

Когнитивный подход к созданию интеллектуальных модулей организационно-технических систем

Целью исследования являются интеллектуальные модули организационно-технических систем (ОТС) для решения задач целенаправленного поведения, учитывающие особенности управления объектом в быстроменяющейся внешней среде. В широко используемой компьютерной парадигме заложены символичные представления информации и их обработка с помощью алгоритмических, ориентированных на логику и комбинаторику процедур. Данный компьютерный подход при решении некоторых интеллектуальных задач уступает человеку. Одним из применяемых подходов к исследованию сложных задач может быть использование какой-то более простой модельной задачи. Для таких моделей в статье исследуется возможность применения когнитивного подхода, который можно использовать в интеллектуальных модулях ОТС для решения задач целенаправленного поведения.

Для решения задач целенаправленного поведения, учитывающих особенности управления объектом в быстроменяющейся внешней среде, используется когнитивный подход к кибернетическим системам, которые могут использоваться в качестве интеллектуальных модулей ОТС. Автором был дополнительно рассмотрен кибернетический подход к эволюции и использование простой модели системы с целенаправленным поведением. Когнитивный подход включает множество проблем. Решение этих проблем связано с использованием методов, учитывающих когнитивные механизмы человека при восприятии окружающего мира, мышлении, познании новых ситуаций, объяснении и понимании. Для системы с простой моделью рассматриваются вопросы категоризации, роль и место гештальта, формирование значений признаков, как важного элемента когнитивной

семантики. В ходе дальнейших исследований необходимо должно внимание уделять знаниям кибернетической системы, подходам к их представлению, способам хранения и обработки, методам интерпретации и создания новых знаний.

Автором предлагается структура кибернетической системы с простой моделью поведения. Эта система способна решать относительно несложные задачи целенаправленного поведения. При добавлении модулей, обеспечивающих распознавание примитивных изображений (геометрические фигуры, объекты), распознавания речи и формирования голосовых сообщений, кибернетическая система способна формировать новые признаки о внешнем мире. Используя такие признаки и новые управляющие воздействия, робот может строить более сложные взаимодействия с действительностью. В новой системе (роботе КСЮХА), для дальнейшего использования, могут быть выделены отдельные категории (зачатки категорий), которые станут прототипом категорий для будущих и далеких по эволюционной лестнице потомков этой кибернетической системы (робота).

Применение рассмотренных подходов позволит подойти к решению задач формирования категорий, а в дальнейшем и базовых категорий, для использования когнитивных механизмов мышления человека. Данные механизмы смогут применяться в кибернетических системах для решения задач целенаправленного поведения.

Ключевые слова: когнитивный подход, категории, когнитивная семантика, интеллектуальные модули, целенаправленное поведение, робот.

Vasily M. Trembach

Moscow Aviation Institute (National Research University), «MAI», Moscow, Russia

Cognitive approach to developing the intelligent modules of organizational and technical systems

The aim of the study is intelligent modules of organizational-technical systems (OTS) for solving the task of purposeful behavior taking into account features to operate the object in a rapidly changing external environment. A widely used computing paradigm contains inherent symbolic submissions of information and their processing with algorithms focused on the logic and combinatorics of procedures. This computer approach in solving some intellectual tasks is inferior to the man. One of the approaches to study complex tasks can be the use of a simpler model task. For such models, the article investigates the possibility of using the cognitive approach that can be used in the intelligent modules of OTS for solving tasks of purposeful behavior. In order to solve the task of purposeful behavior taking into account features to operate the object in a rapidly changing external environment a cognitive approach to cybernetic systems as intelligent modules of OTS can be used. The author considered the cybernetic approach to the evolution and use of simple model systems with purposeful behavior. A cognitive approach includes plenty of problems. The solution of these problems is connected with the methods, taking into account cognitive aspects referring to processes of perception, thinking, knowledge, explanations and understanding. In a system with a simple model the issues of categorization, the role and place of the Gestalt, the formation of the characteristic values as an important element of cognitive semantics are considered. In further studies it is

necessary to pay due attention to the knowledge of cybernetic systems, their submissions, storage, processing, interpretation and production of new knowledge.

As a result of the research, the structure of a cybernetic system with a simple model of behavior is proposed. This system is able to solve relatively simple tasks of purposeful behavior. When adding modules, providing recognition of primitive images (geometrical shapes, objects), speech recognition and the formation of voice messages, the cybernetic system is capable to form new signs about the outside world. Using such signs and new controlling actions, the robot can build a more complex interaction with reality. A new system (the robot KSUKHA) allows considering separate categories (the beginnings of the categories) for the further use. Separate categories can become the prototype categories for the future and distant descendants of this cybernetic system (robot) in this evolutionary tree.

Application of the considered approach will allow us to come to the solution of tasks of forming categories, and in future to form basic categories to use cognitive mechanisms of human thinking. These mechanisms can be applied in cybernetic systems for solving the tasks of purposeful behavior.

Keywords: cognitive approach, category, cognitive semantics, intelligent modules, purposeful behavior, robot.

Введение

Расширение областей применения электронных систем требует использования новых технологий типа Индустрия 4.0. Данные технологии актуальны для развития систем целенаправленного поведения, учитывающих особенности управления объектом в быстроменяющейся внешней среде. Примерами таких систем могут служить интеллектуальные обучающие системы, интеллектуальные модули организационно-технических систем (ОТС), автономные объекты различного назначения. Особенность данных систем состоит в возможности решать задачи на основе новых интеллектуальных технологий. Первые шаги в использовании интеллектуальных технологий связаны с формированием и применением ведущей парадигмы ИИ, которую можно назвать компьютерной парадигмой [1].

