

Интеллектуальная киберфизическая система формирования потребностей интернета вещей*

Цель исследования. В статье рассмотрены проведенные исследования и дальнейшее развитие современных киберфизических систем интернета вещей (CPS IoT). Исследователями в области психологии, логики, лингвистики, философии, для изучения искусственного интеллекта, использовались многие, отличные друг от друга модели этого феномена «человек». В настоящее время поиски новых подходов продолжаются. Один из интересных подходов лежит в развитии применения когнитивных механизмов, которые использует человек в решении повседневных задач. Рассматривается применение методов гештальт-обработки состояний CPS IoT — картины мира, для решения все расширяющегося круга задач. Для гештальт-обработки могут использоваться гибридные или, как их еще называют, комбинированные модели для решения различных задач киберфизических систем интернета вещей, связанных с прогнозированием показателей функционирования социально-экономических систем. Для этого можно использовать давно известный подход к гибридизации, суть которого в разбиении всего множества исходных данных на подмножества исходных данных. Показаны основные этапы гештальт-обработки и один из начальных этапов — формирование потребности. Представлены значимые моменты организации взаимодействия модулей CPS IoT с окружающей средой. В демо-примере рассматривается CPS IoT музея-усадьбы. Описаны основные элементы формирования потребности CPS IoT при организации и проведении экскурсии.

Материалы и методы исследования. Для решения задач в рамках гештальт-обработки CPS IoT требуются новые методы и наработки специалистов в области интеллектуальных систем. Для гештальт-обработки могут использоваться гибридные, комбинированные модели для решения различных задач киберфизических систем интернета вещей, связанных с прогнозированием показателей функционирования социально-экономических систем. Можно использовать давно известный подход к гибридизации, суть которого в разбиении всего множества исходных данных на подмножества исходных данных. Возможно использование гештальт-обработки в рамках целостного подхода при разби-

ении на подмножества исходных данных — кластеры. В рамках когнитивного подхода используются чувственные образы, концепты-представления, концепты-сценарии и гештальты. Гештальт CPS IoT можно рассматривать как один из подходов к решению современных задач в рамках технологии Индустрия 4.0 (Industry 4.0). В статье описываются интеллектуальные киберфизические системы с применением методов гештальт-обработки их состояний — картины мира. Рассматриваются подходы к использованию потребностей и один из множества подходов формирования потребностей киберфизических систем интернета вещей.

Результаты. Предложены, в рамках когнитивного подхода, концепты-представления CPS IoT для возникающих (появляющихся) потребностей и их фиксации. После фиксации потребности в качестве основных этапов ее формирования выделены: конкретизация события, сбор для потребности актуальных исходных данных; формирование (складывание из воспринимаемой информации) гештальта: проверка состояния необходимых элементов, поиск ресурсов в среде; организация контакта с окружающей средой. Данные этапы формирования потребности относятся к CPS IoT любой природы и ориентированы на любые задачи интернета вещей. Целесообразно сохранять сценарии формирования потребностей для возможного повторного использования в будущем. В демо-примере показан пример формирования потребности для CPS IoT при проведении экскурсии.

Заключение. В статье рассмотрен когнитивный подход, связанный с использованием и развитием интеллектуальных киберфизических систем для интернета вещей и интернета всего. Рассмотрены основные этапы формирования потребности CPS IoT. Реализация предложенного подхода, развитие и использование концептов-гештальтов позволит отражать CPS IoT с новыми эмерджентными свойствами.

Ключевые слова: киберфизическая система интернета вещей, когнитивный подход, гештальт-обработка, интернет вещей, потребность киберфизической системы, концепты-представления.

Vasiliy M. Trembach¹, Andrey A. Mikryukov², Ilya S. Vedmanov¹, Tatyana G. Trembach¹

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

² Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Intelligent Cyber-Physical System for Shaping the Needs of the Internet of Things

The purpose of the study. The article discusses the research and further development of modern cyber-physical systems of the Internet of Things (CPS IoT). Researchers in the field of psychology, logic, linguistics, philosophy, for the study of artificial intelligence, used many different models of this phenomenon of "man". Currently, the search for new approaches continues. One of the interesting approaches lies in the development of the application of cognitive mechanisms that a person uses in solving everyday tasks. The application of methods of gestalt processing of states of the CPS IoT worldview is considered to solve an ever-expanding range of tasks. Hybrid or, as they are

also called, combined models can be used for gestalt processing to solve various tasks of cyber-physical systems of the Internet of Things related to forecasting indexes of the functioning of socio-economic systems. To do this, you can use a long-known approach to hybridization, the essence of which is to split the entire set of initial data into subsets of initial data. The main stages of gestalt processing and one of the initial stages — the formation of a need are shown. The significant moments of the organization of interaction of CPS IoT modules with the environment are presented. In the demo example, the CPS IoT of the estate museum is considered. The main elements

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 20-07-00926.

of the formation of the need for CPS IoT in organizing and conducting excursions are described.

Materials and methods of research. To solve problems within the framework of gestalt processing of CPS IoT, new methods and developments of specialists in the field of intelligent systems are required. Hybrid, combined models can be used for gestalt processing for various tasks of cyber-physical systems of the Internet of Things related to forecasting indexes of the functioning of socio-economic systems. You can use a long-known approach to hybridization, the essence of which is to split the entire set of initial data into subsets of initial data. It is possible to use gestalt processing within the framework of a holistic approach when splitting into subsets of the initial data - clusters. The cognitive approach uses sensory images, concept-representations, concept-scenarios and gestalts. The CPS IoT gestalt can be considered as one of the approaches to solving modern problems within the framework of Industry 4.0 technology. The article describes intelligent cyber-physical systems using methods of gestalt processing of their states - a picture of the world. Approaches to the use of needs and one of the many approaches to the formation of the needs of cyber-physical systems of the Internet of Things are considered.

Results. Within the framework of the cognitive approach, concepts-representations of CPS IoT for arising (emerging) needs and

their fixation are proposed. After fixing the need, as the main stages of its formation, the following are highlighted: concretization of the event, collection of relevant initial data for the need; formation (folding of perceived information) of the gestalt: checking the state of the necessary elements, searching for resources in the environment; organization of contact with the environment. These stages of the formation of the need relate to CPS IoT of any nature and are focused on any tasks of the Internet of Things. It is advisable to save scenarios for the formation of needs for possible reuse in the future. The demo example shows an example of the formation of a need for CPS IoT during an excursion.

