

М.В. МАКАРОВ, И.С. ТИТКИН,  
А.В. МИРОНОВ

**Функционирование системы  
интеллектуальной обработки  
информации в условиях изменения  
общего правила преобразования  
входных данных**

УДК 004.89

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г. Муром

*В статье предложен авторский метод инкорпорации дополнительного потока информации в техническую систему интеллектуальной обработки данных. Разработана и реализована на практике методология экспериментального исследования, направленного на теоретическое обоснование и практическое подтверждение эффективности применения данной идеи для повышения адаптационных способностей рассматриваемых объектов в условиях изменения общего правила преобразования входных данных.*

### **Введение**

Переход к инновационным технологиям организации вычислительного процесса внутри технических систем интеллектуальной обработки информации (СИОИ), невозможен без устранения ограничений, в условиях которых сегодня существует отрасль программно-аппаратной реализации искусственного интеллекта (ИИ).

В первую очередь, в качестве такого сдерживающего фактора можно рассматривать то обстоятельство, что процесс принятия решения, внутри обозначенных систем, по-прежнему существует в алгоритмической форме, сводящейся к использованию комбинаторных методов. По этой причине процесс функционирования системы носит детерминированный характер на

каждом этапе, что не позволяет инкорпорировать в него когнитивные функции важные для автономного исследования среды существования и принятия решения в условиях изменяющейся объективности [1, 3, 4].

Если обратится к мозгу человека как к идеальной модели организации процесса преобразования информации и принятия решения с возможностью выполнения когнитивных операций, то одним из принципиальных отличий данного биологического инструмента познания от средств вычислительной техники является факт ориентации на синтез решения [2]. Очевидно, что данное различие является ключевым препятствием для возникновения квази-когнитивных механизмов у СИОИ.

Таким образом, неминуемым этапом при модернизации средств ИИ является проведения исследований, направленных на формализацию новых фундаментальных закономерностей, необходимых для реализации квази-когнитивных функций, направляющих СИОИ на адаптацию своего поведения в процессе функционирования при условии влияния внутренних факторов и внешней среды [5-10].

### **Методы и подходы**

Взаимодействие системы с физическим миром (Рис. 1) представлено двумя вариантами, где система выступает в качестве объекта и субъекта воздействия. Первый случай обусловлен нацеленностью системы на решение поставленной прикладной задачи и для этого требуется получение от внешнего источника некоей информации для её последующей обработки. Назовем факт получения информации воздействием на систему, побуждающим её на операционное функционирование. В другом случае система сама воздействует на элементы окружающего её мира на основе результата обработки полученной информации. В существующей парадигме построения СИОИ каждый из этих двух вариантов взаимодействия формализуется с использованием количественных параметров, называемых входными и выходными данными соответственно. Одновременно с этим, явление каждого из воздействий носит характер физического изменения окружающего мира и влияние, оказываемое как на систему, так и в обратном

направлении является частью объективной реальности. Предполагается, что факт исключения физического измерения из процесса формализации воздействия и является причиной невозможности проявления когнитивных свойств внутри СИОИ, которые бы способствовали отказоустойчивому функционированию системы при потенциальном изменении общего правила преобразования информации.

Исходя из вышеизложенного, сформулируем первый принцип концепции, касающийся синтезируемого системой решения как результата её операционного функционирования: «Выходные данные определяют воздействие системы на внешнюю среду, но не являются решением, так как не обладает знанием о данном воздействии».

