

Модульная архитектура интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей*

Цель исследования. Целью исследования является формирование модульной архитектуры интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей. Для этого рассмотрены современные направления развития технологий, среди которых выделены наиболее значимые, перспективные направления и события в области информационных технологий. Среди этих направлений, событий выделены: внедрение технологий Industry 4.0; использование облачных, туманных вычислений; машинное обучение; когнитивный подход в области искусственного интеллекта; развитие когнитивного компьютеринга. Раскрыто основное содержание этих направлений. В контексте интернета вещей рассмотрена модульная архитектура интеллектуальной системы и описаны ее модули для решения задач целенаправленного поведения. В рамках развития интернета вещей рассмотрены подходы к управлению инновационными процессами. Сделан акцент на использовании когнитивных карт. При возрастании объемов информации возникают задачи принятия эффективных решений. Для этого рассмотрены интеллектуальные системы, ориентированные на использование концептов-представлений и концептов сценариев.

Материалы и методы исследования. При решении задач в рамках концепции Industry 4.0 (интернета вещей) требуются новые подходы и методы. Система Industry 4.0 представляет множество технологий, включающих создание устройств, датчиков, множество протоколов их взаимодействия. Одним из главных ее направлений является интернет вещей, который представляет собой новый шаг совершенствования интернета. Для развития интернета вещей используются туманные вычисления, которые расширяют и дополняют облачные вычисления. Одним из центральных мест в интернете вещей является машинное обучение. Дано краткое описание основных методов машинного обучения. Показано использование когнитивного подхода в контексте понимания и использования механизмов, которые позволяют человеку расшифровывать информацию о действительности и организовывать ее для проведения сравне-

ния, принятия решения и многих новых задач, возникающих в повседневной жизни. Представлены развивающиеся направления когнитивного компьютеринга.

Результаты. Предложена модульная архитектура интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей: модули интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей с использованием чувственных образов; модули интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей с использованием концептов-представлений; модули интеллектуальной системы для решения задач интернета вещей с использованием концептов-сценариев. Представлены значимые, перспективные направления и события в области информационных технологий и раскрыто их основное содержание. Рассмотрены подходы к управлению инновационными процессами. Описано использование нечеткой когнитивной карты, отражающей влияющие на продолжительность жизненного цикла этапы и факторы создания робота-пылесоса.

Заключение. Использование модульной архитектуры интеллектуальной системы позволяет решать задачи целенаправленного поведения с использованием чувственных образов окружающего мира. Такие системы могут применяться для решения задач интернета вещей. Используя интегрированный подход к описанию действительности, интеллектуальная система модульной архитектуры позволяет формировать концепты-представления и концепты-сценарии. Они могут сократить потоки информации, что актуально для интернета вещей и интернета всего. Описание значимых, перспективных направлений в области информационных технологий, подходов к управлению инновационными процессами дает понимание развития когнитивного компьютеринга.

Ключевые слова: когнитивный подход, интернет вещей, инновационные процессы, концепты-представления, чувственный образ, концепты-сценарии

Vasily M. Trembach

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

Modular architecture of the intellectual system for solving the problems of the internet of things

Purpose of the study. The aim of the study is the formation of the modular architecture of an intelligent system for solving the problems of the Internet of things. For this, modern trends in the development of technologies are considered, among which the most significant, promising areas and events in the field of information technologies are highlighted. Among these areas, events highlighted: the introduction of Industry 4.0 technologies; use of cloud, fog computing; machine learning; cognitive approach in the field of artificial intelligence; development of cognitive computing. The main content of these areas is disclosed. In the context of the Internet of things, the modular architecture of an intelligent system is considered and its modules

for solving tasks of purposeful behavior are described. As part of the development of the Internet of things, approaches to the management of innovative processes are considered. Emphasis is placed on the use of cognitive maps. With an increase in the volume of information, problems arise in making effective decisions. For this, intelligent systems focused on the use of conceptual representations and scripting concepts are considered.