В основу компьютерной парадигмы были заложены символичные представления информации и их обработка с помощью алгоритмических логикокомбинаторных процедур [1,2,3,4]. Расширение области практических интеллектуальных задач привело к пониманию того, что при решении некоторых интеллектуальных задач компьютер уступает человеку [1]. Стало очевидным то, что человек выполняет операции узнавания, запоминания, воспроизведения и классификации образов быстрее компьютера, а с операциями запоминания текстов или проведения длинных вычислений или рассуждений у него возникают затруднения. «То, что сложно компьютеру — просто человеку и наоборот, то, что сложно человеку, просто компьютеру» [1]. Современный человек быстро распознает, быстро рассуждает и быстро принимает решения. Его скорость обработки информации сравнима с компьютером, а скорость передачи сигналов в нейронах в миллион раз меньше электронной. Поэтому естественной является задача: изучить

и использовать механизмы, которые применяет человек при решении простых для него задач — узнавание, принятие быстрых решений и т.д.

К настоящему времени велись исследования касающиеся построения нестандартных моделей и механизмов мыслительных процессов и понятийной системы человека [1]. Некоторые полученные результаты могут объяснить лишь небольшую часть процессов работы мозга, а другие результаты находятся на уровне нереализованных идей [1]. Специалистами в области когнитивной науки отмечается одно направление, которое является перспективным и связано с исследованием Э.Рош [5] и более полно описано в работе Лакоффа [6]. Особенностью этого направления является не вопрос адекватности разрабатываемой теории реальным процессам человеческого мышления, а возможность применения и развития полученных результатов исследований в интеллектуальных технологиях [1]. Среди российских исследователей в области когнитивных наук следует отметить некоторые работы [1,2,7,8,9], которые связаны, как с вопросами структуризации знаний, так и с вопросами их представления и использования на основе механизмов человеческого мышления.

Задачи исследования и использования когнитивных механизмов современного человека являются очень сложными. Это связано с влиянием на них многих факторов эволюционного развития. Примером таких факторов могут быть [9,10]: опыт взаимодействия с внешним миром; воспитание; уровень образования; культура; религия; индивидуальные догмы; заблуждения; надежды и т.д.

Одним из применяемых подходов к исследованию сложных задач может быть использование какой-то более простой модельной задачи. В работе [Рогаткин] предлагается начать исследования с более простых разумных живых систем. У них нет накопившихся

факторов эволюционного развития: образования, культуры, религии, воспитания. Но при этом любое животное уровня ракообразных и выше может действовать в разных ситуациях эффективнее любых искусственных систем целенаправленного поведения [11].

В работе [12] рассматривается подход к решению задач целенаправленного поведения на основе интегрированного метода представления знаний, который позволяет формировать и реализовывать планы достижения целей. Рассматриваемая система является моделью биологической системы с задатками воображения [13], т.е. способностью к целенаправленному поведению.

В статье исследуется возможность использования когнитивного подхода в ОТС для решения задач целенаправленного поведения.

1. Когнитивный подход и искусственный интеллект

Когнитивный подход используется во многих областях человеческого познания мира. С позиций познания он уделяет основное внимание процессам представления, хранения, обработки, интерпретации и создания новых знаний.

Термин «когнитивный» образуется от латинского глагола *cogno* — знать. Специалисты в области психологии, которые применяют этот подход, выделяют тот факт, что люди не являются машинами, которые только механически реагируют на внутренние факторы или на события, происходящие во внешнем мире. Когнитивный подход предполагает, что разуму человека доступно нечто большее, чем информация, которую он получает извне. Целью когнитивного подхода является понимание того, каким образом у человека расшифровывается информация о действительности и организуется для проведения сравнения, принятия решения и многих задач целенаправленного поведения, возникающих в повседневной жизни.

В работе Плотинского Ю.М., под когнитивным подходом понимается «...решение традиционных для данной науки проблем методами, учитывающими когнитивные аспекты, в которые включаются процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания. Когнитивный подход в любой предметной области акцентирует внимание на «знаниях», вернее, на процессах их представления, хранения, обработки, интерпретации и производстве новых знаний» [14]. На основании этого можно заключить, что основными вопросами когнитивного подхода являются: понимание естественного языка и использование этих знаний для компьютерного перевода; современные проблемы задач компьютеризации общества; развитие и использование теории искусственного интеллекта.

Идеи и механизмы когнитивного подхода рассматриваются и применяются во многих областях человеческой деятельности. Так для анализа сложных политических систем он был предложен Р. Аксельродом [15]. В ситуационном подходе при анализе рассматривается состояние объекта (ситуации), а в когнитивном подходе рассматриваются множество процессов, представленных моделями экспертных знаний, а также законы и закономерности реализации функций объекта. При использовании когнитивного подхода для описания объекта рассматриваются множество параметров объекта, заданные значения дингвистических переменных (параметров), причинно-следственные отношений [16].

Одну из ведущих ролей в когнитивной науке играет теория искусственного интеллекта [14]. Но, как отмечает Кузнецов О.П. «... до сих пор не только практически все основные результаты ИИ, но и доминирующие идеи его развития остаются в рамках компьютерной парадигмы. Но следует отметить, что за последние десятилетия в других когнитивных науках появ-

вились, по крайней мере, две примечательные концепции – когнитивная семантика и теория колонок» [1].

Одним из важных событий в когнитивной науке стало появление концепции Дж. Лакоффа [6]. Данная концепция есть проект решения двух проблем: проблемы категоризации и проблемы семантики.

Концепция Лакоффа основывается на том, что когнитивные структуры и механизмы человека существенным образом зависят от его сенсорных механизмов, а также физического и социального опыта. В рамках этой концепции когнитивный подход противопоставляется объективизму (традиционному подходу). Полагается, что когнитивные структуры человека соответствуют структурам научного знания, т.е. структурам реального мира, описываемого этим знанием [6].

