (ЛЛФ):** это ЛЛП, обозначающая сложное событие, аргументами которого являются другие ЛЛП, связанные логической операцией посредством одной из следующих логических связок & (конъюнкция), \vee (дизъюнкция), $-$ (отрицание), \oplus (сложение по mod 2).

Например, если для ЛЛФ $x\{16,1\}$, определены: матрица индексов ЛЛП $[1,1; 5,2; 7,2; 15,1]$ и логическая операция &, то это означает, что ЛЛП $x\{1,1\}$, $x\{5,2\}$, $x\{7,2\}$, $x\{15,1\}$ являются аргументами $x\{16\}$ в конъюнктивной форме $x\{1,1\} \& x\{5,2\} \& x\{7,2\} \& x\{15,1\}$

19. Формы представления ЛЛФ. Любая ЛЛФ может быть выражена в явном виде через базисные ЛЛП в одной из следующих форм [18]:

КНФ (конъюнктивная нормальная форма),

ДНФ (дизъюнктивная нормальная форма),

СДНФ (совершенная дизъюнктивная нормальная форма),

ПНФ (полиномиальная нормальная форма).

Представление ЛЛФ в той или иной форме состоит в выполнении соответствующего алгоритма (программы), результатом работы которого (которой) является вычисление индексов базисных ЛЛП для любого элемента ЛЛФ соответствующей формы.

21. Импликация для ЛЛФ: выражает причинно - следственную зависимость между двумя событиями, отнесенными к двум различным моментам времени t_1 и t_2 .

Если допустить, что эта же зависимость существует и между двумя временными сечениями, разделенными во времени сколь угодно малым интервалом, то это равносильно допущению о рефлексивности этого отношения. Как заметил Р. Акофф [19], "такое понимание причины - следствия аналогично утверждению о том, что форма сосуда, содержащего газ, и форма самого газа определяют друг друга".

Можно привести примеры и других парадоксов, связанных с игнорированием временного разделения причины и следствия при использовании отношения типа импликации. Поэтому формулу $x\{3\} \equiv \bar{x}\{1\} \vee x\{2\}$ мы не будем интерпретировать как импликацию $x\{3\} \equiv x\{1\} \Rightarrow x\{2\}$. Импликацией ЛЛФ станет при условии $x\{3,j\} \equiv x\{1,k\} \Rightarrow x\{2,j\}$, $j > k$.

22. Тавтология ЛЛФ: событие, состоящее в том, что при преобразовании исходной матрицы индексов ЛЛФ к матрице индексов относительно базисных ЛЛП в одной из эквивалентных форм, полученная матрица индексов совпадает с матрицей индексов уже определенной ранее ЛЛФ, порядковый номер которой меньше порядкового номера исходной.

23. Вырожденность ЛЛФ: событие, состоящее в том, что при преобразовании исходной матрицы индексов ЛЛФ к матрице индексов относительно базисных ЛЛП в одной из эквивалентных форм, полученная матрица индексов становится пустой.

24. Логическая зависимость между ЛЛФ, входящими в рассматриваемую ЛЛФ как аргументы: событие, состоящее в том, что при преобразовании исходных матриц индексов каждой ЛЛФ к матрицам индексов в одной из эквивалентных форм, эти матрицы содержат равные строки.

Например, «Благодарность»: индивид (А) благодарен другому индивиду (В) за что-то (Х), если А убежден, что В преднамеренно продуцировал Х, и А удовлетворен Х. Меры благодарности и вины являются произведениями меры убежденности на меру удовлетворенности или неудовлетворенности. Вычисление меры благодарности, как скалярной функции мер убежденности и удовлетворенности не является очевидным математическим действием и

определяется умозаключением автора. Поэтому, логическая система чувств и эмоций структурно делится на две части – логическую и атрибутивную. Логическая часть определяет алгоритм вычисления ее атрибута.

Отечественный физиолог П.В.Симонов попытался в краткой символической форме представить свою совокупность факторов, влияющих на возникновение и характер эмоции [20].

Он предложил для этого следующую формулу:

$$\mathcal{E} = F(\Pi, (I_n - I_c, \dots)),$$

где \mathcal{E} - эмоция, ее сила и качество; Π - величина и специфика актуальной потребности; $(I_n - I_c)$ - оценка вероятности (возможности) удовлетворения данной потребности на основе врожденного прижизненно приобретаемого опыта; I_n - информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения существующей потребности; I_c - информация о средствах, которыми располагает человек в данный момент времени.

Согласно теории эмоций Симонова, возникновение эмоции обусловлено дефицитом прагматической информации (когда I_n больше чем I_c), именно это вызывает эмоции отрицательного характера: отвращение, страх, гнев и т.д. Положительные эмоции, такие, как радость и интерес, появляются в ситуации, когда полученная информация увеличивает вероятность удовлетворения потребности по сравнению с уже существующим прогнозом, другими словами - когда I_c больше чем I_n .

Таким образом, внутри нас как бы находится манометр, показания которого зависят от того, какая информация имеется о том, что требуется для удовлетворения потребности, и о том, чем мы располагаем, и в зависимости от их соотношения мы испытываем различные эмоции.