Materials and research methods. When solving problems within the framework of the Industry 4.0 concept (the Internet of things), new approaches and methods are required. System Industry 4.0 represents many technologies, including the creation of devices, sensors, and

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 18-07-00918; 19-07-01137.

many protocols for their interaction. One of its main directions is the Internet of things, which represents a new step in improving the Internet. For the development of the Internet of things, fog computing is used that extends and complements cloud computing. One of the central places on the Internet of things is machine learning. A brief description of the basic methods of machine learning is given. The use of a cognitive approach in the context of understanding and using mechanisms that allow a person to decipher information about reality and organize it for comparisons, decision making and many new tasks that arise in everyday life is shown. The developing directions of cognitive computing are presented.

Results. The modular architecture of an intelligent system for solving the problems of the Internet of things is proposed: modules of an intelligent system for solving the problems of the Internet of things using sensory images; intelligent system modules for solving the problems of the Internet of things using conceptual representations; intelligent system modules for solving the problems of the Internet of things using concept scenarios. Significant, promising areas and events in the field of information technology are presented and their main content

is disclosed. Approaches to the management of innovative processes are considered. The use of a fuzzy cognitive map is described, which reflects the stages and factors of creating a robot vacuum cleaner that affect the life cycle.

Conclusion. Using the modular architecture of an intelligent system allows you to solve the problem of targeted behavior using sensual images of the world. Such systems can be used to solve the problems of the Internet of things. Using an integrated approach to the description of reality, the intelligent system of modular architecture allows the formation of conceptual representations and conceptual scenarios. They can reduce the flow of information, which is important for the Internet of things and the Internet of everything. Description of significant, promising areas in the field of information technology, approaches to managing innovative processes gives an understanding of the development of cognitive computing.

Keywords: cognitive approach, Internet of things, innovative processes, concepts-representations, sensual image, concept-scenarios

Введение

В жизни современного общества за последние десятилетия и, даже, за последние годы произошли события, которые могут стать знаковыми для общества в сфере информационных технологий (ИТ). Эти события связаны с появлением и развитием некоторых концепций, технологий и могут в будущем оказать решающее влияние на дальнейшую жизнь человечества.

Одним из важных направлений будущего развития передовых стран является Industry 4.0, которое, в узком смысле, есть название, которое получил один из проектов государственной Hi-Tech стратегии ФРГ до 2020 года. Этот проект представляет концепцию умного производства на базе глобальной сети интернета вещей и услуг.

По сути Industry 4.0 является переходом на современное автоматизированное цифровое производство. В этом направлении осуществляется управление интеллектуальными системами в реальном времени при взаимодействии с окружающим миром. Управление выходит за границы одного предприятия и объединяется в промышленный интернет вещей.

А в широком смысле, Индустрия 4.0 характеризует направление развития автоматизи-

зации и обмена данными. Это развитие технологий включает в себя киберфизические системы, интернет вещей и облачные вычисления.

По мнению специалистов, наиболее значимыми, перспективными направлениями, событиями для области ИТ, можно выделить [1,2,3]:

- внедрение технологий Industry 4.0;
- использование облачных, туманных вычислений;
- машинное обучение, особенно подходы к использованию нейронных сетей глубокого обучения;
- когнитивный подход в области искусственного интеллекта (ИИ);
- развитие когнитивного компьютеринга.

В настоящее время активно ведутся разработки в области интернета вещей, туманных и облачных вычислений. Одними из главных технологий Industry 4.0, интернета вещей, за которым ожидается интернет всего – является машинное обучение с развивающимися нейронными сетями глубокого обучения. Ведущие ИТ компании и научные центры мира занимаются развитием когнитивного компьютеринга который ориентирован на создание таких систем, которые могут решать возникающие задачи без помощи человека. Ожидается увеличение объемов информации, необходи-

мой для эффективной работы интернета вещей (взаимодействия устройств) и устройств будущего интернета всего.

Для успешной работы интернета вещей, а в будущем и интернета всего необходимы подходы к восприятию и использованию больших объемов информации. Одним из таких подходов является их сокращение за счет обобщения – формирования концептов представлений и концептов-сценариев. Целью статьи является создание модульной архитектуры интеллектуальной системы, позволяющей работать с чувственными образами, формировать концепты-представления и концепты-сценарии. Интеллектуальные системы с такой модульной архитектурой должны обеспечить взаимодействие встроенных в вещи устройств.