В категоризации главными являются вопросы формирования понятий (категорий) и структурирования понятийной системы человека. Основные принципы категоризации некоторыми авторами представляются следующим образом [1,6].

1. «В категориях человека существуют прототипы – «хорошие» (центральные, репрезентативные, типичные) примеры. Принадлежность объекта к категории определяется на основе не признаков, а расстояния от прототипа» [1,6].

2. «Категория – не обязательно класс эквивалентности (по отношению «иметь одинаковый набор признаков»). Есть категории, у элементов которых общих свойств нет, а близость (нетранзитивная) есть» [1,6].

3. «Существует базовый уровень категоризации: категории, базовые с когнитивной точки зрения, находятся в середине иерархии общего конкретного. Обобщение происходит вверх от базового уровня, специализация – вниз» [1,6].

Категории, которые относятся к базовому уровню, обладают общими характеристиками [1,6]:

«...они имеют единый, целостно воспринимаемый ментальный образ (гештальт); они быстро узнаются;

– с ними связана общая двигательная программа, т.е. сходные физические действия для взаимодействия с различными членами категории;

– в качестве их имен используются наиболее короткие и общепотребительные слова, первичные с точки зрения вхождения в словарный запас языка

– большинство признаков членов категории хранится на этом уровне;

– формирование категорий у детей начинается с категорий базового уровня» [1,6].

Когнитивный подход к семантике содержит ряд важных положений [1], некоторые из которых могут быть представлены следующим образом:

«Мозг работает не с информацией в компьютерном понимании этого слова, а со смыслом, или значением» [18].

«...когда мы мыслим при помощи естественного языка, мы мыслим о вещах в терминах, которые имеют значение, но не так, что мы сначала мыслим, а затем открываем, о чем мы мыслили и что значили наши понятия» [6].

2. Подходы к созданию модулей интеллектуальных роботов

Для интеллектуальных модулей роботов логично создать машинные алгоритмы для понимания, размышлений и представления знаний на основе анализа естественного языка. Но все дело в том, что наш язык очень многообразен и индивидуален. Его система понятий и правил, для использования в модулях интеллектуальных роботов, слишком избыточна и сложна. Необходимо использовать представление мира робота которое является более простым, с одной стороны, а с другой – достаточным для решения поставленных задач. В работе [9] для этих целей предлагается

понятие элементарной модели мира (ЭММ) робота. Эта модель должна соответствовать мозгу простого животного и не быть сложной в силу простоты анатомии такого мозга.

Система понятий и правил мозга этого животного должна определяться только врожденной функциональностью в рамках заданной структуры такого организма и недолгой историей его личного взаимодействия с внешним миром (обучение родителями у таких животных отсутствует) [9]. В дальнейшем возможно наращивание и расширение функциональности по восприятию мира робота и воздействию на него. Предполагается что развитие такой модели будет добавлять ей новые качества, повышать эффективность, но все базовые элементы, так или иначе, должны быть всегда задействованы в ней в качестве ее «скелета» [9].

В основу ЭММ должны быть заложены базовые понятия-концепты. Предполагается что у человека базовые понятия (концепты) ЭММ тесно связаны с представлениями о базовых концептах и понятийных категориях языковой речи человека.

Обычный человек, тем более животное, не рассуждает строго по законам формальной логики. Строго логические рассуждения невозможны в реальном времени, т.к. необходимо огромное количество последовательных элементарных шагов [1]. Да и шаги эти без специальной теоретической подготовки нельзя быстро и грамотно выстроить.

Для построения модели мира робота стоит принять гипотезу [9] «...о направленности любых рефлексов на минимизацию раздражений и затрат времени (энергии) для ответа на них и на «борьбу» с последствиями от них, то в части мышления можно, видимо, сразу провести аналогию с принципом наименьшего мышления (экономии мышления)...». Согласно этой гипотезе экономия мышления неизбежно приводит к формированию знака для объекта

или явления (денотата), обобщения (образца) для группы схожих объектов и т.д. Можно предположить, что рефлексия определяет базовые концепты-примитивы, т.е. анатомия и физиология нервной и гуморальной систем организма определяют формирование элементарных понятийных категорий языка.

В работе [9] в ходе анализа априори и на основе опубликованных уже работ выделены первичные и обязательные категории:

Объект; свойство (атрибут объекта или явления, включая его состояние); действие (совершение движения, воздействие на что-то); часть; граница (объекта, например); вложенность (расположение внутри чего-то); присутствовать (быть в наличии, \exists),

Под объектом или явлением авторы работы [9] определяют устойчивую совокупность свойств, наблюдаемую совместно. Для современных технологий примером технического объекта может быть вещь, предмет искусственного (технического) происхождения. Объект управления может представляться как устройство или динамический процесс, управление поведением которого является одной из задач создания системы целенаправленного поведения.

Концепты атрибута (свойства) и объекта (явления) доступны уже на уровне восприятия. Понятие совместности (одновременность, конъюнкция, $\&(\wedge)$), которое ощущается также физиологически при одновременности действия разных раздражителей. Наличие/отсутствие раздражения, воздействия, стимула, очевидно, определяет концепт наличия $\wedge \exists$. Команды, отдаваемые моторным нейронам в ответ на раздражение, т.е. рефлекс, могут служить фундаментом понятия действия. Полный набор элементарных концептов-примитивов должен позволить формировать в модели мира полноценный набор процедур, правил и отношений, достаточный для функционирова-

ния системы в простейших жизненных ситуациях [9].

В 1970 году была подготовлена к печати книга «Феномен науки» В.Ф. Турчина, которая вышла, в то время, в английском и японском переводах. В русском оригинале первое издание было в 1993 году. Эта книга написана раньше работ Э. Рош [5] и Дж. Лакоффа [6] и в ней изложены идеи и механизмы, которые дополняют и поясняют вопросы категоризации в области искусственного интеллекта.