В отличие от автоматов, какими бы свойствами мы не наделяли понятия компромисс, равновесие, справедливость, какие бы требования ни предъявлялись к этим категориям, всегда найдутся ситуации, когда этих требований окажется недостаточно для решения вопроса о компромиссном, равновесном, справедливом выборе. Появится необходимость во введении дополнительных свойств рационального определения чувств и эмоций, чтобы смоделировать их в автомате (роботе). И модификация требований к рациональному определению может продолжаться сколь угодно долго. Эта мысль находит подтверждение у К. Гёделя [21], который показал, что в широком классе достаточно богатых формальных систем, всегда найдётся утверждение, истинность или ложность которого нельзя проверить исходя из набора аксиом, определяющих правила вывода, ибо задача установления истинности формул в исчислении предикатов алгоритмически неразрешима.

Существуют списки чувств, содержащие более 100 наименований, но они не исчерпывают всей палитры, всего многообразия эмоциональных состояний человека, которые мы желаем воспроизвести у робота. Здесь уместно сравнение с цветами солнечного спектра. Основных тонов – 7, но сколько мы знаем еще промежуточных цветов и сколько оттенков может быть получено при их смешении!

Трудно сказать, сколько может быть различных эмоциональных состояний. Эмоциональные состояния отличаются высокой специфичностью, даже если они при современных грубых методах оценки имеют одно и то же наименование. Существует, по-видимому, много оттенков гнева, радости, печали и других чувств.

Некоторые из перечисленных чувств совпадают по содержанию и отличаются лишь интенсивностью. Например, удивление и изумление отличаются лишь по силе, то есть по степени выраженности. То же самое гнев и ярость, удовольствие и блаженство и т.д. Поэтому логико-лингвистическое определение чувства для робота может быть ограниченным, не полным, что естественно отразится на его восприятии и поведении.

Нашей целью является создание логико-лингвистической системы чувственного мира роботов, которая формальными приемами, при любом наборе определений, трансформировалась бы в комбинационную логическую схему с памятью и встраивалась в сенсорно-исполнительную систему автомата. Известный ученый в области адаптивного управления А.А. Жданов [25] моделируя нервные системы, дает возможные ответы на следующие вопросы: как должна быть устроена нервная система с логически-рациональной точки зрения? Можно ли воспроизвести путь «конструкторской мысли», который прошла Природа, конструируя нервные системы? В самом общем виде такая модель представлена на рисунке 1.

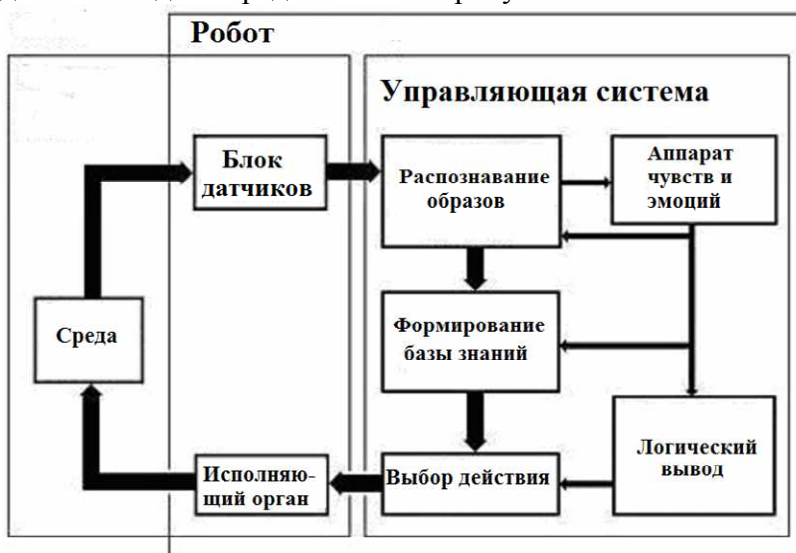


Рис. 1. Адаптивное управление по Жданову [25]

На рисунке 1 в пояснении нуждается блок названный «Аппарат чувств и эмоций». Эмоции как их трактует википедия (от лат. *emotio* — чувство) — психический процесс импульсивной регуляции поведения, основанный на чувственном отражении потребностной значимости внешних воздействий, их благоприятности или вредности для жизнедеятельности индивида. Эмоции двувалентны — они или положительны, или отрицательны — объекты или

удовлетворяют, или не удовлетворяют соответствующие потребности. Отдельные жизненно важные свойства предметов и ситуаций, вызывая эмоции, настраивают Эмоции являются врожденно сформированными сигнализаторами, которые ориентируют избирательность поведения. Замещая потребности, эмоции становятся побуждением к действию, фактором мотивации поведения. Во множестве эмоциональных проявлений выделяются четыре исходные эмоции: **радость** (удовольствие), **страх**, **гнев** и **удивление**. Большинство же эмоций имеет смешанный характер, так как они обуславливаются иерархически организованной системой потребностей [22]

Американский профессор психологии Роберт Плутчик в 1980 году придумал концепцию [24], в которой обозначил 8 основных эмоций и связанные с ними более сложные эмоции. Получилось впечатляющее и наглядное «колесо эмоций» (рис. 2).