1. Направления развития информационных технологий

Одним из главных направлений Industry 4.0 является Интернет вещей (Internet of Things, IoT), представляющий собой новый виток совершенствования интернета. На этом новом этапе развития проявилась ситуация, когда к интернету подключено больше вещей, чем людей, т.е. количество устройств в сети обогнало численность населения во всем мире.

Интернет вещей объединяет окружающие нас объекты в телекоммуникационную компьютерную сеть. Эти вещи обмениваются информацией между собой и взаимодействуют без вмешательства человека, в режиме близком к реальному времени. Интернет вещей есть отражение в интернете окружающего нас реального мира.

Появление и развитие интернета вещей, как одной из технологий Industry 4.0, стало возможным за счет активного распространения телекоммуникаций в интернете, смартфонов, различных гаджетов, беспроводных сетей, удешевления электронных компонентов и обработки данных. В реальности системы интернета вещей состоят из множества умных устройств и облачной платформы, к которой они подключены. К этой системе примыкают системы хранения, обработки и защиты, собранных вычислителями, датчиками данных. Система Industry 4.0 представляет не одну, а целый стек технологий, включающий создание датчиков, множество протоколов их взаимодействия.

К основным компонентам, цифровым технологиям, которые могут использоваться в модулях интеллектуальной системы для решения задач в рамках Industry 4.0 [3,4,5,6,7], можно отнести:

– «Киберфизическая система» (CyberPhysical Systems) – комплексная система из вычислительных и физических элементов. Постоянно получает данные из окружающей среды и использует их для дальнейшей оптимизации процессов управления.

– «Интернет вещей» (Internet of Things) – объединение окружающих нас объектов в телекоммуникационную компьютерную сеть.

– «Интернет услуг» (Internet of Services).

– «Умное предприятие» (Smart Factory).

– 3D-печать (создание цельных трехмерных объектов на основе цифровой модели).

– Collaborative robot (CoBot) или КоБот - это робот для физического взаимодействия с человеком в совместной рабочей зоне. (Усовершенствованные интерфейсы взаимодействия между человеком и компьютером).

– Виртуальная реальность и дополненная реальность.

– Искусственный интеллект – это инструменты и технологии, которые позволяют обрабатывать большие объемы информации, обучаться (Интеллектуальные датчики / Мобильные устройства / переносимые гаджеты).

– Облачные и туманные вычисления.

– Интероперабельность (Interoperability) – (функциональная совместимость) важнейший фактор промышленной концепции Industry 4.0.

– Машинное обучение есть способность компьютерных систем улучшать свою деятельность путем использования данных без необходимости запрограммированных инструкций.

– Обработка естественного языка – работа с текстом, как у человека (извлекая смысл из текста или синтезируя читаемый, стилистически естественный и грамматически правильный текст. Вести обработку естественного языка не понимая текст, но при этом уметь манипулировать текстом в сложных формах).

– Робототехника. Интегрирует когнитивные технологии, такие как компьютерное зрение и автоматизированное планирование с датчиками, приводами и оборудованием (беспилотные аппараты, роботы с искусственным интеллектом, бытовые роботы и множество потребительских товаров от игрушек до домашней прислуги).

– Распознавание речи. Фокусируется на автоматическое

и точное расшифровывание человеческой речи.

– Анализ больших массивов данных и продвинутые алгоритмы аналитики.

– Технологии определения местонахождения.

– Кибербезопасность (Аутентификация и выявление случаев мошенничества) [7,8,9]

Киберфизическая система – это комплексная система из вычислительных и физических элементов, которая постоянно получает данные из окружающей среды и использует их для дальнейшей оптимизации процессов управления.

Туманные вычисления призваны расширить облачные функции хранения, обработки и сетевого взаимодействия. Концепция включает обработку и сбор данных, расположенных на конечных устройствах сети, а не в облаке, решая таким образом основные проблемы, возникающие при организации интернета вещей [10].

Под облачными, туманными вычислениями понимается модель, в которой для хранения данных, их анализа и принятия решений используются ресурсы устройств, работающих как в центральных узлах сети, так и с использованием персональных компьютеров, гаджетов, бытовых приборов, летательных аппаратов, видеокамер и так далее.

Для облачных вычислений основные операции выполняют централизованные дата-центры, которые собирают данные с оконечных узлов сети и находят им дальнейшее применение. В облачной модели важной характеристикой является пропускная способность каналов, по которым идет обмен информацией между облаком и оконечными (периферийными) узлами сети.