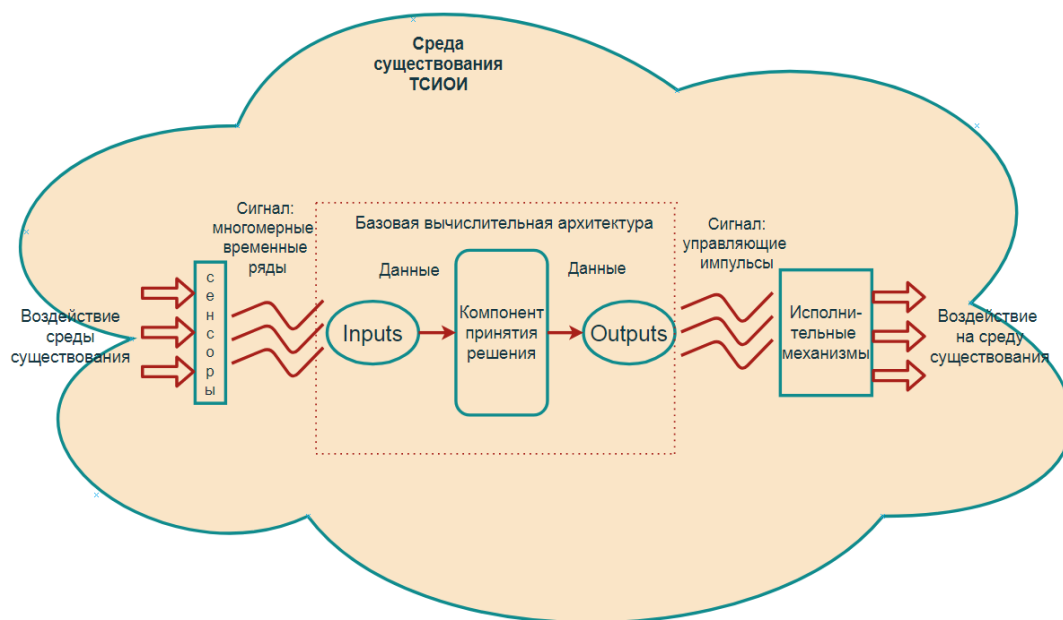


Рисунок 1 - Иллюстрация структуры СИОИ в составе среды её существования

Теперь введем понятие внешней среды существования СИОИ. Под ним будем понимать некую часть действительности, в рамках которой происходит физическое взаимодействие системы с решаемой ею прикладной задачей. Например, для мобильной робототехнической системы внешней средой существования является совокупность пространства, в котором она перемещается; ограничений, накладываемых на процесс её существование и проявления активностей, а также технические каналы передачи

информации в обоих возможных направлениях. Внешняя среда существования оказывает воздействие на систему и в классическом варианте вычислительного устройства эквивалентом данного воздействия является вектор входных данных. Однако при заданных условиях, требующих от системы отказоустойчивое функционирование при изменении общего правила преобразования информации формализация входного воздействия в виде количественных параметров недостаточно. Воздействие не получает исчерпывающее описание используемым аппаратом абстракции через количественные параметры по причине разнородности элементов воздействия в физическом смысле. Предполагается, что воздействие внешней среды на систему и системы на внешнюю среду можно выразить в терминах состояния равновесия, а выработанное решение является инструментом для установления этого состояния равновесия.

Результатом обобщения представленных теоретических сведений будет второй принцип концепции: «Для обладания знаниями о воздействиях системы на внешнюю среду требуется установление ассоциативной связи когнитивного агента с внешней средой его существования, формирующий внутри системы опыт решения локальных задач, не входящих в генеральную совокупность задач, существующих в среде объекта в данный момент времени».

Реализация предыдущих принципов требует применения особого инструмента для организации процесса когнитивной деятельности. Для этой цели предлагается идея инкорпорации в состав системы двойственности информации. В основу данного принципа заложена идея о пересечении двух фундаментальных классов информации, взаимовлияющих друг на друга, но не меняющих общую структуру. К первому классу относится количественная информация в цифровой форме, на основе которой система должна выполнить действие, заложенное программным путем. Вторым класс информации – качественные характеристики типов воздействия системы на внешнюю среду, порождающие противоречие внутри системы и развивающий её когнитивную деятельность. Предполагается, что двойственность информации внутри системы и будет выступать в роли новой когнитивной семантики, обеспечивающей требуемый эффект, который позволит

организовывать процесс комбинирования эвристических решений с переносом известных операций, изначально выработанных в других условиях, но применяемых для достижения текущих целей.

В таком случае, третий принцип может быть представлен следующим образом: «В основе синтеза решений лежит двойственность информации внутри системы: разделение информационного потока на два класса, существование этих классов и их пересечение».

Как было определено ранее, поступающая для обработки входная информация представлена исключительно количественными параметрами характеристик анализируемого объекта и существует в разрыве от некой интегративной сущности (систематизирующей данный объект формы, определяющей его как часть действительности). Так система автоматизированного