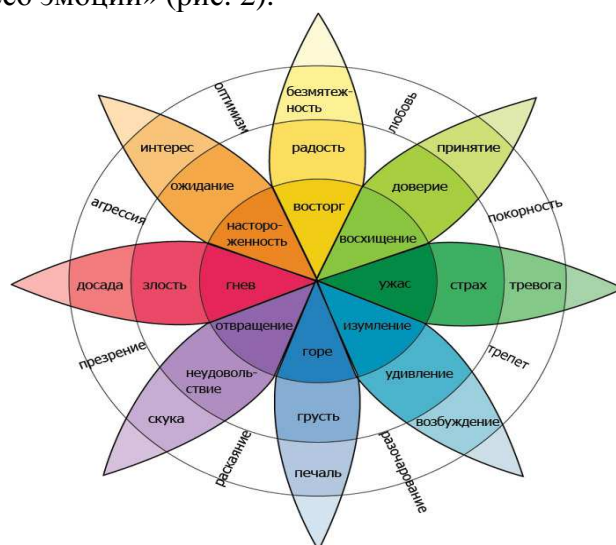


Рис. 2. Колесо эмоций Роберта Плутчика

Основными эмоциями, согласно Роберту Плутчику, являются радость, грусть, страх, доверие, ожидание, удивление, злость, недовольствие. Они располагаются во второй линии круга от центра.

Эмоция состоит из нескольких компонентов. Во-первых, это некое возбуждение в организме человека. Во-вторых, это особое переживание в теле (например, при сильных эмоциях учащается пульс, краснеют щёки, трясутся руки). В-третьих, эмоции экспрессивны, т.е. люди их выражают в интонации голоса, в словах, в движениях тела и в поведении.

Представляет интерес, на наш взгляд публикация А.Д. Редозубова [23]. Идея книги в том, что все эмоции появляются в результате взаимодействия общего принципа движения от "общего плохо" к "общему хорошо" в каждый отдельно взятый момент времени на основе элементарных врождённых инстинктов - и памяти о реальных и смоделированных ситуациях (рис. 3).

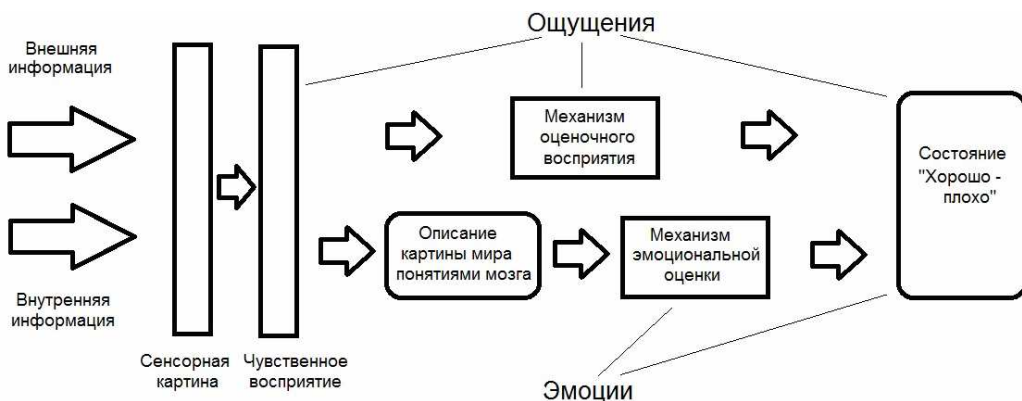


Рис. 3. Формирование поступка (А.Д. Редозубов)

А.Д. Редозубов долгое время занимался изучением механизмов восприятия художественных произведений, математическим анализом явления и построением объясняющей модели. Понимание, что построение адекватной модели требует корректного ответа на вопросы, связанные с природой мышления, был вынужден перейти от использования статистических методов к психологическим теориям и моделям из области искусственного интеллекта. В 2011 году он закончил первую книгу из серии «Цветные эмоции холодного разума». Первая книга называется «Логика эмоций». В ней он сформулировал концепцию, описывающую природу эмоций. Кибернетика пытается моделировать мозг, не имея ни четкой психологической концепции, ни сформировав хоть сколько-нибудь законченного представления об информационных процессах реального мышления. Как мы теперь знаем, все свойства живого организма закодированы в его наборе хромосом, который называется геномом. Каждая хромосома состоит из последовательности генов. То, какие свойства кодируют гены, определяется их типом и местоположением в хромосоме. По убеждению А.Д. Редозубова любовь, красота, гармония, юмор – все это всего лишь, разные проявления одних и тех же принципов. И разгадки их тайн – это не сумма множества разгадок, а понимание одной тайны, тайны эмоций. Если собрать основные идеи, то их окажется не так уж и много. Роль состояния «хорошо – плохо», главный принцип поведения, роль памяти в формировании эмоций, представление о системе проекций коры и обобщениях. Все остальное – анализ неизбежных следствий.

Адекватность представления роботом той или иной эмоции зависит от верности функциональных моделей, воспроизводящих эту эмоцию. Главными из них являются мозг и сознание.

На рисунке 4 представлена одна из возможных структур мозга (Мозг по Анохину). Из рисунка 4 видно, что основным структурным элементом модели мозга является блок «принятие решения». Такой же блок реализуется в работе при управлении его состоянием. Очевидно, моделирование эмоций не является самоцелью, а эмоции служат вспомогательными функциями при принятии решений.