При использовании гипотезы «...о направленности любых рефлексов на минимизацию раздражений и затрат времени (энергии) для ответа на них...» [9], стоит рассмотреть процессы развития (эволюции) живых организмов на нашей планете [13]. Турчин В.Ф. в своей книге описывает эти процессы следующим образом. «В ходе эволюции кибернетических систем живой природы происходило развитие как аппарата восприятия и переработки информации о реальном мире, так и аппарата, обеспечивающего системе возможность воздействовать на реальный мир. Изначально нервная сеть (подсистема управления кибернетической системой) содержала рецепторы и эффекторы (для технических систем это датчики и исполнительные устройства), соединенные связями. В ходе эволюции биологические системы научились воспринимать окружающий мир не только как набор отдельных признаков (рецепторов), но и их комбинаций, иерархических структур — понятий, ассоциаций. От изначально простых функций нервной системы, заключающихся в передаче возбуждения от рецептора к эффектору, происходит переход к более сложным действиям: формированию понятий о различных ситуациях, ассоциаций, регулированию, ассоциированию, моделированию и управлению ассоциациями (созданию новых планов достижения цели)» [13].

В плане когнитивного подхода следует отметить что, на-

чина с некоторого уровня возможно формирование модели внешнего мира, т.е. «... происходит постепенное усовершенствование «познания» закономерностей в окружающей среде» [13,19]. У животного в нервной системе появляются представления о рецепторах, эффекторах, признаках, понятиях, ситуациях, совершаемых действиях, ассоциациях. Формируемая нервная система приобретает сложную иерархическую структуру. В новом образовании вершины представляют собой понятия.

«В кибернетике под понятием *понятия* понимается множество ситуаций (аристотелевское понятие)» [13]. По структуре понятия образуются из признаков или понятий нижнего уровня структуры, которые могут быть как простыми, так и сложными (составными). Следует отметить единичные понятия, относящиеся к конкретной сущности. В кибернетической системе есть еще общие или абстрактные понятия, которые относятся не к какому-то конкретному объекту, явлению, а к объекту или явлению как таковому и образуются не путем перечисления единичных объектов, входящих в него, а путем указания ряда признаков, объявленных существенными, и отвлеченных от остальных (несущественных) признаков считаются абстрактными. Можно предположить, что такие понятия могут представлять категории для простых когнитивных систем.

В работе [13] рассматриваются именно такие общие *понятия*, и они называются также абстрактными. Абстрактное понятие в обычном смысле слова (для чувственно воспринимаемых образов) совпадает с введенным в [13] кибернетическим понятием понятия как множества ситуаций. Тогда распознаванием называют также, задачей распознавания образов или задачей распознавания *понятий*. Данная задача важна даже для простых по структуре животных и решается с помощью нервной системы.

Эволюция нервной системы идет следующим образом. Сначала у животного имеется всего несколько рецепторов. Используя прямой перебор, метод проб и ошибок находят выгодное соединение которое осуществляется, допустим, с помощью одного промежуточного нейрона (такие нейроны называются *ассоциативными*). Теперь вся группа в целом может быть размножена. У животного появляется система ассоциативных нейронов, регистрирующих, например, разности между освещенностями рецепторов и суммирующих эти разности [13].

Система связанных нейронов, рецепторов формируется в первый уровень иерархии. Первый уровень основан на понятиях суммы и разности освещенностей, возбуждений рецепторов в пространстве и времени.

Продолжая серию проб и ошибок «...часть классификаторов первого уровня связывается между собой в классификатор второго уровня, пока не получится полезное соединение. Затем оказывается полезным размножение этого соединения. Предполагается, что на втором уровне иерархии — поскольку это касается органов зрения — появляются такие понятия (категории), как граница между светом и тенью, средняя освещенность пятна, движение границы между светом и тенью и т. п. Таким же путем возникают и следующие уровни иерархии...» [13,21], позволяющие формировать новые категории.

В ходе эволюции одним из «...важных механизмов функционирования животных является сложный рефлекс. Первая половина действия сложного рефлекса состоит в анализе ситуации с помощью иерархии классификаторов. Вторая часть является исполнительной и может сводиться к возбуждению какой-то локальной группы эффекторов. Исследования поведения животного показали, что оно не может быть сведено к совокупности рефлексов, которые никак не связаны между

собой, а связаны только с состоянием внешней среды. Понятие о рефлексе при описании поведения должно быть дополнено понятием о *цели* и о *регуливании*. Действие, которое предпринимает система, зависит не только от ситуации самой по себе, но также и от *цели*, т.е. от той ситуации, которую система стремится достигнуть. Действие системы определяется в результате сравнения ситуации и цели и направлено к устранению несоответствия между ситуацией и целью. Через блок сравнения ситуация определяет действие» [13,21].

В ходе эволюции в биологических системах происходили дубликации рецепторов, эффекторов, развитие трехнейронной схемы. Итогом развития трехнейронной схемы сформировалось новое образование для регулирования, включающее фиксатор цели, фиксаторы представлений, память [21].

В ходе метасистемных переходов, описанных в работе Турчина В.Ф. происходит формирование таких понятий и механизмов как: «...управление раздражимостью, управление рефлексом, условный рефлекс и обучение, моделирование, управление ассоциированием, воображение, планирование, преодоление инстинкта. Их использование привело к появлению и развитию мышления» [13,21].

Управление раздражимостью означает «...создание нервной сети, элементы которой, в частности эффекторы, возбуждаются не прямо внешней средой, а через посредство сложной управляющей системы. Это тот этап эволюции, который мы связали с понятием *сложного рефлекса*. Особенно отчетливо виден факт управления раздражимостью на этом этапе в том, что при наличии цели возбуждение эффекторов зависит не только от состояния внешней среды, но и от этой цели, т. е. от состояния каких-то внутренних нейронов сети» [13,21].