Для туманных вычислений предполагается значительную часть обработки проводить на периферии, что позволит увеличить скорость принятия решений. Таким образом

централизованное «облако» и децентрализованный «туман» будут дополнять друг друга.

Современные туманные решения наиболее подходят для интернета вещей – сети, в которой различные устройства взаимодействуют друг с другом и окружающей средой на основе заложенных правил, по команде человека или по команде интеллектуального агента. В туманных вычислениях границей сети считается точка, где создаются данные с IoT-устройств. Сейчас все чаще можно услышать об «интернете всего» (internet of everything или IoE). Данное понятие предложено компанией Cisco, как и понятие «интернет вещей», и будет актуальным лет через пять, когда число устройств, подключенных к интернету, будет составлять десятки миллиардов. Все они будут использовать туманные вычисления, обмениваться друг с другом данными (определять свое местонахождение, передавать показания различных датчиков, предлагать интернет-услуги, синхронизировать файлы, и т. д.). И такая глобальная система будет называться «интернетом всего».

Машинное обучение (machine learning, ML) является областью знаний, из состава основных источников технологий и методов, используемых в областях больших данных и Интернета вещей. В этой области изучаются и разрабатываются подходы, алгоритмы автоматизированного извлечения знаний из сырого набора данных, методы обучения информационных систем на основе результатов, полученных при обработке данных, прогнозируемых ситуаций, распознавания образов и т.д. Современное машинное обучение представляет класс методов искусственного интеллекта, в основе которых не прямое решение задачи, а обучение в ходе применения решений множества сходных задач.

Целью машинного обучения является предсказание результата по входным данным. ML позволяет компьютерам обучаться самостоятельно, используя возможности современной вычислительной техники, способной легко обрабатывать огромные массивы данных [11].

В современном представлении ML объединяет в себе:

- технологии нейронных сетей,
- методы обучения по прецедентам,
- генетические алгоритмы и их приложения,
- правила вывода,
- подходы и методы аналитического обучения.

Одним из видов машинного обучения являются нейронные сети, с которыми напрямую связано глубинное (глубокое) обучение – Deep Learning. Слово «глубинное» обозначает степень сложности (глубины) используемого обучения нейросети наличие более чем одного скрытого слоя. Скрытые слои, используя полученные входные данные, выполняют математические вычисления. Одним из основных вопросов, при построении нейросетей, является выбор количества скрытых слоев и количества нейронов в каждом слое. Глубокое обучение представляет собой архитектуру нейросетей, один из подходов к их построению и обучению.

Нейронные сети глубокого обучения «тренируются» путем подстройки весов своих связей так, чтобы лучше передавать входные сигналы через множество слоев тем нейронам, которые отвечают за различные способы текущей обработки.

История машинного обучения, как и многое другое в искусственном интеллекте, началась с многообещающих работ в 1950-х – 1960-х годах. Первые шаги в использовании технологий искусственного интеллекта связаны с компьютерной парадигмой [12].

Расширение области практических интеллектуальных задач, решаемых системами ИИ, привело к пониманию того, что при выполнении некоторых интеллектуальных задач компьютер уступает человеку [12,13,14]. «То, что сложно компьютеру – просто человеку и наоборот, то, что сложно человеку, просто компьютеру» [12].

В области когнитивного подхода исследователями и разработчиками выделяется направление, концепция которого связана с проведенным исследованием Э.Рош [14]. Это направление более полно описано в работе Лакоффа [13]. В этой работе показана возможность использования и дальнейшего развития полученных результатов исследований в современных технологиях из области искусственного интеллекта [12].

Целью когнитивного подхода является понимание и использование механизмов которые позволяют человеку расшифровывать информацию о действительности и организовывать ее для проведения сравнения, принятия решения и многих новых задач, возникающих в повседневной жизни.

Исследование механизмов, используемых человеком для решения трудных задач, их использование является основной задачей для развития когнитивного подхода в области искусственного интеллекта.

Когнитивные вычисления (cognitive computing) – это современные технологии, которые с помощью многих исследователей развиваются быстрыми темпами и помогают человеку обрабатывать огромные потоки информации, генерируемым человечеством. Для решения своей основной задачи (упрощения работы человека со своим современным информационным окружением), системы когнитивных вычислений должны быть:

– Адаптивными, т.е. реагировать на изменения информационного окружения, изменяющиеся цели и задачи. Системы когнитивных вычислений должны уметь вести обработку динамических данных и выдавать результат в режиме реального времени.