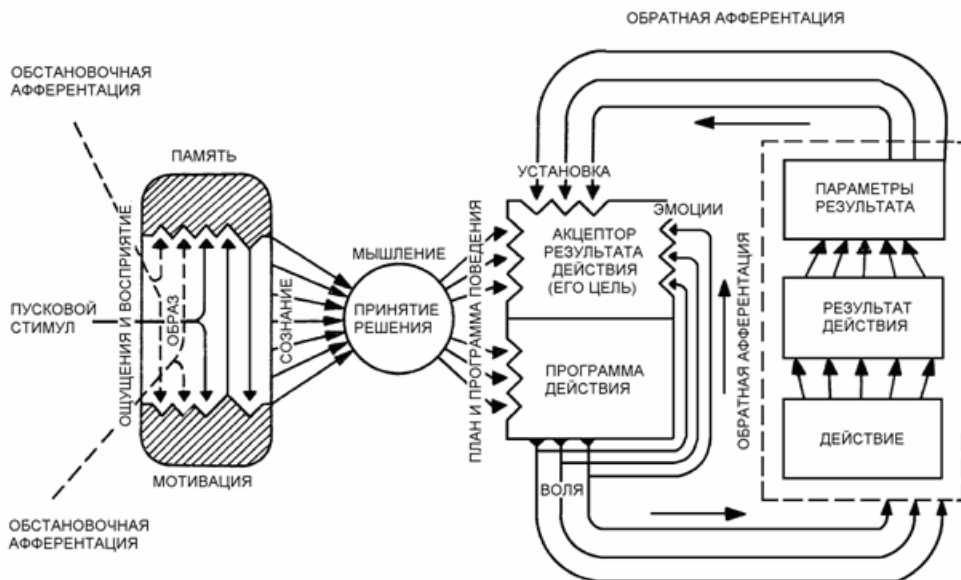


Рис. 4. Мозг по Анохину



Рис. 5. Схема принятия решений

К.В. Анохин — российский нейробиолог, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН. Директор Института перспективных исследований мозга МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией нейробиологии памяти НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина.

В середине 1980х годов К.В. Анохиным были обнаружены гены, активирующиеся в головном мозге при обучении и формировании памяти. Им доказана роль этих генов, принадлежащих к семейству «непосредственных ранних генов», в фиксации разных форм долговременной памяти и устойчивых патологических состояний нервной системы. Выдвинута и

экспериментально обоснована схема молекулярного сигнального пути «непосредственных ранних» – «поздних» генов, лежащего в основе консолидации всех известных форм долговременной памяти. На основе этой модели и функциональных свойств найденных генов разработаны новые методы визуализации и контроля функций нервной системы. С помощью этих методов описаны и исследованы новые фундаментальные феномены памяти: реконсолидация и репарация памяти. Ввел понятие когнитом и предложил гиперсетевую теорию мозга. [26,27]

«Про мозг известно настолько много, что обилие фактов маскирует спрятанные за этим базовые принципы. Маскирует настолько удачно, что многие начинают склоняться к мысли о невероятной сложности не только самой конструкции мозга, но и всех принципов, лежащих в ее основе. Но история познания всегда повторяется, и правильный ответ непременно оказывается неожиданным и простым.

Психология и философия описывают мышление, не объясняя того, как это реализуется мозгом. Они подмечают общие закономерности и строят теории исходя из придуманных ими терминов. Нейрофизиология опирается на опытные данные. Она изучает структуру мозга, свойства нейронов, прослеживает пути распространения сигналов, делает выводы о функциях определенных участков мозга и их взаимодействии. Но она упирается в «предел отслеживания». Начиная с определенного уровня, наблюдение за активностью отдельных нейронов уже не позволяет ничего сказать о происходящих информационных процессах» [23].

Приведем пример лингвистического описания чувства «любовь» Акофф Р., Эмери Ф. в книге «О целеустремленных системах» [19].

А любит В, если 1) А одобрительно относится к В и предан В и 2) удовлетворенность, продуцируемая В в А, не может быть продуцирована никаким иным индивидом.

Одобрение: индивид (А) одобрительно относится к другому индивиду (В), если А убежден, что В способен продуцировать удовлетворение А (т. е. достижение некоторых целей, поставленных А). Одобрение пассивно, в то время как приверженность активна.

Преданность: А предан В, если А относится одобрительно к В и является его приверженцем.

Приверженность: А является приверженцем В, если А не удовлетворен состоянием неудовлетворенности В и удовлетворен состоянием удовлетворенности В.

Удовлетворенность: степень удовлетворенности индивида предметом, событием, их свойством ИЛИ свойствами или состоянием (X) - это степень его стремления продуцировать отсутствие перемен в X. Например, если индивид находится в определенном окружении S и располагает двумя полными классами непересекающихся способов действия (способы одного класса изменяют окружение, а второго нет), а также выполнены другие условия окружения стремления, то вероятность того, что он изберет некоторый способ

действия, не изменяющий S , является степенью его удовлетворенности окружением S . Вероятность того, что он изберет способ действия, изменяющий окружение, является его степенью неудовлетворенности S . Если первая вероятность больше второй, говорят, что он удовлетворен. Если большей является вторая вероятность, он не удовлетворен. Если они равны, он безразличен к ситуации, и можно сказать, что у него нет никаких чувств по отношению к ней.