Conclusion. The article considers a cognitive approach related to the use and development of intelligent cyber-physical systems for the Internet of Things and the Internet of everything. The main stages of the formation of the need for CPS IoT are considered. The implementation of the proposed approach, the development and use of gestalt concepts will allow reflecting CPS IoT with new emergent properties.

Keywords: cyber-physical system of the Internet of Things, cognitive approach, gestalt processing, Internet of Things, the need for a cyber-physical system, concepts-representations.

Введение

Современный этап эволюции информационных технологий выдвигает новые требования к развитию подходов в этой области. Особенно это связано со стыковочными областями, которые могут представлять копирование, моделирование не только биологических процессов человека, но и исследование процессов социальных, психических, абстрактных, ментальных.

Исследователями в области психологии, логики, лингвистики, философии для изучения искусственного интеллекта использовались многие, отличные друг от друга модели этого феномена человека. При этом не все имеющиеся модели могут хотя бы частично быть реализованными на практике техническими, вычислительными устройствами [1].

В работе [2] отмечается, что «...различия в эффективности компьютерных и человеческих механизмов решения интеллектуальных задач можно упрощенно выразить формулой «то, что просто человеку, сложно компьютеру и наоборот» [3].»

Для задачи понимания текста в работе [4] отмечается, что «...Часть, относящаяся к памяти, легка для компьютеров и

тяжела для людей (оперативная память — основное узкое место при переработке информации человеком), а часть, относящаяся к принятию решений, легка для людей (по крайней мере, если предложение правильно построено) и тяжела для компьютеров». Все это говорит о том, что исследования когнитивных структур и механизмов человека важны не только для тех когнитивных наук, для которых процессы мозга являются непосредственным объектом изучения (психологии, нейрофизиологии и лингвистики), но и для ИИ, для которого эти исследования могут привести к новым интеллектуальным технологиям.

Новым этапом развития человеческого общества стала четвертая промышленная революция — Индустрия 4.0 [5, 6]. Она характеризуется автоматизацией традиционных производственных процессов за счет внедрения в них киберфизических систем (КФС). Эти системы должны объединяться в одну сеть, «общаться» друг с другом в режиме реального времени, самонастраиваться и на основе машинного обучения осваивать новые модели взаимодействия с действительностью.

В ходе развития ИТ-технологий появились встроенные

системы, которые послужили одним из прототипов киберфизических систем. Киберфизические системы, построенные на модульной логике встраиваемых систем, послужили основой для решения задач модернизации производства и экономики [7, 8].

На эволюцию киберфизических систем определенное влияние оказал и человеческий фактор. Это связано с зависимостью успешного внедрения от восприятия новых технологий пользователями. Особенно это проявилось при появлении и использовании мобильных устройств, называемых «носимыми технологиями». Эти устройства помогли скорейшему восприятию среды пользователями за счет применения смартфонов, умных часов, фитнес-трекеров в повседневной жизни. Современные киберфизические системы применяются во многих областях деятельности общества. Эта тенденция усиливается по мере развития и использования интернета вещей (IoT) и интернета всего (IoE). Дело в том, что новые технологии возможны для планирования действий киберфизическими устройствами на основе восприятия, интерпретации и анализа информации о возникающих ситуациях в окружающем

мире. Эти задачи по своей интеллектуальности усложняются и могут в будущем превзойти задачи человека и целесообразно имеющиеся наработки, достижения для успешного «функционирования» человека начать использовать для киберфизических систем.

Одним из обещающих направлений дальнейшего развития КФС может послужить применение когнитивного подхода, который связан с применением механизмов, используемых человеком для решения своих повседневных задач. Данный подход позволяет использовать чувственные образы, концепты-представления, концепты-сценарии и гештальты. В настоящее время можно рассматривать гештальт КФС, как один из подходов к решению современных задач в рамках технологии Индустрия 4.0 (Industry 4.0). Использование гештальтов КФС, предполагает применение не одного из этапов жизненного цикла работы с гештальтом КФС, а рассмотрение полной обработки от возникновения, до закрытия гештальта КФС.

Если во время появления КФС интернета вещей рассматривались относительно простые объекты, то в настоящий момент их нарастающее усложнение, требует дополнительных ресурсов для восприятия и использования. Это является одной из причин применения подхода к их изучению и развитию, начиная с простой модели поведения.

Простая модель упрощает работу с гештальтом КФС, допускает дальнейшее усложнение, эволюцию и может служить стартовой в проекте. Стартовая модель КФС отражает минимальный набор признаков и действий, требуемых для организации целенаправленного поведения. Считается, что такой КФС соответствует простая структура. Примером КФС с простой моделью может служить система поддер-

жания заданной температуры в помещении с пожилыми людьми и лицам с ограниченными возможностями.

Для успешной работы КФС необходимо использовать целостный подход к восприятию реальности, картины мира, который присутствует в рассмотрении простейшей модели гештальта КФС. При рассмотрении современных моделей необходимо учитывать то, что на них могут оказывать влияние некоторые факторы развития КФС и их гештальтов. Например, в качестве таких факторов могут быть методы машинного обучения, особенно с помощью нейронных сетей, начиная от классических до нейронных сетей глубокого обучения. В этом случае представление целостной картины окружающего мира может быть очень сложным или даже невозможным из-за большого числа нелинейных вычислений.

Для человека эти ситуации все же рассматриваются и одним из подходов является использование гештальтов. Поэтому целесообразно перенести эти технологии, применяемые человеком, для использования в работе КФС с простой моделью, без обучения.

Для гештальт-обработки могут использоваться гибридные или, как их еще называют, комбинированные модели для решения различных задач киберфизических систем интернета вещей, связанных с прогнозированием показателей функционирования социально-экономических систем. Для этого можно использовать давно известный подход к гибридизации, суть которого в разбиении всего множества исходных данных на подмножества исходных данных. Каждое из подмножеств должно иметь однородные статистические характеристики и ему может быть поставлена в соответствие своя мономодель. Есть некоторые сложности,

связанные с правильностью разбиения на подмножества. Возможно использование гештальт-обработки в рамках целостного подхода при разбиении на подмножества исходных данных — кластеры.

В статье описываются интеллектуальные киберфизические системы с применением методов гештальт-обработки их состояний — картины мира. Рассматриваются подходы к использованию потребностей и один из множества подходов формирования потребностей киберфизических систем интернета вещей.

1. Введение в гештальт-обработку КФС интернета вещей. Потребности

При описании, использовании киберфизических систем интернета вещей, в контексте гештальт-обработки, будет применяться их обозначение — CPS IoT (cyber-physical system of the internet of things).