Управление рефлексами понимается как создание при влиянии индивидуального

опыта животного различных связей между состояниями классификаторов, фиксаторов представлений и эффекторов. Созданные, в этом случае, связи называют *ассоциациями представлений* или просто *ассоциациями*. «Термин «представление» понимается здесь в широком смысле — как состояние любых подсистем мозга, в частности классификаторов и эффекторов. Образование ассоциаций в [13] называется ассоциированием» [21].

Условный рефлекс и обучение. В книге Турчина В.Ф. дается следующее определение ассоциации: «Ассоциация — это просто один из аспектов сложного рефлекса, *ассоциирование* — это управление ассоциациями: образование новых ассоциаций и исчезновение старых. Наиболее полно способность к ассоциированию представлений проявляется как способность к образованию (и, следовательно, распознаванию) новых понятий» [13,21].

Моделирование. Ассоциация представлений о действительности, которые имеют временную координату, дает животному (кибернетической системе) возможность предвидеть в своем воображении ситуации будущего. «Связывание представлений, включающих временную координату, и вытекающая отсюда способность предвидеть будущее есть не что иное, как *моделирование, построение модели* окружающей среды» [13].

Управление ассоциированием. Развитая биологическая система (животное) не может управлять своими ассоциациями. Такая система имеет только те ассоциации, которые ей навязывает среда. «Управление ассоциированием означает наличие в мозгу механизма, позволяющего ассоциировать любые два или несколько представлений, которые вовсе не имеют тенденции встречаться в опыте совместно. Иначе говоря, это произвольное, не навязанное внешней средой ассоциирование» [13,21]

Воображение, планирование, преодоление инстинкта.

Данные действия приводят к новому этапу организации поведения животного. Турчин В.Ф. описывает такой этап эволюции следующим образом: «Если в мозгу животного существует ассоциация между предметом X — орудием и предметом Y — объектом действия (и, конечно, физическая возможность выполнить действие), то оно окажется способным применить орудие. Если же такой ассоциации нет, то животное «не догадается» сделать это, оно не может представить себе цель, к которой надо стремиться, для этого ей не *хватает воображения*. Животному мало знать, что *будет, если, надо еще вообразить, что может быть*» [13]. Описание этого этапа эволюции Турчин В.Ф. делает следующими словами «...Суховатую формулу, отождествляющую мышление с управлением ассоциированием, можно перевести на менее точный, но более образный язык как следующее утверждение: человек отличается от животного тем, что он обладает воображением...» [13].

Использование представленных подходов позволяет

создавать примитивные системы целенаправленного поведения с возможностью их дальнейшего развития.

3. Базовые категории робота КСЮХА

У кибернетических систем с проявлением целенаправленного поведения должно быть небольшое количество рецепторов (датчиков) для восприятия среды обитания и несколько эффекторов (исполнительных органов, устройств) для воздействия на окружающую среду и саму кибернетическую систему (животное). Для такой простой кибернетической системы картина среды обитания (внешнего мира) представляется всеми признаками с их значениями. Эта картина может быть прототипом гештальта для «потомков» рассматриваемой кибернетической системы.

Такой гештальт может служить отображением, картиной одной из категорий (зачатков категорий), которые также могут быть прототипом категорий для будущих и далеких по эволюционной лестнице по-

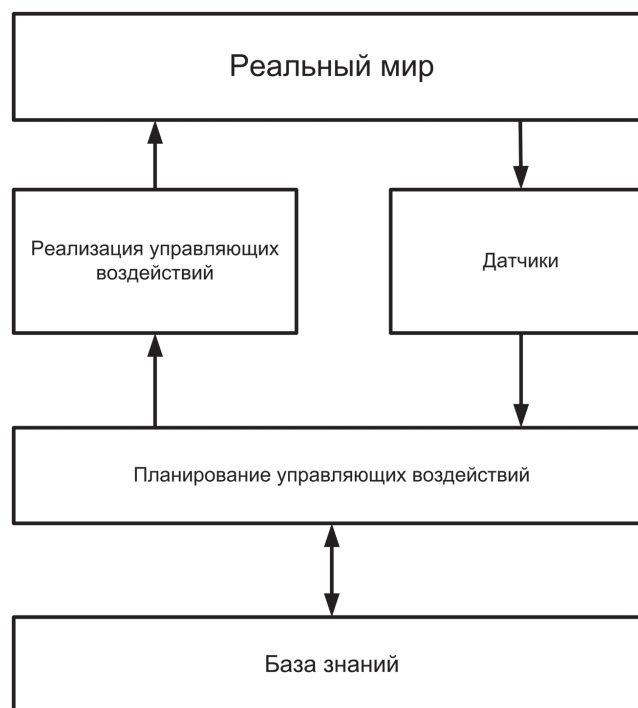


Рис. 1. Структура простой кибернетической системы с целенаправленным поведением

томков этой кибернетической системы (животного).

Простейшую кибернетическую систему с проявлением целенаправленного поведения, ее структуру можно представить в виде множества взаимосвязанных модулей (рис. 1).

Каждый модуль обеспечивает выполнение определенных функций. Модуль «Датчики» занимается восприятием среды обитания и состояния самой кибернетической системы. Модуль «Планирование управляющих воздействий» за счет операций формирования команд обеспечивает целенаправленное поведение. Необходимые для планирования управляющие воздействия хранятся в модуле «База знаний». Данный модуль может применяться для накопления и использования опыта кибернетической системы (для простейшего случая накопление и использование опыта не рассматривается). Модуль «Реализация управляющих воздействий» служит для воздействия на реальный мир (окружающую среду и саму кибернетическую систему).