Из приведенного примера видно, что отсутствие удобного математического затрудняет восприятие и интерпретацию эмоций.

Покажем, что, несмотря на функциональную сложность и нейробиологическую специфику, применение изложенной выше концепции логико-лингвистических функций и базы знаний в виде импликаций, позволяет представить одну из сторон любви - сексуальное наслаждение (наиболее острое из тех, что доступны человеческому существу) как логически обоснованный процесс.

Сексуальное наслаждение в решающей степени основано на осязательных ощущениях, в особенности на систематическом возбуждении особых эпидермических зон, устланных корпускулами Краузе, каковые связаны с нейронами, способными вызвать в гипоталамусе мощный выброс эндорфинов.

Преобразуем вышеизложенное высказывание в форму из импликаций.

Если индивид испытывает любовь (x_1), то индивид стремится к сексуальному наслаждению (x_2).

Если индивид стремится к сексуальному наслаждению (x_2), то у индивида возбуждены особые эпидермические зоны, устланные корпускулами Краузе (x_3).

Если у индивида возбуждены особые эпидермические зоны (x_3), то у индивида возбуждены нейроны, вызывающие в гипоталамусе мощный выброс эндорфинов (x_4).

Если у индивида возбуждены нейроны, вызывающие в гипоталамусе мощный выброс эндорфинов (x_4), то индивид испытывает чувства радости и удовольствия (x_5).

Если индивид испытывает чувства радости и удовольствия (x_5), то организм индивида вырабатывает нейромедиаторы (x_6).

Если организм индивида вырабатывает нейромедиаторы (x_6), то нейромедиаторы осуществляют передачу электрического импульса от нервной клетки через синаптическое пространство между возбужденными нейронами в мышечную ткань (x_7).

Если нейромедиаторы осуществляют передачу электрического импульса в мышечную ткань (x_7), то молекулы медиаторов реагируют со специфическими рецепторными белками клеточной мембраны, иницируя цепь биохимических реакций, вызывающих изменение трансмембранного тока ионов, что приводит к деполяризации мембраны и возникновению потенциала действия (x_8).

Если возникает потенциал действия (x_8), то он вызван чувством любви (x_1).

Круг замкнулся - мы логически пришли от чувства "любовь" к действию. Можно прервать логическую цепь и ограничиться созданной системой, встроив ее в нервную систему робота. Но очевидно, такая система является неполной и неудовлетворительной с прагматической точки зрения. В таком случае, логическую цепочку импликаций можно продолжить, добавив к чувству "любовь", посредством логической связки "или", другие импликации, характеризующие это чувство иными качествами.

Логическая система в форме конечного автомата для этого примера можно представить в виде линейной последовательностной машины (ЛПМ)

Представим цепочку изложенных выше условных предложений в форме логических уравнений:

$$x(t+1) = A \cdot x(t)$$

$$x(t)' = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_8(t)]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Логические переменные $x_1(t+1)$ и $x_8(t)$ служат связующими звеньями с другими логическими переменными, принадлежащими иным логическим системам, дополняющим исходную систему.

Исследование динамики описываемой системы чувства «любовь» выходит за рамки настоящей работы. Поэтому мы ограничиваемся ссылкой на известные публикации [18], в которых можно найти теоретические основы применяемого математического аппарата и примеры, иллюстрирующие особенности поведения подобных логических систем.

Заключение

Создание математического аппарата моделирования чувственного мира роботов актуальная и сложная задача. Один из путей ее решения заключается в том, чтобы опираясь на лингвистические определения эмоций, чувств и их классификацию, накопленную многими поколениями ученых психологов, философов, математиков, кибернетиков, нейробиологов и писателей, создать базу данных в форме логических переменных, принимающих только два значения логического типа «0» либо «1» и содержащих в себе атрибуты вещественного типа, например, вероятность, множество чисел, функционал и

др. Логические переменные с помощью логических связок «И», «ИЛИ» связываются в логические функции, которые в свою очередь, объединяются в базу знаний, представляющую собой набор условных предложений типа импликаций. В результате развита логико-вероятностная теория принятия решений о значениях управляющих воздействий, подаваемых на роботы, при управлении ими в соответствии с заданными критериями качества. Задача сводится к поисковой процедуре нахождения экстремума целевой функции (максимума вероятности логической переменной, при минимуме шагов поиска). Оригинальность состоит в том, что алгоритмы оптимизации представляются в виде конечных автоматов, а затем приводятся к форме линейных последовательностных машин (ЛПМ). Такое приведение к форме ЛПМ позволяет задачи принятия решений для роботов, включая специфику чувственного восприятия, исследовать численными методами путем анализа [1] матриц, определять меры вычислительной и комбинаторной сложности алгоритмов управления.