Важным для гештальт-обработки, ее техническим смыслом, является использование для КФС интернета вещей (CPS IoT), наработок и технологий, применяемых психотерапевтами при оказании помощи, лечении такого сложного объекта, как «человек». Естественно, что начинать применение гештальт-обработки необходимо с использования простой модели повеления и дальнейшего развития CPS IoT в рамках применения когнитивного подхода [9], предполагающего использование и развитие чувственных образов, концептов, гештальтов, категорий для взаимодействия с реальным миром. Важным является использование концептов-гештальтов которые могут отражать CPS IoT с новыми эмерджентными свойствами.

Для CPS IoT под гештальтом понимается одно из возможных состояний киберфизической системы и внешней среды, которое возникает при

появлении какой-либо потребности CPS IoT и закрывается после удовлетворения этой потребности.

Потребности могут быть любой природы, находиться практически в любой точке географического положения, функционирования КФС. Для простой модели поведения целесообразно начинать изучение CPS IoT, их применение и развитие для таких задач как работа CPS IoT в системах безопасности, применение CPS IoT для оказания помощи пожилым людям и лицам с ограниченными возможностями, использование CPS IoT для систем цифрового ЖКХ и некоторые другие системы.

В настоящее время имеется далеко не одна работа, использующая понятие «потребность» для многих, различных (киберфизических) систем. В различных предметах это понятие имеет свое специфическое определение и смысл. В области управления делается упор на субъективной стороне потребности без возможности расширения этого понятия до уровня других потребностей. Некоторые исследователи «сравнивают потребность с нуждой, надобностью, дефицитом, ощущением недостатка, желанием и даже стремлением. Потребности это «...психологический или физиологический дефицит чего-либо, отраженный в восприятии человека» [10, 11]

В работе [12] описывается робот с символическим языком мышления. «Этот робот имеет систему распознавания собеседника, систему речевого ввода информационных потребностей, систему реализации информационных потребностей (систему имитации подражательного мышления), нейросетевую систему синтеза речи по тексту реализации информационной потребности [1–2]» [12]. В этой же работе рассматривается сеть поэлементной реализации информа-

ционной потребности.

В работе [13] представляется описание интеллектуального робота информационным кортежом. В описании представлено множество потребностей, которые указывают на запас энергии для согласованного движения группы разнотипных роботов в пространстве и во времени. Авторами в рассматриваемой задаче учитывается ситуация, когда могут спонтанно возникать противодействия и необходимо учитывать все стратегии поведения роботов при различных ролях и условиях противодействия.

В статье [14] рассматривается реализация механизма эмоций интеллектуального мобильного робота на базе гибридной нейро-продукционной системы. В моделях реализованы обобщенные отрицательные и положительные эмоции, представлены правила поведения робота и использованы некоторые потребности робота: потребность в пище, потребность в самосохранении, потребность в комфортных условиях существования

В работах [15] также предлагается автоматная модель темперамента и архитектура системы управления мобильным роботом TR-12, позволяющая описывать поведение индивидуума. Основным интересом возникает в ситуации, когда робот имеет конфликт между его текущими потребностями и возможностями.

В статье [16] описывается модель социального агента. Парадигма моделей социального поведения роботов основана на том, что получение синергетических эффектов в группах искусственных агентов возможно тогда, когда множество роботов образует некий аналог социального сообщества. Отмечается, что «...одной из наиболее эффективных моделей представления знаний в картине мира являются знаковая или семиотическая модель» [16]. Знаковая модель является

удобным инструментом для описания механизмов социального взаимодействия. Поэтому картина мира рассматривается как надстройка над базовой эмоционально-потребностной системой управления агента. В этом случае компоненты эмоционально-потребностной системы могут быть составными частями семиотической модели, где потребности представляют компоненты личностного смысла [16].

Примером потребностей для медицинских CPS IoT является необходимость оказания помощи пожилым людям и лицам с ограниченными возможностями, потребностью для робота-газонокосильщика может служить необходимость подзарядки аккумуляторной батареи – АБ.

При гештальт-обработке происходит выявление потребности, ее удовлетворение и закрытие гештальта. Специалисты в области психологии изначально выделяли цикл контакта, состоящий из четырех основных фаз: преcontact, контактирование, полный контакт и постконтакт [17].

Для гештальт-обработки CPS IoT важными являются наработки в области выделения и разрушения фигур, использование принципа «фигура-фон». Формирование гештальта рассматривается как первичная функция системы и для гештальт-обработки CPS IoT учитывая и фон, и фигуру, и их взаимоотношения, например, поведение CPS IoT (фигура) и ее контекст (фон). Как доказано психологами «...воспринимаемый образ объекта не является объективным, а зависит от потребностей субъекта. «Феноменологический мир организован потребностями индивида.» [18]. Можно предположить, что картина мира CPS IoT не является субъективной при наличии важных потребностей.

Имеющиеся примеры, подходы, технологии — опыт, в

области гештальтпсихологии, указывают на сложность работы с объектом «человек». Поэтому для CPS IoT изначально рассматривается простая модельная задача и для нее, в качестве основных этапов гештальт-обработки, можно выделить:

- возникновение (появление) потребности и фиксация этого события;
- конкретизация события, сбор для потребности актуальных исходных данных;
- формирование (складывание из воспринимаемой информации) гештальта: проверка состояния необходимых элементов, поиск ресурсов в среде;
- организация контакта с окружающей средой;
- запуск процедуры решения задачи — удовлетворение потребности;
- проверка удовлетворения потребности и закрытие гештальта.

При гештальт-обработке используется опыт деятельности CPS IoT. Данный опыт позволяет эволюционировать гештальт-ориентированным CPS IoT.

2. Формирование потребности

С теоретической точки зрения потребности больше всего рассматривались применительно к человеку. В меньшей степени рассматривались для искусственных систем. При появлении и развитии новой промышленной революции (Индустрия 4.0), характеризующейся внедрением «киберфизических систем», стали все больше использовать понятие «потребность» для искусственных систем различных направлений.