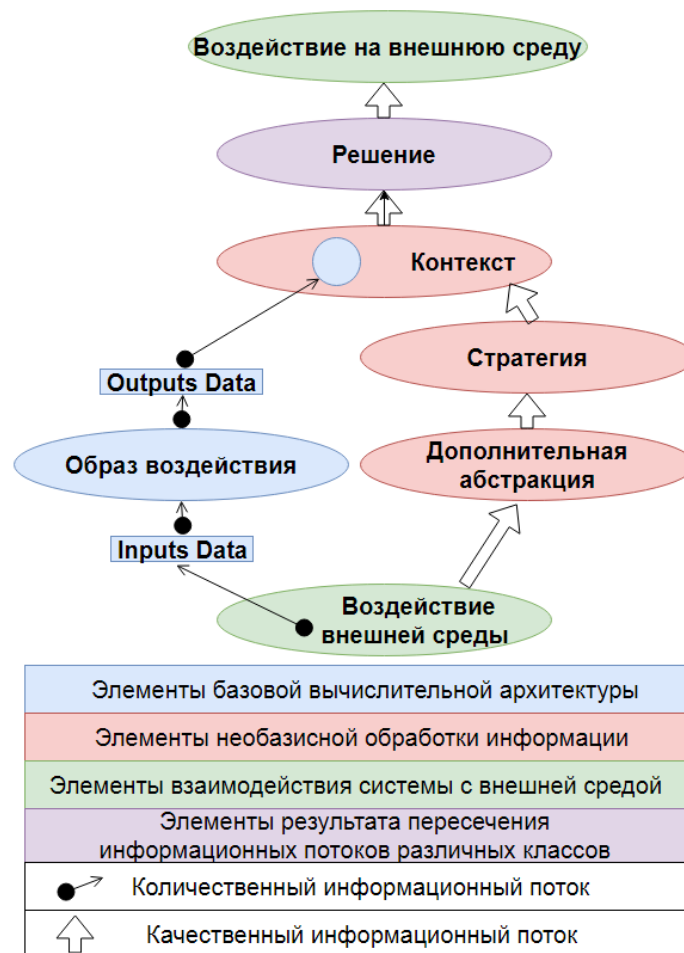


Рисунок 2 - Иллюстрация концепции синтеза решения внутри СИОИ

распознавания лиц функционирует на основе биометрических данных, однако мы узнаем другого человека без точного знания этих характеристик, а используем в связи с общей картиной порождающей ассоциативные явления в нервной системе. Следовательно, можно предположить, что существует некая интегративная сущность каждого объекта, которая скрывает в себе дополнительные сведения, которые можно использовать для интеллектуализации СИОИ. В свою очередь, заявленная ранее стратегия поведения системы, тесно связана с анализом данной интегративной сущности.

Таким образом, источником появления дополнительного класса информации является дополнительная абстракция воздействия внешней среды на систему: «Стратегия формируется внутри системы на основе дополнительной абстракции воздействия внешней среды, которая инициирует разделения потока информации на два класса, которые можно определить как количественный и качественный.

Для решения сформулированной научной проблемы была предложена концепция синтеза решения внутри СИОИ (Рис. 2), которая базируется на четырех, изложенных далее принципах.

#### Описание экспериментального исследования

В качестве объекта экспериментального исследования была использована компьютерная модель компонента распознавания образа и принятия решения в составе абстрактной технической СИОИ. Предполагается, что существует некая часть действительности (анализируемый объект), состояния которого являются источником образов для данной системы. В результате идентификации текущего образа компонент должен выработать одно из доступных решений по ответному воздействию системы на элементы внешней среды. Каждый образ имеет строгую геометрическую интерпретацию, то есть характеризуется принадлежностью к какой-либо двумерной фигуре. Для его восприятия производится измерение ряда параметров, которые, как предполагается, достаточны для отнесения образа к одному из возможных состояний анализируемого объекта. Результаты измерений поступают в систему как вектор входных данных  $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ , где  $x_1$  – высота объекта,  $x_2$  – ширина объекта,  $x_3$  – площадь объекта,  $x_4$  – периметр объекта,  $x_5$  – диаметр вписанной в объект окружности,  $x_6$  – диаметр описанной окружности.

Компонент распознавания образа выполняет преобразование полученной информации об измерениях и принимает решение относительно состояния наблюдаемого объекта. Это решение формирует ответное воздействие всей системы на внешнюю среду. Принятое решение будет представлять собой бинарный вектор  $Y=\{y_1, y_2, y_3\}$ , где  $y_1$  – индикатор типа образа базового состояния объекта,  $y_2$  – индикатор образа частного случая базового состояния объекта,  $y_3$  – индикатор образа любого аномального состояния объекта.

В качестве обучающей выборки использовался тренировочный набор, содержащий 5000 примеров. В состав выборки были включены примеры количественных значений геометрических параметров 4 типов образов базовых состояний объекта (прямоугольник, дельтоид, трапеция, эллипс), 4 типов образов частных случаев базовых состояний объекта (квадрат, ромб, прямоугольная трапеция, круг), различных типов образов аномальных состояний объекта (множество разновидностей многоугольников), а также соответствующий им набор целевых значений выходного вектора  $Y=\{y_1, y_2, y_3\}$ .