Примечания

Краузе корпускулы (Krause's corpuscles) – сфероидальные, заключенные в капсулы окончания нервных волокон. Расположены в коже и слизистых оболочках. (Вильгельм Йоханн Фредерик Краузе, немецкий анатом, 1833-1910.) (Источник: Медицинский энциклопедический словарь (Collins). (Янгсон Р.М., 2005)

Гипоталамус (hypothalamus) — отдел промежуточного мозга, которому принадлежит ведущая роль в регуляции многих функций организма, и прежде всего постоянства внутренней среды, гипоталамус является высшим вегетативным центром, осуществляющим сложную интеграцию функций различных внутренних систем и их приспособление к целостной деятельности организма, играет существенную роль в поддержании оптимального уровня обмена веществ и энергии, в терморегуляции, в регуляции деятельности пищеварительной, сердечно-сосудистой, выделительной, дыхательной и эндокринной систем. Под контролем гипоталамус находятся такие железы внутренней секреции, как гипофиз, щитовидная железа, половые железы, поджелудочная железа, надпочечники и др.

Эндорфин — один из гормонов радости и удовольствия. Человеческий организм — настолько тонкий и сложный, что способен даже вырабатывать химические вещества, которые делают нас счастливыми. Такими веществами, нейромедиаторами, являются дофамин, серотонин и гормон эндорфин, которые естественным путём вырабатываются в нейронах головного мозга и обладают способностью уменьшать боль, и влиять на эмоциональное состояние. Эндорфины образуются из вырабатываемого гипофизом вещества — бета-липотрофина (beta-lipotrophin); считается, что они контролируют деятельность эндокринных желез в организме человека. Высокие количества эндорфинов могут привести человека в состояние эйфории, из-за чего их ошибочно называют «гормонами счастья» или «гормонами радости», хотя на самом деле эйфория вызывается гораздо более сложными процессами и взаимодействием нескольких нейромедиаторов, из которых эндорфины не самые важные.

Гипофиз — мозговой придаток в форме округлого образования, расположенного на нижней поверхности головного мозга в костном кармане, называемом турецким седлом, вырабатывает гормоны, влияющие на рост, обмен веществ и репродуктивную функцию. Является центральным органом эндокринной системы; тесно связан и взаимодействует с гипоталамусом.

Нейромедиаторы — биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача электрического импульса от нервной клетки через синаптическое пространство между нейронами, а также, например, от нейронов к мышечной

ткани. Нервный импульс, поступающий в пресинаптическое окончание, вызывает освобождение в синаптическую щель медиатора. Молекулы медиаторов реагируют со специфическими рецепторными белками клеточной мембраны, инициируя цепь биохимических реакций, вызывающих изменение трансмембранного тока ионов, что приводит к деполяризации мембраны и возникновению потенциала действия.

Список литературы

1. В Испании создали "сентиментального" робота с 14-ю эмоциями [Электронный ресурс]: https://www.newsru.com/hitech/17Mar2014/aisoy_emotion.html
2. Компания Rethink Robotics представила симпатичного промышленного робота [Электронный ресурс]: Sawyer <https://www.newsru.com/hitech/24Mar2015/sawyer.html>
3. В Нагасаки летом откроется первый в мире отель, где гостей будут обслуживать японки-роботы [Электронный ресурс]: https://www.newsru.com/hitech/10Feb2015/hennna_hotel.html
4. Японцы нацелились на создание "мозга" для роботов следующего поколения, способных к осмысленному взаимодействию с людьми [Электронный ресурс]: <https://dailytechinfo.org/infotech/6067-yaponcy-nacelilis-na-sozdanie-mozga-dlya-robotov-sleduyuschego-pokoleniya-sposobnyh-k-osmyslennomu-vzaimodeystviyu-s-lyudmi.html>
5. Роботы смогут заниматься сексом для самовоспроизводства уже через 20-30 лет, прогнозируют эксперты [Электронный ресурс]: <https://www.newsru.com/hitech/24Jan2014/roboreproduce.html>
6. Американским военным роботам "прошьют" нормы морали, чтобы они не были убийцами типа Терминатора [Электронный ресурс]: <https://www.newsru.com/hitech/15May2014/robocodex.html>
7. Городецкий А.Е., Тарасова И.Л. Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 336 с.
8. Городецкий А.Е., Дубаренко В.В., Ерофеев А.А. Алгебраический подход к решению задач логического управления // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 2. – С. 127-138.
9. Дубаренко В.В., Курбанов В.Г. Метод приведения систем логических уравнений к форме линейных последовательностных машин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – Т. 7, № 4. – С. 37-41.
10. Городецкий А.Е., Тарасова И.Л. Алгебраические методы получения и преобразования изображений при технической диагностике сложных систем в условиях неполной определенности (часть 1) // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 5. – С. 10-14.
11. Городецкий А.Е., Тарасова И.Л. Алгебраические методы получения и преобразования изображений при технической диагностике сложных систем в условиях неполной определенности (часть 2) // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 6. – С. 22-25.