Дальнейшее развитие киберфизических систем может быть связано с возможностью использования наработок психологов относительно человека. Интересными могут

быть наработки относительно гештальт-обработки CPS IoT. Одной из первых задач, которая должна решаться, является формирование потребности. Первый этап формирования потребности для CPS IoT должен начинаться с момента появления признаков этого события. В качестве признаков для простой модельной задачи CPS IoT могут выступать:

- сигнал о низком уровне заряда аккумуляторной батареи CPS IoT, например, робота-пылесоса;
 - слабая освещенность аудитории, свидетельствующая о недостаточном количестве ламп для робота-осветителя или о перегоревшей лампе для робота-электрика;
 - появление незнакомого лица на охраняемой территории является сигналом для выявления личности роботом-секьюрити;
 - для продвинутых систем, как в Сингапуре, где испытывали патрульных роботов, которые следят за общественным порядком на улице и делают замечания нарушителям, признаком может быть необходимость сделать замечание [19 <https://www.mn.ru/smart/antiutopicheskij-mir-v-singapore-protestirovali-robotov-policzejskih-mestnye-pravozashhitniki-opasayutsya-cto-gosudarstvo-namereno-polnostyu-kontrolirovat-chastnuyu-zhizn-lyudej>];
- и другие примеры появления потребности.

Фиксация возникновения (появления) потребности может происходить различными способами. Например, в нейробиологической модели построения ИНС, она названа автором — Вальцевым В.Б. [20] брейнпьютером (от англ. brain — мозг) и в ее основе лежит модель реальной нервной клетки — нейрон, имеется отдельный вход потребности для регуляции. При подаче импульсов на вход потребности потенциал нервной клетки нарастает, но, при нали-

чий импульсов только на этом входе, не может превысить его порогового значения, необходимого для начала генерации выходных импульсов и хранится до поступления других импульсов [21].

Современные CPS IoT имеют различные системы, модули, элементы в своем составе где можно хранить возникшие потребности. В работе [12] фиксация появления потребности может происходить в таких системах как: «Речевая информационная потребность», «Система речевого ввода информационной потребности», «Система реализации информационной потребности» и некоторых других.

Следующий этап формирования потребности для CPS IoT связан с конкретизацией события появления потребности и сбором для потребности актуальных исходных данных.

Необходимость конкретизации события появления потребности связана с тем, что каждая потребность может реализовываться (удовлетворяться) определенным способом и необходимо определить какой способ (классы способов) смогут удовлетворить данную потребность. Для простых CPS IoT задача сводится к выбору конкретного способа из небольшого числа вариантов. Для более сложных CPS IoT потребуются провести обобщение признаков потребности для выбора класса реализации потребности.

Сбор для потребности актуальных исходных данных предполагает:

- определение перечня ИД, которые относятся к рассматриваемой потребности;
- определение точек формирования (получения) актуальных исходных данных;
- сохранение собранных исходных данных.

На основании собранных исходных данных и класса реализации потребности определяется способ (класс

способов), которые смогут реализовать данную потребность.

На следующем этапе требуется сформировать перечень исходных данных и выполнить для этих данных поиск ресурсов окружающей среды.

На завершающем этапе для перечня необходимых элементов из окружающей среды необходимо организовать контакт для взаимодействия с окружающей средой.

3. Организация взаимодействия модулей КФС с окружающей средой

Появление термина КФС ознаменовало рождение и развитие новой и цифровой трансформации, которая является всеохватывающей проникает во все сферы человеческой деятельности. Как отмечается в статье [22]: «... Технологии цифрового мира — технологии, основанные не просто на цифровизации всех технологических процессов и получения мгновенной обратной связи от технических систем, — это технологии глубокого проникновения «цифры» в «технологии», что позволяет выделять новый уровень систем — не технических, а киберфизических, намного более сложных и многомерных (от 3D и выше)».

Описание в русскоязычной википедии термин «Киберфизическая система» рассматривается как «...информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности любого вида, включая биологические и рукотворные объекты. В киберфизических системах вычислительная компонента распределена по всей физической системе, которая является её носителем, и синергетически увязана с её составляющими элементами» [23].

В другой, англоязычной Википедии уточняется, что «...в киберфизических системах фи-

зические и программные компоненты глубоко переплетены, действуют как встроенные системы (в отличие от автономных устройств), в том числе на разных пространственных и временных уровнях, и взаимодействуют друг с другом способами, которые изменяются с контекстом» [24].

В работе [25] принят «...термин «киберфизическая система» для обозначения системы систем (system-of-systems), состоящей из инженерных физических систем, интегрированных с сетевыми, вычислительными системами, а также системами данных, и взаимодействующих с человеком...».

С учетом этих определений структурно CPS IoT может содержать следующие модули:

- Модуль фиксации исходных требований и влияния возмущения (действий) внешней среды

- Модуль мониторинга изменений реальности.

- Модуль анализа текущего состояния.

- Модуль формирования управляющих воздействий.

- Модуль исполнительных устройств и механизмов для реализации управляющих воздействий.

Модуль фиксации исходных требований к состоянию, которое необходимо достичь, и влияния возмущения (действий) внешней среды может включать элементы для выявления и сохранения описания требуемого состояния CPS IoT и отклонений параметров внешней среды (возмущений).

В модуль мониторинга изменений реальности (внешней среды) могут входить элементы для установки наблюдения текущей ситуации. Объекты данных, оснащенные различными датчиками, например, приборы сенсорных и локальных измерений параметров среды для аналитики и создания дополнительных функций и услуг. Элементы получения и представления информации от

внешних источников представляют нелокальные события об информационно значимых обстоятельствах и являются по сути целевыми требованиями. К задачам этих элементов, для систем с обратной связью, могут добавляться представление результатов действий в среде.

Модуль анализа текущего состояния может содержать элементы для идентификации текущего состояния объекта и характеристик среды. Функциями этих элементов может быть проведение анализа ограничений и ресурсов CPS IoT. Для более продвинутых в плане эволюции систем, возможна оценка разрешимости целевых требований.

Модуль формирования управляющих воздействий может включать элементы для планирования управляющих решений и установки их выбора. Организовывать их передачу на исполнительные устройства. На элементы данного модуля может возлагаться организация взаимодействия с системами систем (system-of-systems), которые сами включают компоненты, являющиеся сочетанием разных по функциональности объектов:

- отслеживаемых, за счет предоставления данных о своем физическом местонахождении на текущий момент времени;

- объектов данных, генерирующих данные, либо проводя обработку сигналов с различных датчиков, или используя свои особенности, свойства, текущее состояние;

- интерактивных объектов — способных взаимодействовать со средой;

- «умных» объектов, которые также являются интерактивными объектами, и способны, некоторым образом, обрабатывать получаемые ими данные и реагировать на окружающую действительность по итогам обработки [26, 27].

В модуль реализации управляющих воздействий могут входить элементы для отработки команд/операций CPS IoT.

Команды (управляющие воздействия) могут разделяться на простые и сложные.

Простые команды служат для отработки разовых действий, например, перейти на один шаг вверх, вниз, влево, вправо, повернуться на 90 градусов, включить камеру общую и т.д. Результат выполнения этих команд понятен из их названия.