– Интерактивными, благодаря взаимодействию с пользователем в комфортном окружении, получая нужный результат. Системы когнитивных вычислений должны иметь возможность работать с другими системами, приложениями, устройствами, облачными сервисами и людьми.

– Самообучаемыми, при этом работа систем когнитивных вычислений должна основываться на новых данных и на результатах своей работы в прошлом. Для этого такие системы должны «запоминать» предыдущие действия и обращаться к своему «опыту» при необходимости.

– Контекстуальными. Для этого системы когнитивных вычислений должны понимать, идентифицировать и выделять контекст с помощью таких элементов как значение, время, местоположение, статус пользователя, цель, процесс, задачу и некоторые категории. Система должна уметь взаимодействовать с несколькими источниками информации, включая структурированные и неструктурированные данные, а также с устройствами интернета вещей и интернета всего.

К когнитивному компьютеру специалисты относят всё, что связано с моделированием мозговых процессов человека. Это системы с обучением, извлечением данных, распознаванием образов в виде фото, видео, речи, обработка текстов на естественных языках и многие другие направления. Нацелен когнитивный компьютер на создание таких систем, которые могут решать поставленные задачи без участия человека.

Компания IBM определила три основных направления, в которых наиболее интенсивно станут развиваться новые когнитивные технологии: принятие решений, аналитический анализ и диалог с клиентом (пользователем).

2. Интеллектуальная система для решения задач целенаправленного поведения

Для создания новых ИС [15,16] специалистами применяются разработки на основе компьютерной парадигмы и полученные результаты, в ходе исследований когнитивных механизмов, для решения новых задач с использованием базы знаний. В рамках технологии «Индустрия 4.0» использование такого подхода при формировании планов целенаправленного поведения дает возможность массового внедрения киберфизических систем в производство и обслуживание для развития интернета вещей [17].

Базы знаний ИС строятся с использованием интегрированного подхода, который использует сетевые и логические парадигмы представления действительности. За основу использования представления знаний берутся чувственные образы. Чувственный образ (ЧО) предмета или явления, в рамках интегрированного подхода, есть отображение окружающего мира на уровне восприятия данных (перцепции). Он может быть представлен семеркой признаков:

ЧО = <Имя, ПРДУ, ПСТУ, СПИМНУ, СПИМВУ, СПИМР, МПСРС>

где:

– Имя – имя описываемой вершины-сущности. Является обозначением сущности элемента образа. В реальном мире может быть либо объектом, либо действием.

– ПРДУ – предусловие вершины-сущности описывает

ситуацию, когда вершина будет активной.

– ПСТУ – постусловие служит признаком активизации, для текущей вершины-сущности, свидетельствующим о переходе этой вершины-сущности в активное состояние после реализации управляющего воздействия.

– СПИМНУ - список имен вершин-сущностей нижнего уровня (содержание). Указывает вершины-сущности, определяющие рассматриваемую вершину-сущность.

– СПИМВУ – список имен (названий) вершин-сущностей верхнего уровня используется для анализируемой вершины-сущности. Содержит имена сущностей, которые определяются рассматриваемой вершиной.

– СПИМР – список имен (названий) вершин-сущностей рода. Для рассматриваемой вершины показывает все имена вершин, которые охвачены текущей вершиной.

– МПСРС – множество представлений о ситуациях для рассматриваемой вершины-сущности. Содержит характерные ситуации, в которых она содержится.

Интеллектуальная система для использования чувственных образов имеет архитектуру, показанную на рис. 1.

База знаний интеллектуальной системы обеспечивает запись, редактирование и хранение описаний чувственных образов понятий, явлений, признаков и команд. Перечисленные описания используются в модуле планирования.

Модуль планирования операций (управляющих воздействий – УпрВ) используется для планирования решения задач. Формируемый план включает множество запланированных операций. Эти операции нужны для перехода в требуемое состояние.