Даже для КС с такой простейшей структурой возможно несложное целенаправленное поведение. В силу своей простоты (для биологических систем из-за принадлежности к ранним этапам эволюционного развития) КС может работать только с понятиями (базовыми понятиями-концептами), поскольку другие еще не сформировались. Одним из примеров целенаправленного поведения может служить решение задачи по перемещению робота к заданной точке, т.е. решение задачи для робота – «Найти объект». Для решения этой задачи имеется робот, нацеленный (ориентированный) на исследование местности (геология, спасательные работы и т.д.). В качестве объекта используется маячок обнаружения потерпевшего аварии аппарата. Описание робота, ситуации будет проводиться для выполнения только поставленной задачи (примера) и поэтому

описания сущностей «Робот» и «Объект» являются неполными, но достаточными.

Считается, что робот может находиться в любом точке исследуемой местности и объект (маячок) находится впереди робота. Роботу необходимо определить местоположение объекта относительно себя, спланировать и выполнить операции перемещения (шагая к объекту) и зафиксировать (распознать) факт достижения цели – подойти к объекту на заданное минимальное расстояние. Пусть конструкция робота такова, что все его датчики и исполнительные органы, кроме обеспечивающих передвижение – отдельные шаги, располагаются на передней панели и закреплены жестко. В этом случае, для того чтобы воспринять ситуацию или выполнить действия в каком-то из четырех направлений (впереди, справа, сзади, слева) робот должен туда повернуться. В итоге, рассматриваемый робот должен уметь осуществлять определенные управляющие воздействия (операции): сделать шаг вперед (УПР1);

определить наличие объекта рядом (УПР2); сделать поворот вправо на 90 градусов (УПР3); обнаруживать наличие объекта впереди (УПР4).

Необходимые сведения поступают в кибернетическую систему с помощью признаков: ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, где

ПР1 – шаг выполнен;

ПР2 – объект рядом обнаружен;

ПР3 – поворот выполнен;

ПР4 – объект обнаружен впереди.

Для получения текущих значений признаков робот имеет датчики ДТ1, ДТ2, ДТ3, ДТ4 для определения момента выполнения соответствующей операции из множества: УПР1, УПР2, УПР3, УПР4.

Роботу с такой структурой доступны и некоторые другие операции, например: переместить в заданную точку манипулятор, захватить объект, провести исследование объект по заданному признаку, отпустить объект, сложить манипулятор и т.д. а также иметь много других датчиков: объект исследуется, манипулятор сложен, база рядом и т.д. [21]

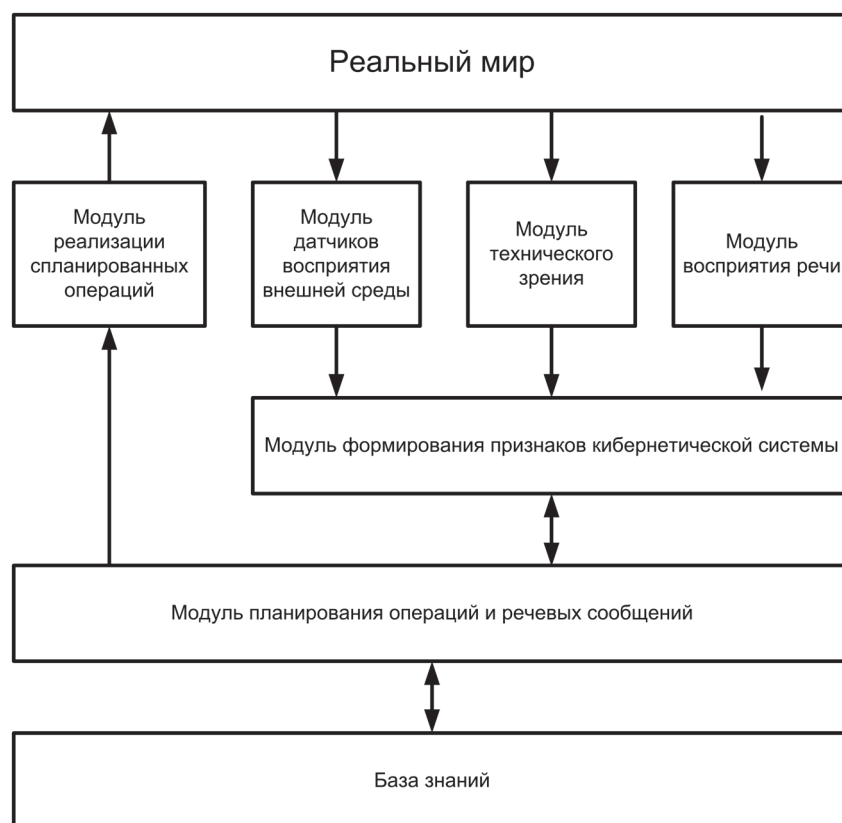


Рис. 2. Структура робота КСЮХА

Использование понятий сущностей для целенаправленного поведения позволяет применять механизмы планирования и реализации управляющих воздействий. Это может быть успешным для относительно простых роботов с ограниченным набором управляющих воздействий и измерительных датчиков. Для сложных роботов (учитывающих нюансы (контексты) представления окружающей среды) требуется формирование и анализ большого числа вариантов достижения цели, что затратно, а иногда и недопустимо по времени и ресурсам. Выходом может быть поиск плана в категориях. Найденный план конкретизируется и используется в формате конкретных понятий управляющих воздействий и признаков с их значениями.

Разрабатываемый робот КСЮХА имеет структуру, показанную на рис. 2 и содержит:

- модуль планирования операций (управляющих воздействий);
- базу знаний робота;
- модуль реализации спланированных операций;
- модуль датчиков восприятия внешней среды;
- модуль формирования признаков кибернетической системы и их значений;
- модуль технического зрения;
- модуль речевого взаимодействия.

Модуль планирования операций обеспечивает достижение поставленной цели – «Найти объект», используя для этого базу знаний робота. Операции из-за простоты робота могут задаваться как действия с условиями их выполнения (формат условных рефлексов).