Сложные команды требуют более одного действия и состоят из двух и более простых команд, команд с условиями различной природы, микрокоманд, тегов, библиотек и т.д. Результатом является отработка сложного действия, имеющего ненулевой интервал. Примерами могут быть: зарядка АБ, передвижение до заданной точки и т.д. [ссылки].

Теоретико-множественная модель CPS IoT может быть представлена в следующем виде:

$$CPS = \langle FE, PLcM, PLcA, PLcP, PLcEM \rangle,$$

где

FE – множество элементов фиксации исходных требований и влияния возмущений (действий) внешней среды;
PLcM – множество физических и логических компонентов мониторинга изменений реальности;

PLcA – множество физических и логических компонентов анализа текущего состояния;

PLcP – множество физических и логических компонентов планирования управляющих воздействий;

PLcEM – множество физических и логических компонентов исполнительных устройств и механизмов для реализации управляющих воздействий.

Для этапа формирования потребности может использоваться многоагентная CPS IoT включающая следующие элементы:

- агент выявления признаков появления потребности;
- агент фиксации момента появления потребности;
- агент конкретизации появления потребности;

Структура модульной киберфизической системы

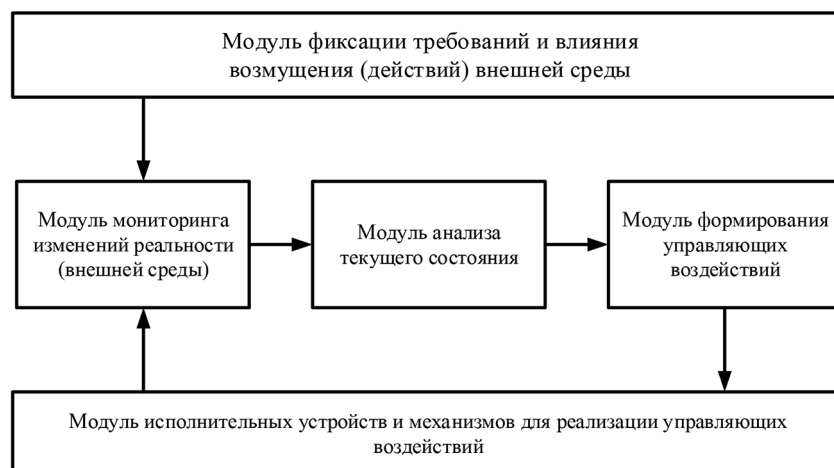


Рис.1. Модульная киберфизическая система

Fig.1. Modular Cyber-Physical System

Многоагентная система формирования потребности CPS IoT

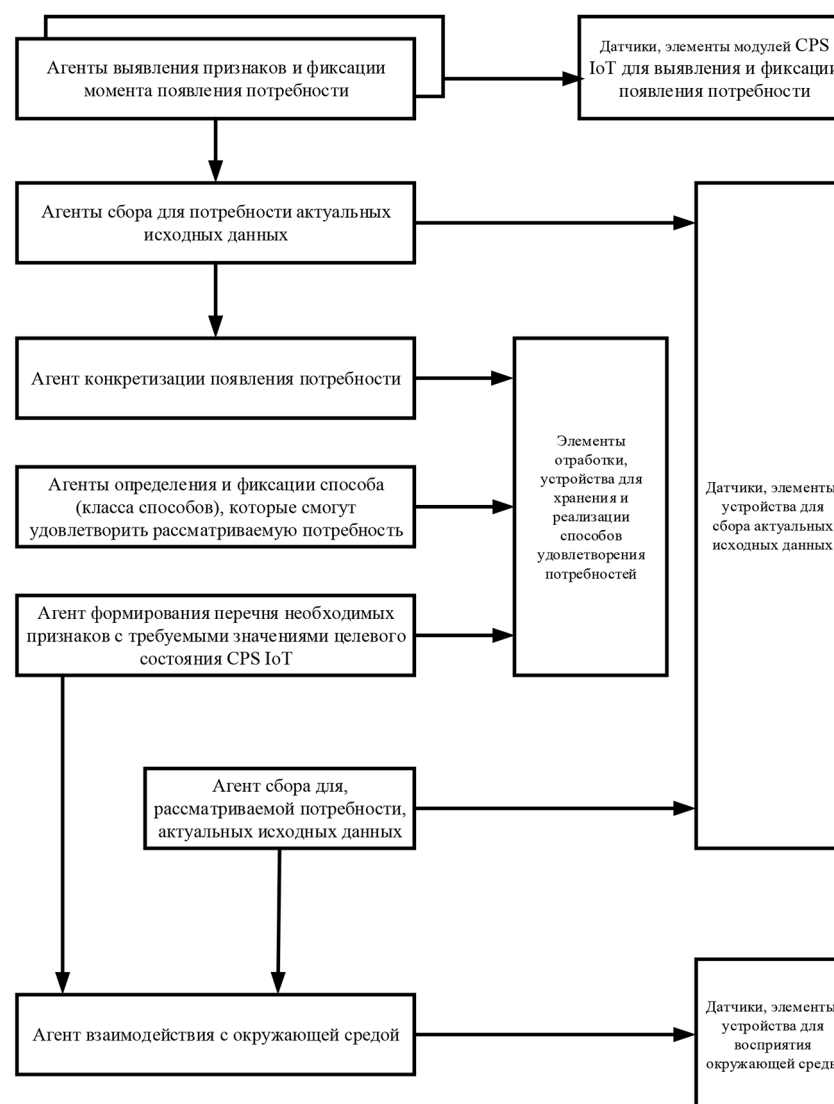


Рис.2. Многоагентная система формирования потребности CPS IoT

Fig.2. Multi-agent demand generation system CPS IoT

- агент сбора для потребности актуальных исходных данных;
- агент определения способа (класса способов), которые смогут удовлетворить рассматриваемую потребность;
- агент фиксации способа (класса способов), способного удовлетворить рассматриваемую потребность;
- агент сбора для, рассматриваемой потребности, актуальных исходных данных;
- агент формирования перечня необходимых признаков с требуемыми значениями целевого состояния;
- агент взаимодействия с окружающей средой.