Сформированные команды выдаются в модуль реализации спланированных операций

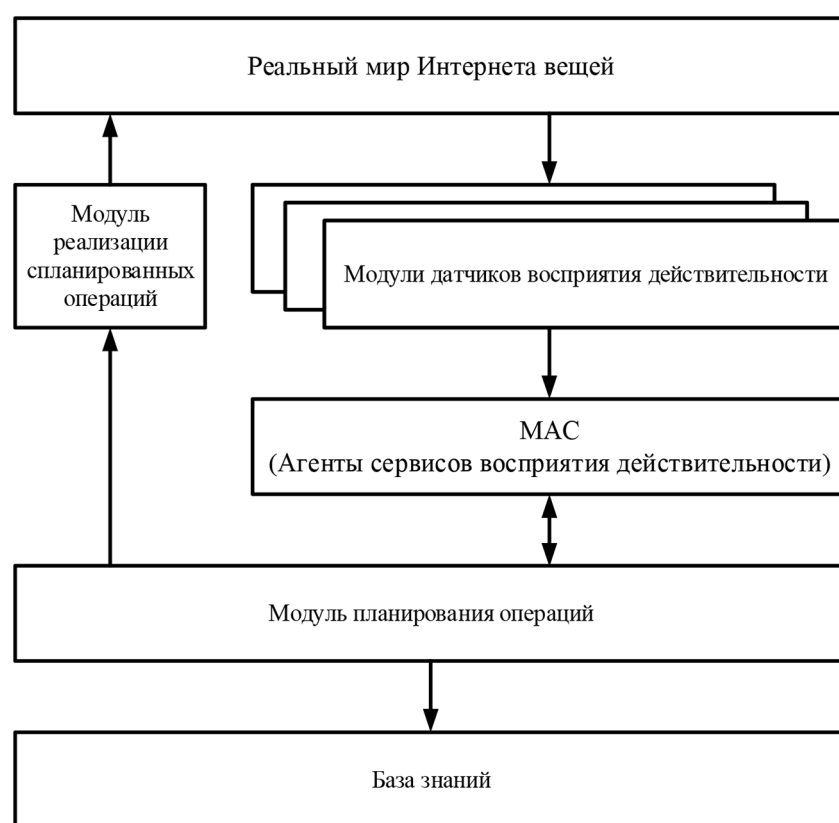


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной системы для использования чувственных образов

для взаимодействия с объектом управления и внешней средой. В этом модуле сохраненные результаты выдаются на исполнительные устройства, проверяется безошибочность их отработки. В ближайшее время на этом месте появятся умные устройства из вычислительных и физических элементов.

МАС – это многоагентная система, которая содержит агенты сервисов восприятия действительности. Эти агенты вместе с модулями датчиков восприятия действительности используются для получения данных, отражающих состояние управляемого объекта, модулей ИС, наличие возмущений внешней среды и т.д. Для этих целей используются все доступные ИС признаки. В МАС формируются чувственные образы для актуального текущего состояния Стек, а также принимаются и обрабатываются значения признаков из различных источников (встроенных датчиков, про-

граммных приложений).

Реальный мир интернета вещей может содержать технически сложный объект управления. В недалеком будущем этот реальный мир начнет заполняться киберфизическими системами, приборами, взаимодействующими между собой. В качестве одного из таких приборов должна быть интеллектуальная система для управления инновационными процессами.

3. Подходы к управлению инновационными процессами

В современном мире используются различные подходы к активизации инновационной деятельности. Одним из важных направлений в области поддержки и принятия решений является когнитивное моделирование при исследовании управления инновационными процессами (ИП).

Актуализация когнитивного подхода в области инноваций

обусловлена сложностью анализа содержащихся признаков и прогнозирования процессов функционирования современных организаций, принятием эффективных управленческих решений в современных областях человеческой деятельности.

Моделирование ИП проводится для формирования базы прецедентов, которая используется при принятии управленческих решений.

К настоящему времени специалистами выделяется несколько поколений (generation – G) моделей инновационного процесса [18,19,20,21].

Для поколения G1 используется Линейная модель (с1955 года до середины 1960-х годов). В рамках этой модели ИП «подталкивается» технологиями.

В следующем поколении моделей G2 отражается линейно-последовательная модель, которую еще называют рыночной. Использовалась с конца 1960-х годов – до начала 1970-х годов. По сути отражает линейно-последовательную модель, делая акцент на важность рынка (модель “Рыночного вытягивания”). В рамках этой модели инновационный процесс подталкивается необходимостью – источником всех изобретений.