12. Городецкий А.Е. Основы теории интеллектуальных систем управления // Монография. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 314 с.
13. Gorodetsky A.E. Fuzzy Decision Making in Design on the Basis of the Habituality Situation Application // Fuzzy Systems Design. Social and Engineering Applications/ Leonid Reznik, Vladimir Dimitrov, Janusz Kacprzyk – Editors. Physica-Verlag. A Springer-Verlag Company. New York, 1998. – P.63-73.
14. Дубаренко В.В., Курбанов В.Г., Кучмин А. Ю. Об одном методе вычисления вероятностей логических функций // Информационно-управляющие системы. – 2010. – № 5. – С. 2-7.
15. Гилл Артур. Линейные последовательностные машины: Анализ, синтез и применение / Пер. с англ. А. С. Бернштейна; Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1974. – 287 с.
16. Mealy George H.A Method to Synthesizing Sequential Circuits. Bell Systems Technical Journal. P.1045-1079.
17. Roth Charles H., Jr. Fundamentals of Logic Design. Thomson-Engineering. – P. 364-367.
18. Оптимизация динамики систем при управлении в нестационарных условиях: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 220201 "Управление и информатика в технических системах" / В.В. Дубаренко, А.С. Коновалов, А.Ю. Кучмин. – Санкт-Петербург: ГУАП, 2008. – 95 с.
19. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. Пер с англ. Под ред. И.А. Ушакова. – М.: «Сов. радио», 1974. – 272 с. – On Purposeful Systems by Russell Lincoln Ackoff Fred E. Emery (1972-01-01) Hardcover.
20. Симонов. П.В. Теория отражения и психофизиология эмоций. – М.: Наука, 1970. – 144 с.
21. Gödel Kurt. On Formally Undecidable Propositions of the Principia Mathematica and Related Systems. I. – 1931 // Davis, Martin (ed.). The Undecidable: Basic Papers On Undecidable Propositions, Unsolvable Problems And Computable Functions. – New York: Raven Press, 1965. – P. 6-8.
22. Психологический энциклопедический словарь: справочное издание / М.И. Еникеев. – М.: Проспект, 2012. – 558 с.
23. Алексей Редозубов. Цветные эмоции холодного разума. Книга первая. Логика эмоций. [Электронный ресурс]: https://bookap.info/book/redozubov_tsvetnye_emotsii_holodnogo_razuma_kniga_pervaya_logika_emotsiy/
24. Колесо эмоций Роберта Плутчика https://artterra.club/wp-content/uploads/2017/11/212886_900.jpg
25. Жданов А.А. "Автономный искусственный интеллект". – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – Изд. 2-е. – 359 с.
26. Анохин К.В., Саидов Х.М. Новые подходы в когнитивной нейробиологии: методы молекулярного маркирования и ex vivo визуализации когнитивно

- активных нейронов // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова, издательство. Т. 67, № 3. С. 259-272.
27. Academia / Константин Анохин. "Мозг и разум". 1-я лекция. 17 окт. 2014г. [Электронный ресурс]: https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156199/video_id/156199/
 28. Academia / Константин Анохин. "Мозг и разум". 2-я лекция ...25.04.15. [Электронный ресурс]: https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156648/video_id/156648/
 29. Константин Анохин - Мозг и разум: две сети 23.03.18. [Электронный ресурс]: <https://www.youtube.com/watch?v=yptSywg8cIE>
 30. Лекция К.Анохина "Сознание и мозг: последний рубеж науки" 24.01.19. [Электронный ресурс]: https://www.youtube.com/watch?v=rFR8bJ_tSuc

References

1. In Spain, they created a "sentimental" robot with 14 emotions [Electronic resource]: https://www.newsru.com/hitech/17Mar2014/aisoy_emotion.html
2. Rethink Robotics company introduced a cute industrial robot Sawyer [Electronic resource]: <https://www.newsru.com/hitech/24Mar2015/sawyer.html>
3. In Nagasaki, the first hotel in the world will open in the summer, where guests will be served by Japanese robots [Electronic resource]: https://www.newsru.com/hitech/10Feb2015/hennna_hotel.html
4. The Japanese aimed to create a "brain" for the next generation of robots capable of meaningful interaction with people [Electronic resource]: <https://dailytechinfo.org/infotech/6067-yaponcy-nacelilis-na-sozdanie-mozga-dlya-robotov-sleduyuschego-pokoleniya-sposobnyh-k-osmyslennomu-vzaimodeystviyu-s-lyudmi.html>
5. Robots will be able to have sex for self-reproduction in 20-30 years, experts predict [Electronic resource]: <https://www.newsru.com/hitech/24Jan2014/roboreproduce.html>
6. American military robots will be "stitched" with moral norms so that they are not Terminator-type killers [Electronic resource]: <https://www.newsru.com/hitech/15May2014/robocodex.html>
7. Gorodetsky A.E., Tarasova I.L. Fuzzy mathematical modeling of poorly formalized processes and systems. – SPb.: Publ. house of Polytechnic un-ty, 2010. – 336 p.
8. Gorodetsky A.E., Dubarenco, V.V., Erofeev A.A. Algebraic approach to solving problems logic control // Automation and telemechanics. – 2000. – No. 2. – P. 127-138.
9. Dubarenco V.V., Kurbanov V.G. the Method of reduction of systems of logical equations to the form of linear posledovatelnosti machines // Information-measuring and control system. – 2009. – Vol. 7, No. 4. – P. 37-41.
10. Gorodetsky A.E., Tarasova I.L. Algebraic methods for obtaining and converting images in the technical diagnostics of complex systems in