В MATLAB была разработана модель базовой вычислительной архитектуры для исследуемого компонента распознавания образа и принятия решения. Модель представляет собой искусственную нейронную сеть (ИНС), которая с высокой степенью качества способна выполнять аппроксимацию заданной функции. Это трехслойная полносвязная сеть прямого распространения с 55 нейронами в первом слое, 18 – во втором и 3 выходными нейронами. Функция активации первого и второго слоев – тангенциальная, третьего слоя – пороговая. Для обучения использовался алгоритм Левенберга-Марквардта с регуляризацией по Байесу (функция TRAINBR в MATLAB). Обучение проводилось до получения максимального качества преобразования информации, которое позволило получить вероятность верного распознавания образа 0.97 на 100 тестовых примерах.

Экспериментальное исследование состояло из нескольких этапов. На первом из них базовая нейросетевая вычислительная архитектура подверглась изменению общего правила преобразования информации. В качестве фактора такого изменения

использовалось замещение каждого из четырех основных образов на близкий к изначальному, но не соответствующий ему полностью. Такое воздействие существенно повлияло на вероятность верного распознавания образа, которая снизилась до 0.21 на 100 тестовых примерах.

После этого была произведена инкорпорация механизмов синтеза решения, на основе предложенных принципов. Так как предлагаемое исследование в первую очередь было нацелено на получение результатов, демонстрирующих тенденцию, доказывающую проявление моделируемой системой адапционных способностей, то реализация принципов синтеза решения в условиях эксперимента была выполнена программным путем, опираясь на классические методы обработки информации. Создание механизмов появления, существования и пересечения двух различных информационных потоков внутри небазисной части заключалось в представлении аналоговых аспектов данных явлений через дискретное представление.

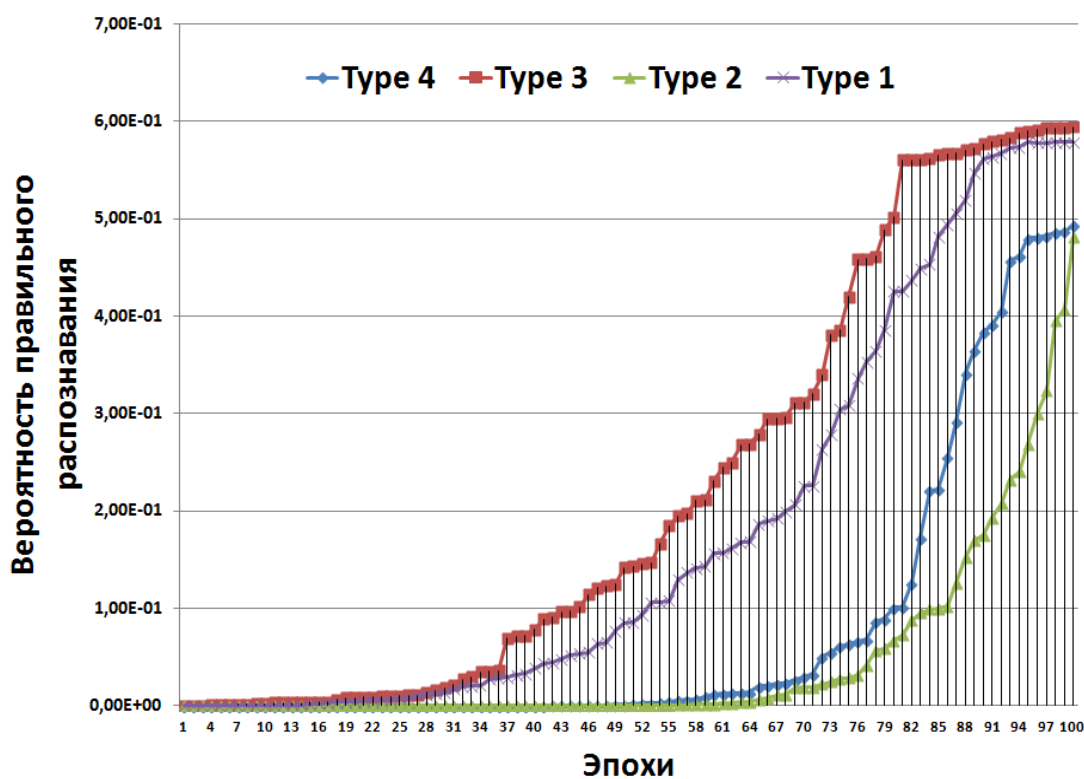


Рисунок 3 - Результаты экспериментального исследования



Для получения отклика ИНС на внесенные изменения был произведен цикл распознаваний образов, состоящий из 100 эпох. Каждая итерация содержала 100 примеров, включающих различные по геометрическим параметрам измененные образы всех четырех основных состояний. На рис. 3 представлены количественные значения результатов эксперимента.