4. Демо-пример формирования потребности

В качестве демо-примера рассматривается киберфизическая система музея-усадьбы в центральной полосе России. В состав музея-усадьбы может входить множество различных элементов. Рассматривается музей-усадьба, предназначенная для посетителей, экскурсий. Такой музей содержит следующие элементы: охрана, гардероб, касса, столовая, буфет, экскурсии, оранжерея, фонтаны и некоторые другие объекты. Каждому объекту ставится в соответствие своя CPS IoT в виде модуля [28, 29, 30]. Для демо-примера более подробно рассматривается модуль CPS IoT для организации и проведения экскурсий по парку. [21]

Основной целью демо-примера является демонстрация формирования потребности для CPS IoT при возникновении необходимости проведения экскурсии. В демо-примере рассматривается гипотетическая задача: имеется CPS IoT, которая представляет робот-экскурсовод, питающийся от АБ (аккумуляторной батареи), имеющий контекст экскурсии, принимающим заявки на экскурсии, формирующим потребности зарядки

АБ, потребность проведения экскурсии. CPS IoT и в ее распоряжении имеются датчики:

- Д01 – заявка на экскурсию получена,
- Д02 – заявки на экскурсию нет,
- Д03 – контекст экскурсии найден,
- Д04 – контекст экскурсии загружен
- Д05 – контекст экскурсии не загружен
- Д06 – контекст экскурсии не получен
- Д07 – потребность проведения экскурсии – есть,
- Д08 – потребность проведения экскурсии – нет,
- Д09 – экскурсионная группа собрана,
- Д10 – экскурсионная группа не собрана,
- Д11 – экскурсия начата,
- Д12 – зарядная станция найдена
- Д13 – АБ заряжена,
- Д14 – низкий уровень заряда АБ,
- Д15 – потребность зарядить АБ – есть.

CPS IoT может формировать следующие управляющие воздействия:

КМД1 – получить заявку на экскурсию,

КМД2 – заказать (найти) контекст экскурсии,

КМД3 – загрузить контекст экскурсии,

КМД4 – собрать (создать) экскурсионную группу,

КМД5 – сформировать потребность проведения экскурсии,

КМД6 – экскурсия начата (началась реализация потребности)

КМД7 – проверить заряд АБ (наличие потребности),

КМД8 – найти зарядную станцию,

КМД9 – зарядить АБ (реализовать потребность),

Данная CPS IoT включает элементы:

Объект,

Субъект,

Внешняя среда.

Объект (CPS IoT) содержит датчики Д01, Д02, Д03, Д04, Д05, Д06, Д07, Д08, Д011 и команды КМД1, КМД2, КМД3, КМД4, КМД5, КМД6, КМД7, КМД8 и КМД9. Условия применения команд представлены в табл.1.

Для восприятия внешней среды имеются датчики Д9 –

Таблица 1 (Table 1)

Команды, управляющие воздействия робота
Commands that control the actions of the robot

Код операции	Состояние до выполнения СДВ		Состояние после выполнения СПВ		Содержание
	Имя параметра	Значение	Имя параметра	Значение	
КМД1	Д02	1	Д01	1	получить заявку на экскурсию
КМД2	Д01 Д06	1 1	Д03	1	заказать (найти) контекст экскурсии
КМД3	Д03 Д05	1 1	Д04	1	загрузить контекст экскурсии
КМД4	Д04 Д10	1 1	Д09	1	собрать (создать) экскурсионную группу
КМД5	Д09 Д08	1 1	Д07	1	сформировать потребность проведения экскурсии
КМД6	Д07	1	Д11	1	экскурсия начата (началась реализация потребности)
КМД7					проверить заряд АБ (наличие потребности)
КМД8					найти зарядную станцию
КМД9					зарядить АБ (реализовать потребность)

экскурсионная группа собрана и Д10 – экскурсионная группа не собрана, задаваемые вручную.

Субъект в лице CPS IoT оценивает сам объект, внешнюю среду и принимает решение о проведении экскурсии. До принятия решения должны выполняться все этапы формирования потребности.

1. Возникновение (появление) потребности и фиксация этого события

Получение SMS, в котором содержится запрос на проведение экскурсии.

Таким образом, формируется управляющее воздействие КМД1, текущий параметр с Д02 переключается на Д01, т. е. «заявка на экскурсию получена». Как только параметр Д01 установлен, происходит фиксация события.

2. Конкретизация события. Сбор для потребности актуальных исходных данных

Необходимо достижение положительного результата при получении цепочки параметров Д03, Д04. Управляющие воздействия с кодами КМД2 и КМД3 соответственно обработаны.

3. Формирование (складывание из воспринимаемой информации) гештальта: проверка состояния необходимых элементов. Поиск ресурсов в среде;

Управляющее воздействие под кодом КМД5 обработано. Завершена подготовка к формированию потребности.

4. Организация контакта с окружающей средой;

Завершение формирования потребности. Вся необходимая подготовка произведена. Есть четко выраженная потребность проведения экскурсии. Отсутствуют параметры, приоритет которых выше, чем у Д07. Теперь возможно формирование группы, и начало процесса самой экскурсии, то есть цепочка параметров Д09 и Д11.

Далее происходит запуск процедуры решения задачи – удовлетворение потребности

```
/* D_1 ... D_15 типизация параметров */
struct D_parameter {
    unsigned char status;
    unsigned int priority;
    string description;
};

/* KMD_1 ... KMD_9 типизация команд */
struct KMD_command {
    unsigned char status;
    unsigned int priority;
    string description;
};

...

//инициализация блока параметров
//всем параметрам устанавливается нулевой статус по умолчанию
for (int D_i = 0; D_i <= 15; D_i++)
    D[D_i].status = 0;

string D_0_description = "заявка на экскурсию получена";
D[0].description = D_0_description;

string D_1_description = "заявки на экскурсию нет";
D[1].description = D_1_description;

...

//инициализация блока команд
//всем командам устанавливается нулевой статус по умолчанию
for (int KMD_i = 0; KMD_i <= 9; KMD_i++)
    KMD [KMD_i].status = 0;

string KMD_1_description = "получить заявку на экскурсию";
KMD [1].description = KMD_1_description;

string KMD_2_description = "заказать (найти) контекст экскурсии";
KMD [2].description = KMD_2_description;
```

Рис. 3. Фрагменты программного кода на C++

Fig. 3. Fragments of program code in C++

```
Обрабатываемый параметр: Д05
Статус: 1 (активен)
Значение: потребность проведения экскурсии – есть

Статус потребности: сформирован
Приоритет из текущих обрабатываемых параметров: высший
Диапазон команд, необходимых для выявления текущего параметра: КМД1...
КМД5
Прогнозируемая следующая команда: КМД6 (экскурсия начата)
```

Рис. 4. Результат работы программного модуля (выводится в терминал)
Fig. 4. The result of the program module operation (output to the terminal)

На рисунке 3 представлены фрагменты программного кода на C++ для формирования потребности.