- conditions of incomplete certainty (Part 1) // Information and control systems. – 2008. – № 5. – P. 10-14.
11. Gorodetsky A.E., Tarasova I.L. Algebraic methods for obtaining and converting images in the technical diagnostics of complex systems under conditions of incomplete certainty (Part 11) // Information and control systems. – 2008. – № 6. – P. 22-25.
 12. Gorodetsky A. E. Fundamentals of the theory of intelligent control systems. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 314 p.
 13. Gorodetsky A.E. Fuzzy Decision Making in Design on the Basis of the Habituality Situation Application // Fuzzy Systems Design. Social and Engineering Applications/ Leonid Reznik, Vladimir Dimitrov, Janusz Kacprzyk – Editors. Physica-Verlag. A Springer-Verlag Company. New York, 1998. – P.63-73.
 14. Dubarenko V.V., Kurbanov V.G., Kuchmin A.Yu. On one method for calculating the probabilities of logical functions // Information and Control Systems. – 2010. – № 5. – P. 2-7.
 15. Gill Arthur. Linear sequential machines: Analysis, synthesis and application / Trans. from the English by A.S. Bernstein; Edited by Ya.Z. Tsytkin. – M.: Science, 1974. – 287 p.
 16. Mealy George H.A Method to Synthesizing Sequential Circuits. Bell Systems Technical Journal. P.1045-1079.
 17. Roth Charles H., Jr. Fundamentals of Logic Design. Thomson-Engineering. – P. 364-367.
 18. Optimization of the dynamics of systems in management in non-stationary conditions : a textbook for students of higher educational institutions studying in the specialty 220201 "Management and Informatics in technical systems" / V.V. Dubarenko, A.S. Konovalov, A.Yu. Kuchmin. – Saint-Petersburg: SUAI, 2008. – 95 p.
 19. Akoff R., Emery F. About purposeful systems. Translated from English. Edited by I.A. Ushakov. – M.: "Sov. radio", 1974. – 272 p. On Purposeful Systems by Russell Lincoln Ackoff Fred E. Emery (1972-01-01) Hardcover
 20. Simonov P.V. Theory of reflection and psychophysiology of emotions. – M.: Science, 1970. – 144 p.
 21. Gödel Kurt. On Formally Undecidable Propositions of the Principia Mathematica and Related Systems. I. – 1931 // Davis, Martin (ed.). The Undecidable: Basic Papers On Undecidable Propositions, Unsolvable Problems And Computable Functions. – New York: Raven Press, 1965. – P. 6-8.
 22. Psychological encyclopedia: reference edition / M.I. Enikeev. – M.: Prospect, 2012. – 558 p.
 23. Alexey Redozubov " Color emotions of the cold mind. The book first. The logic of emotions [Electronic resource]: https://bookap.info/book/redozubov_tsvetnye_emotsii_holodnogo_razuma_kniga_pervaya_logika_emotsiy/

24. Robert Plutchik's Wheel of Emotions [Electronic resource]: https://artterra.club/wp-content/uploads/2017/11/212886_900.jpg
25. Zhdanov A.A. Autonomous artificial intelligence. – M.: Binom. Laboratory of Knowledge, 2009. – Ed. 2-e. – 359 p.
26. Anokhin K.V., Saidov H.M. New approaches in cognitive neurobiology: methods of molecular marking and ex vivo visualization of cognitively active neurons // Journal of Higher nervous Activity named after I.P. Pavlov. – Vol. 67, No. 3. – P. 259-272
27. Academia / Konstantin Anokhin. "Brain and mind". 1st lecture ... October 17, 2014 [Electronic resource]: https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156199/video_id/156199/
28. Academia / Konstantin Anokhin. "Brain and mind". 2nd lecture ... 25.04.15 [Electronic resource]: https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156648/video_id/156648/
29. Konstantin Anokhin-Brain and Mind: Two Networks 23.03.18 [Electronic resource]: <https://www.youtube.com/watch?v=yptSywg8cIE>
30. Lecture by K. Anokhin "Consciousness and the brain: the last frontier of science" 24.01.19 [Electronic resource]: https://www.youtube.com/watch?v=rFR8BJ_tSuc

| | |
|--|--|
| <p>Дубаренко Владимир Васильевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории интеллектуальных электромеханических систем (ЛИЭМС), профессор кафедры «Управление и информатика в технических системах», Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), vladimir.dubarenko@gmail.com</p> | <p>Dubarenko Vladimir Vasilyevich – doctor of technical sciences, chief researcher of the Laboratory of Intelligent Electromechanical Systems, Professor of the Department "Management and Informatics in Technical Systems" of St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), vladimir.dubarenko@gmail.com</p> |
| <p>Кучмин Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных электромеханических систем</p> | <p>Kuchmin Andrey Yurievich – candidate of technical science, associate professor, leading researcher of the Laboratory of Intelligent Electromechanical Systems</p> |
| <p>Корнюшин Андрей Матвеевич – аспирант</p> | <p>Kornyushin Andrey Matveyevich – postgraduate student</p> |
| <p>Институт проблем машиноведения Российской академии наук, г.Санкт-Петербург, Россия</p> | <p>Institute for Problems in Mechanical Engineering of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia</p> |

Received 03.02.2021