Для выполнения операций ОП1, ОП2, ОП3 и ОП4 кибернетической системе необходимы сведения о возникающих ситуациях, которые хранятся в памяти робота. Для примера о таких сведениях вернемся к представлению об условных рефлексах. «Любой раздражитель (звонок, свет, запах пищи

и т.д.) несет определенную информацию, но значения не имеет. Значение он приобретает, только став сигналом в условнорефлекторной деятельности» [20]. В базе знаний хранятся описания действий (управляющих воздействий) с условиями их выполнения и описания «раздражителей» (датчиков) которые несут определенную информацию, но значения не имеют. Такие «раздражители» выступают в роли признаков ситуации и принимают текущие значения только в результате условнорефлекторной деятельности, т.е. исполнения управляющих воздействий при совпадении условий выполнения управляющих воздействий с текущими значениями.

Модуль реализации спланированных операций (управляющих воздействий) обеспечивает достижение поставленной цели – «Найти объект» путем выдачи сформированных команд.

Модуль датчиков восприятия внешней среды позволяет кибернетической системе получить текущие значения для планирования целенаправленного поведения.

Модуль формирования признаков кибернетической системы и их значений занимается преобразованием текущих значений датчиков в признаки с их значениями.

Модуль технического зрения распознает реальные объекты, формирует соответствующие объектам признаки с их значениями и передает их в модуль формирования признаков кибернетической системы.

Модуль речевого взаимодействия распознает речевые команды, формирует соответствующие командам признаки с их значениями и передает их в модуль формирования признаков кибернетической системы. Для возникающих ситуаций формируются соответствующие речевые сообщения

В роботе КСЮХА, способной выполнять задачи типа «Найти объект», могут быть выделены следующие категории:

Граница – наличие ограничения в движении, протяженность которого не менее k -метров/сантиметров. Может быть препятствие, которое невозможно объехать, например, стена в помещении и др.

Объект – сущность оранжевого цвета/в виде шара/источник радиоволн определенной частоты. Данная категория полезна для поиска такого объекта («маячка»).

Быть в наличии – наличие объекта «маячок» имеющего оранжевый цвет/имеющего форму шара/имеющего источник радиоволн определенной частоты. Данная категория определяется признаком «Есть объект оранжевого цвета» значение которого формируется блоком технического зрения.

Заключение

Рассмотренная кибернетическая система (робот с простой структурой), использующая кибернетический подход к эволюции и когнитивный подход к мышлению человека, позволяет решать несложные задачи целенаправленного поведения. В роботе КСЮХА, за счет добавления модулей технического зрения и восприятия речи, можно строить более сложные взаимодействия с действительностью.

Решение роботом (кибернетической системой) задач реальной сложности с использованием только понятий действительности (объективистский подход) связано с проблемами в своевременном формировании решений. Разумно в этом случае использовать когнитивный подход. Для построения кибернетической системы на основе когнитивного подхода необходимы механизмы позволяющие:

- формировать базовые категории на основе индивидуального опыта КС (робота);
- формировать составные категории;
- представлять текущую ситуацию с помощью категорий;
- формировать последовательность управляющих воз-

действий для достижения поставленной цели;

— представлять действия-категории в формате конкретных управляющих воздействий (операций);

— для категоризации индивидуального опыта, обучения робота необходим подход к оценке категорий.

Поиск, использование, обсуждение и понимание этих

механизмов удобнее начинать с кибернетических систем способных решать задачи целенаправленного поведения, но имеющих простую структуру.

Литература

1. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 4, с. 32–42.
2. Стефанюк В.Л., Жожикашвили А.В. Сотрудничающий компьютер. М.: Наука, 2007.
3. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту – М.: Книжный дом «Либроком», 2014.
4. Гаспариан М.С., Лебедев С.А., Тельнов Ю.Ф. Инжиниринг образовательных программ на основе применения интеллектуальных технологий. Открытое образование. 2017. №1, с. 14–19.
5. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories. Journal of Experimental Psychology, 1975. 104, pp. 192–233.
6. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. – Chicago. University of Chicago Press, 1987.
7. Гаврилова Т.А., Болотникова Е.С., Гулякина Н.А. Категоризация знаний для создания онтологий. / Материалы 4-й Всероссийской мультиконференции по проблемам управления МКПУ-2011. Т.1. Таганрог: Издательство ТТИ ЮФУ, 2011. С. 62–66.
8. Валькман Ю.Р. Когнитивная семиотика: гештальты и метафоры //Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й международной научно-практической конференции (ИММВ-2015, Коломна). Т.1. – М.: Физматлит, 2015.
9. Лапаева Л.Г., Быченков О.А., Рогаткин Д.А. Нейробиология, понятийные категории языка и элементарная модель мира робота// В кн. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ 2016 (3–7 октября 2016г., г. Смоленск, Россия): Труды конференции. Т.2. – Смоленск: Универсум, 2016. – с. 292–300.
10. Чудова Н.В. Концептуальное описание картины мира в задачах моделирования поведения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. №2.
11. Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Ивлиева А.Л. Три взгляда на современные данные нейронаук в интересах интеллектуальной робототехники // Modeling of Artificial Intelligence, 2015. Vol. 6, Iss. 2.
12. Трембач В.М. Многоагентная система для решения зада целенаправленного поведения. // В кн. Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с между-