После выполнения всех этапов формирования потребности включается в работу программный модуль вывода результатов работы в терминал. Полученные результаты работы программного модуля представлены на рисунке 4.

Заключение

Рассмотрена киберфизическая система главной задачей которой является формирование потребности для гештальт-обработки. Основными этапами формирования потребности показаны:

- появление ситуации возникновения потребности и необходимость фиксации этого события;

- мероприятия по конкретизации события, сбор для рассматриваемой потребности актуальных исходных данных;

- формирование (складывание из воспринимаемой информации) гештальта: проверка состояния необходимых элементов, поиск ресурсов в среде;

- организация контакта с окружающей средой;

- запуск процедуры решения задачи — удовлетворение потребности;

- проверка удовлетворения потребности и закрытие гештальта.

При гештальт-обработке используется опыт деятельности CPS IoT. Для накопления

опыта, его использования и развития предполагается использовать методы машинного обучения. Результаты машинного обучения могут представляться в виде концептов-представлений, концептов-сценариев. Данный опыт позволяет эволюционировать гештальт-ориентированным CPS IoT с новыми эмерджентными свойствами.

Литература

1. Трушкина Н.Ю. Гештальтпсихология и моделирование интеллекта // Вестник Московского университета. Серия 7: Философия. 2008. № 3. С. 41–50.

2. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 4. С. 32–42.

3. Кузнецов О.П. Неклассические парадигмы искусственного интеллекта // Теория и системы управления. 1995. № 5. С. 3–23.

4. Пинкер С. Язык как инстинкт. М.: Едиториал УРСС, 2004.

5. Шваб К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: Эксмо, 2016.

6. Kagermann H., Lukas W. and W. Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution // VDI nachrichten. 2011. № 13

7. Lee E.A. Cyber physical systems: Design challenges // 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC). 2018. С. 363–369.

8. Ли П. Архитектура интернета вещей / пер. с англ. М. А. Райтмана. М.: ДМК Пресс, 2019. 454 с

9. Трембач В.М., Алешенко А.С., Микрюков А.А. Интеллектуальная киберфизическая система с использованием гештальт-обработки // Открытое образование. 2021. № 25(6). С. 53–63. DOI: 10.21686/1818-4243-2021-6-53-63.

10. Meskon, M., Albert, M., Hedouri, F. Fundamentals of management. 1998.

11. Петрова С. И. О смысле и значении категории «потребность» [Электрон. ресурс] // Бюллетень науки и практики. 2017. № 6(19). С. 255–259. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/petrova-s>.

12. Брындин Е.Г. Робот с подражательным мышлением // Вестник ПНИПУ: Электротехника, Информационные технологии, Системы управления. 2015. № 14. С. 5–36.

13. Абросимов В.К., Мочалкин А.Н., Скобелев П.О. Стратегия поведения автономного робота в противодействующей среде: ситуационная осведомленность и самоорганизация

// Труды XIX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». (Самара, 12–15 сентября 2017). Самара: ОФОРТ, 2017. С. 45–53.

14. Карпов В. Э. Эмоции роботов // XII национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 (20–24 сентября 2010, Тверь). М: Физматлит, 2010. 444 с.

15. Карпов В. Э. Эмоции и темперамент роботов. Поведенческие аспекты // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. № 5. С. 126–145.

16. Карпов В. Э. Сорокоумов П. С. К вопросу о моральных аспектах адаптивного поведения искусственных агентов [Электрон. ресурс] // Искусственные общества. 2021. № 16(2). Режим доступа: <https://artsoc.jes.su/S207751800014740-3-1>. DOI: 10.18254/S207751800014740-3.

17. Цикл контакта [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Цикл_контакта.

18. Методические указания по усвоению дисциплины «Основы гештальттерапии». [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1662993631&tld=ru&lan=ru&name=Osnovy_geshtalytterapii.pdf.

19. Московские новости [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.mn.ru/smart/antiutopicheskij-mir-v-singapore-protestirovali-robotov-policzejskih-mestnye-pravozashhitniki-opasayutsya-chto-gosudarstvo-namereno-polnostyu-kontrolirovat-chastnuyu-zhizn-lyudej>.

20. Вальцев В.Б., Григорьев В.Р., Никонов В.Г., Щерблякин А.В. Бионика — как одно из основных направлений в решении теоретических и прикладных проблем искусственного интеллекта // Труды III международного Симпозиума «Интеллектуальные системы» (Интелс'98).

21. Карпов В.Э., Вальцев В.Б. Динамическое планирование поведения робота на основе сети «интеллектуальных» нейронов // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С.3–24.

22. Махотин Д. А. Киберфизические системы в образовании // Интерактивное образование. 2020. № 1. С. 14–17.

23. Киберфизическая система [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Киберфизическая_система.

24. Ватаманюк И.В., Яковлев Р.Н. Обобщенные теоретические модели киберфизических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. № 23(6). С. 161–175. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-6-161-175.

25. Ibarra-Esquer J.E., González-Navarro F.F., Flores-Rios B.L., Burtseva L., AstorgaVargas M.A. Tracking the evolution of the internet of things concept across different application domains //

Sensors. 2017. № 17(6). С. 1379. DOI: 10.3390/s17061379.

26. Солодов А.А., Трембач В.М. Разработка и использование модели когнитивной системы для решения задач целенаправленного поведения // Статистика и Экономика. 2019. № 16(6). С. 77–86. DOI: 10.21686/2500-3925-2019-6-77-86.

27. Трембач В.М. Модульная архитектура интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей // Открытое образование. 2019. № 23(4). С. 32–43. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-32-43.

References

1. Trushkina N.Yu. Gestalt psychology and intelligence modeling. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 7: Filosofiya. = Bulletin of Moscow University. Series 7: Philosophy. 2008; 3: 41–50. (In Russ.)

2. Kuznetsov O.P. Cognitive semantics and artificial intelligence. Iskustvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making. 2012; 4: 32–42. (In Russ.)

3. Kuznetsov O.P. Non-classical paradigms of artificial intelligence. Teoriya i sistemy upravleniya = Theory and control systems. 1995; 5: 3–23. (In Russ.)

4. Pinker S. Yazyk kak instinkt = Language as instinct. Moscow: Editorial URSS; 2004. (In Russ.)

5. Schwab K. Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya = The fourth industrial revolution. Tr. fr. Eng. Moscow: Eksmo; 2016. (In Russ.)

6. Kagermann H., Lukas W. and W. Wahlster W. Industry 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI nachrichten. 2011; 13. (In Russ.)