Из представленных на Рис. 3 результатов экспериментального исследования мы можем увидеть, что в результате инкорпорации механизмов синтеза решения модель исследуемой системы проявила свои адаптационные способности и на протяжении 100 эпох повышала вероятность правильного распознавания входного образа. Увеличение количества эпох более 100 не способствовало значительному изменению анализируемого показателя. Исходя из этого, можно сделать вывод, что в процессе функционирования система продемонстрировала стремление к адаптации к измененному общему правилу преобразования информации. Однако стоит отметить, что максимальные вероятности (в интервале 0.59 – 0.61 для трапеции; 0.57 – 0.58 для прямоугольника; 0.49 – 0.51 для эллипса и 0.48 – 0.49 для дельтоида) не достигли достаточных значений для утверждения, что достигнута полная отказоустойчивость системы.

### **Заключение**

На основе полученных в ходе экспериментального исследования результатов был сделан вывод, что существует возможность формирования в системе новых квази-когнитивных информационных единиц, которые могут использоваться как основа для двойственности информационных потоков внутри технических СИОИ. Однако стоит заметить, что в данной работе использовались искусственные когнитивные семантики для существования и пересечения различных классов информации. Для реализации таких процессов на реальных технических объектах требуется разработка естественных (в том числе природных для качественного класса информации) когнитивных семантик [11].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00951.

## Литература

1. Минский М., Вычисления и автоматы. – М.: Мир, 1971.
2. Швырков В.Б., Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. – М.: Наука, 1978.
3. Макаров М.В., Анализ отказоустойчивости при обеспечении информационной безопасности систем обработки информации с параллельной архитектурой // Информация и безопасность. 2016. №4 (т.19). С. 563-566.
4. Данилин С.Н., Макаров М.В., Щаников С.А. Комплексный показатель качества работы нейронных сетей // Информационные технологии. 2013. №5. С. 57–59.
5. Данилин С.Н., Макаров М.В., Щаников С.А. Алгоритм определения обобщающей способности искусственных нейронных сетей // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2014. № 16. С. 74-78.
6. Danilin S.N., Shchanikov S.A., Panteleev S.V. Determining Operation Tolerances Of Memristor-Based Artificial Neural Networks // Proceedings - 2016 International Conference on Engineering and Telecommunication, EnT. 9. 2016. С. 34-38.
7. Danilin S.N., Shchanikov S.A. Neural Network Control Over Operation Accuracy Of Memristor-Based Hardware // Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS. 2015. С. 7414916.
8. Danilin S.N., Shchanikov S.A. The Research Of Operation Accuracy Of A Memristor-Based Artificial Neural Network With An Input Signal Containing Noise And Pulse Interference // 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics. 2016. С. 7818997.
9. Данилин С.Н., Щаников С.А., Пантелеев С.В. Проектирование обучаемых структур инфокоммуникационных систем с заданной точностью функционирования // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2015). Материалы докладов 25-ой Международной Крымской конференции. В 2-х томах. 2015. С. 305-306.
10. Danilin S.N., Makarov M.V., Shchanikov S.A. The Development Of A Neuronetwork Component For Technical Systems Of Mechanical Engineering // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS. 2014. С. 6986874.
11. Галушкин А.И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // Информационные технологии. 2014. №4. С. 2-19.

**МАКАРОВ МИХАИЛ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**, К.Т.Н.,  
ДОЦЕНТ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ И ПРИКЛАДНОЙ  
МАТЕМАТИКИ,  
NAUKA-MUROM@YANDEX.RU

**ТИТКИН ИВАН СЕРГЕЕВИЧ**,  
СТУДЕНТ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ И ПРИКЛАДНОЙ  
МАТЕМАТИКИ,  
ANTONAK96@MAIL.RU

**МИРОНОВ АЛЕКСАНДР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**,  
СТУДЕНТ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ И ПРИКЛАДНОЙ  
МАТЕМАТИКИ,  
ANTONAK96@MAIL.RU