References

1. Kuznetsov O.P. Kognitivnaya semantika i iskusstvennyy intellekt // Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2012. №4, Pp. 32–42. (in Russ.)
2. Stefanyuk V.L., Zhzhikashvili A.V. Sotrudnichayushchiy komp'yuter. M.: Nauka, 2007. (in Russ.)
3. Osipov G.S. Lektsii po iskusstvennomu intellektu – M.: Knizhnyy dom «Librokom», 2014. (in Russ.)
4. Gasparian M.S., Lebedev S.A., Tel'nov Yu.F. Inzhiniring obrazovatel'nykh programm na osnove primeneniya intellektual'nykh tekhnologiy. Otkrytoe obrazovanie. 2017. №1, Pp. 14–19. (in Russ.)
5. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories. Journal of Experimental Psychology, 1975. 104, Pp. 192–233.
6. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. – Chicago. University of Chicago Press, 1987.
7. Gavrilova T.A., Bolotnikova E.S., Gulyakina N.A. Kategorizatsiya znaniy dlya sozdaniya ontologiy. / Materialy 4-y Vserossiyskoy mul'tikonferentsii po problemam upravleniya MKPU-2011. T.1. Taganrog: Izdatel'stvo TTI YuFU, 2011. Pp. 62–66. (in Russ.)
8. Val'kman Yu.R. Kognitivnaya semiotika: geshtal'ty i metafory //Integrirovannye modeli i myagkie vychisleniya v iskusstvennom intellekte. Sbornik nauchnykh trudov VIII-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (IMMV-2015, Kolomna). T.1. – M.: Fizmatlit, 2015. (in Russ.)
9. Lapaeva L.G., Bychenkov O.A., Rogatkin D.A. Neyrobiologiya, ponyatiynye kategorii yazyka i elementarnaya model' mira robota// V kn. Pyatnadsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII 2016 (3-7 oktyabrya 2016g., g. Smolensk, Rossiya): Trudy konferentsii. T.2. – Smolensk: Universum, 2016. – Pp. 292–300. (in Russ.)
10. Chudova N.V. Kontseptual'noe opisanie kartiny mira v zadachakh modelirovaniya povedeniya // Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2012. №2. (in Russ.)
11. Rogatkin D.A., Kulikov D.A., Ivlieva A.L. Tri vzglyada na sovremennye dannye neyronauk v interesakh intellektual'noy robototekhniki // Modeling of Artificial Intelligence, 2015. Vol. 6, Iss. 2. (in Russ.)
12. Trembach V.M. Mnogoagentnaya sistema dlya resheniya zada tselenapravlenno go povedeniya. // V kn. Chetyrnadsataya natsional'naya konferentsiya

народным участием КИИ 2014 (24–27 сентября 2014г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т.1. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. – С. 344–353.

13. *Турчин В.Ф.* Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. Изд. 2-е – М.: ЭТС. – 2000.

14. *Плотинский Ю.М.* Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2001. – 296 с: ил.

15. *Axelrod R.* The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976.

16. *Кулинич А.А.* Ситуационный, когнитивный и семиотический подходы к принятию решений в организациях // Научно-практический журнал «Открытое образование», МЭСИ, №6, 2016, с. 9–17.

17. *Sowa J.F.* Conceptual Structures – Information Processing in Mind and Machines. Addison-Wesley Publ.Comp. 1984.

18. *Рахилина Е.В.* Когнитивная семантика: История. Персоналии. Идеи. Результаты. // Семиотика и информатика. Вып. 36. 1998. С. 274–323.

19. *Редько В.Г.* Эволюционная кибернетика М.: Наука, 2001.

20. *Алефиренко Н.Ф.* Когнитивная семантика: миф или реальность? / Н.Ф. Алефиренко // Вестник ТГПУ. Серия: гуманитарные науки (филология). Тула, 2006. – Выпуск 5 (56). – С. 43–48.

21. *Трембач В.М.* Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний: монография. – М.: МЭСИ, 2010. – стр. 236.

po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII 2014 (24–27 entyabrya 2014g., g. Kazan', Rossiya): Trudy konferentsii. T.1. – Kazan': Izd-vo RITs «Shkola», 2014. – Pp. 344–353. (in Russ.)

13. *Turchin V.F.* Fenomen nauki: Kiberneticheskiy podkhod k evolyutsii. Izd. 2-e – M.: ETS. – 2000. (in Russ.)

14. *Plotinskiy Yu.M.* Modeli sotsial'nykh protsessov: Uchebnoe posobie dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Logos, 2001. – 296 P. (in Russ.)

15. *Axelrod R.* The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976. (in Russ.)

16. *Kulinich A.A.* Situatsionnyy, kognitivnyy i semioticheskiy podkhody k prinyatiyu resheniy v organizatsiyakh // Nauchno-prakticheskiy zhurnal «Otkrytoe obrazovanie», MESI, №6, 2016, Pp. 9–17. (in Russ.)

17. *Sowa J.F.* Conceptual Structures – Information Processing in Mind and Machines. Addison-Wesley Publ.Comp. 1984.

18. *Rakhilina E.V.* Kognitivnaya semantika: Istoriya. Personalii. Idei. Rezul'taty. // Semi-otika i informatika. Vol. 36. 1998. Pp. 274-323. (in Russ.)

19. *Red'ko V.G.* Evolyutsionnaya kibernetika M.: Nauka, 2001. (in Russ.)

20. *Alefirenko N.F.* Kognitivnaya semantika: mif ili real'nost'? / N.F. Alefirenko // Vestnik TGPU. Seriya: gumanitarnye nauki (filologiya). Tula, 2006. – Vol. 5 (56). – Pp. 43-48. (in Russ.)

21. *Trembach V.M.* Reshenie zadach upravleniya v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh s ispol'zovaniem evolyutsioniruyushchikh znaniy: monografiya. – M.: MESI, 2010. – 236 P. (in Russ.)

Сведения об авторе

Василий Михайлович Трембач

Кандидат технических наук, доц, доцент кафедры 304

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский институт) «МАИ», Москва, Россия

Эл. почта: trembach@yandex.ru

Information about the author

Vasilii M. Trembach

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department 304

Moscow Aviation Institute (National Research University) Moscow, Russia

E-mail: trembach@yandex.ru