7. Li E.A. Cyber-physical systems: Design challenges. 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC). 2018; 363–369. (In Russ.)

8. Li P. Arkhitektura interneta veshchey = Architecture of the Internet of things Tr. fr. Eng. M. A. Reitman. Moscow: DMK Press; 2019. 454 p. (In Russ.)

9. Trembach V.M., Aleshchenko A.S., Mikryukov A.A. Intelligent Cyber-Physical System Using Gestalt Processing. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2021; 25(6): 53–63. DOI: 10.21686/1818-4243-2021-6-53-63. (In Russ.)

10. Meskon M., Albert, M., Hedouri, F. Fundamentals of management. 1998.

11. Petrova S. I. On the meaning and meaning of the category “need” [Internet]. Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice. 2017; 6(19): 255–259. Available from: <http://www.bulletennauki.com/petrova-s>. (In Russ.)

12. Bryndin Ye.G. Robot with imitative thinking. Vestnik PNIPU: Elektrotehnika, Informatsionnyye

tekhnologii, Sistemy upravleniya = Bulletin of PNIPU: Electrical engineering, Information technologies, Control systems. 2015; 14: 5–36. (In Russ.)

13. Abrosimov V.K., Mochalkin A.N., Skobelev P.O. Strategiya povedeniya avtonomnogo robota v protivodeystvuyushchey srede: situatsionnaya osvedomlennost' i samoorganizatsiya = Behavior strategy of an autonomous robot in a counteracting environment: situational awareness and self-organization. Proceedings of the XIX International Conference «Problems of Control and Modeling in Complex Systems». (Samara, September 12–15; 2017). Samara: Etching; 2017: 45–53. (In Russ.)

14. Karpov V. E. Emotsii robotov = Emotions of robots. XII National Conference on Artificial Intelligence with international participation KII-2010 (September 20–24; 2010, Tver). Moscow: Fizmatlit; 2010. 444 p. (In Russ.)

15. Karpov V. E. Emotions and temperament of robots. Behavioral aspects. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya = Bulletin RAN. Theory and control systems. 2014; 5: 126–145. (In Russ.)

16. Karpov V. E., Sorokoumov P: On the question of the moral aspects of the adaptive behavior of artificial agents [Electron. resource]. Iskustvennyye obshchestva = Artificial societies. 2021; 16(2). Available from: <https://artsoc.jes.su/S207751800014740-3-1>. DOI: 10.18254/S207751800014740-3. (In Russ.)

17. Tsikl kontakta = Contact cycle [Internet]. Available from: https://ru.wikipedia.org/wiki/Tsikl_kontakta. 18. Metodicheskiye ukazaniya po usvoyeniyu distsipliny «Osnovy geshtal'tterapii». [Internet]. Available from: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1662993631&tld=ru&lang=ru&name=Osnovy_geshtal'tterapii.pdf. (In Russ.)

19. Moskovskiy novosti = Guidelines for mastering the discipline «Fundamentals of Gestalt Therapy». [Internet]. Available from: <https://www.mn.ru/smart/antiutopicheskij-mir-v-singapore-protestirovali-robotov-policzejskih-mestnye-pravozashhitniki-opasayutsya-chto-gosudarstvenamereno-polnostyu-kontrolirovat-chastnuyu-zhizn-lyudej>. (In Russ.)

20. Val'tsev V.B., Grigor'yev V.R., Nikonov V.G., Shcheblykin A.V. Bionika – kak odno iz osnovnykh napravleniy v reshenii teoreticheskikh i prikladnykh problem iskusstvennogo intellekta = Bionics as one of the main directions in solving theoretical and applied problems of artificial intelligence. Proceedings of the III International Symposium "Intelligent Systems" (Intels'98). (In Russ.)

21. Karpov V.E., Val'tsev V.B. Dynamic planning of robot behavior based on a network of «intelligent» neurons. Iskustvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making. 2009; 2: 3-24. (In Russ.)

22. Makhotin D. A. Cyber-physical systems in education. Interaktivnoye obrazovaniye = Interactive education. 2020; 1: 14-17. (In Russ.)

23. Kiberfizicheskaya sistema = Cyber-physical system [Internet]. Available from: https://ru.wikipedia.org/wiki/Kiberfizicheskaya_sistema.

24. Vatamanyuk I.V., Yakovlev R.N. Generalized theoretical models of cyber-physical systems.

Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the South-Western State University. 2019; 23(6): 161-175. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-6-161-175. (In Russ.)

25. Ibarra-Esquer J.E., González-Navarro F.F., Flores-Rios B.L., Burtseva L., AstorgaVargas M.A. Tracking the evolution of the internet of things concept across different application domains. Sensors. 2017; 17(6): 1379. DOI: 10.3390/s17061379.

26. Solodov A.A., Trembach V.M. Development and use of a cognitive system model for solving tasks of purposeful behavior. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2019; 16(6): 77-86. DOI: 10.21686/2500-3925-2019-6-77-86. (In Russ.)

27. Trembach V.M. Modular architecture of an intelligent system for solving problems of the Internet of Things = Open education. 2019; 23(4): 32-43. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-32-43. (In Russ.)

Сведения об авторах

Василий Михайлович Трембач

К.т.н., доцент, доцент кафедры 304
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ», Москва, Россия
Эл. почта: trembach@yandex.ru

Андрей Александрович Микрюков

К.т.н., доцент, доцент кафедры
Прикладной информатики и информационной
безопасности
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия
Эл. почта: mikrukov.aa@rea.ru

Илья Сергеевич Ведьманов

Преподаватель кафедры 304
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ», Москва, Россия
Эл. почта: i.vedmanov@kaf304-mai.ru

Татьяна Германовна Трембач

Старший преподаватель кафедры И13
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ», Москва, Россия
Эл. почта: tat-trembach@yandex.ru

Information about the authors

Vasiliy M. Trembach

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Department 304
Moscow Aviation Institute, (National Research
University) «MAI», Moscow, Russia
E-mail: trembach@yandex.ru

Andrey A. Mikryukov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Applied
Mathematics, Computer Science and Information
Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: mikrukov.aa@rea.ru

Ilya S. Vachmanov

Lecturer of the department 304
Moscow Aviation Institute
(National Research University) «MAI»,
Moscow, Russia
E-mail: i.vedmanov@kaf304-mai.ru

Tatyana G. Trembach

Senior Lecturer of the Department I13
Moscow Aviation Institute
(National Research University) «MAI»,
Moscow, Russia
E-mail: tat-trembach@yandex.ru