В третьем поколении моделей инновационных процессов G3 применяется интерактивная модель с начала 1970-х годов – до середины 1980-х годов. Является комбинацией поколений моделей G1 и G2. В этих моделях использовались связи технологических способностей и возможностей с текущими потребностями рынка.

Для поколения G4 используется интегрированная модель (Японский подход к инновационному процессу или догоняющий тип инновационного процесса). Она стала применяться с середины 1980-х годов. Применяет одновременную работу над идеей, проек-

том нескольких групп специалистов. Обычно эти группы работают в нескольких разных направлениях.

Для поколения моделей G5 применяется модель стратегических сетей. Поколение G5 используется с середины 1990-х годов. Данное направление представляет собой совмещение интегрированной модели (G4) и интеграции стратегически взаимодействующих компаний. Модель G5 отражает процесс цифровизации инновации, характеризующийся расширением использования интеллектуальных систем, имитационного моделирования, интегрированных систем, систем проектирования и т.д., связанных с поставщиками. Инновационные процессы проявляются как результат взаимодействия компании, ее поставщиков, конкурентов и потребителей.

Модели поколения G6 обязаны своим появлением увеличению роли знаний, которые стали доминировать в современной экономике. Значимыми характеристиками модели G6 является то, что организации, предприятия, фирмы обладают разной информацией, они отличаются тем, насколько интенсивно используются эти знания, и тем, как они используют и преумножают эти знания.

Таким образом можно отметить дальнейшее смещение составляющих инновационного продукта от элементов материальной природы к элементам интеллектуальным, которые представляются в виде надежной и своевременно полученной информации. В итоге процесс нововведения постоянно эволюционирует и на данный момент имеет сложный многоаспектный характер.

Для принятия обоснованных решений при управлении инновационными процессами требуется проверенная информация. В действительности используемая информация имеет



Рис. 2. Продолжительность жизненного цикла создания робота-пылесоса

неточность по восприятию, интерпретации источников, применяются различные способы передачи и т.д. [22]. В этой ситуации актуальным становится использование и дальнейшее развитие когнитивного подхода. Для управления инновационными процессами успешным является применение когнитивных механизмов, которыми пользуется человек при решении сложных задач. Одним из таких подходов является применение когнитивной карты, представляющей собой знаковый ориентированный граф с обратными связями [23, 24.]

Вершины в этом графе отражают ключевые факторы объекта исследования и называются концептами. Каждой вершине (концепту) ставится в соответствие несколько переносимых состояний, и они характеризуют состояние концепта качественно или количественно.

Ребра графа (дуги) отражают причинно-следственные связи между вершинами. Эти связи показывают направление влияния концептов друг на друга и степень этого влияния.

Одним из недостатков традиционных когнитивных карт является ограниченность применения, отсутствие численного моделирования функционирования систем, для которых они создаются [25].

Для информационных систем, которые являются составляющими инфраструктуры систем инновационных процессов, целесообразно использовать нечеткие когнитивные карты (НЧК).

Используя построенную НЧК можно сформировать матрицы взаимовлияний концептов друг на друга. На основе сформированной матрицы можно исследовать поведение и устойчивость разработанной НЧК. В дальнейшем можно проводить расчеты системных показателей карты [25].

Для примера представляется НЧК в которой отражаются влияющие на продолжительность жизненного цикла (ЖЦ) этапы и факторы создания робота-пылесоса. На продолжительность ЖЦ создания робота-пылесоса (1) влияют такие показатели, как

– (2) длительность каждого этапа разработки, производства;

- (3) задержки в производстве роботов-пылесосов;
- (4) возможные неисправности модулей;
- (5) возможные ошибки, сбои в производстве модулей;
- (6) доступность ресурсов.

Нечеткая когнитивная карта, отражающая продолжительность жизненного цикла (ЖЦ) создания робота-пылесоса представлена на рис. 2.

Многие из данных показателей имеют свою определенную степень нечеткости и использование теории нечеткой логики является эффективным решением для работы в такой ситуации. Построение НКК дает возможность наглядно увидеть факторы, влияющие на продолжительность ЖЦ создания робота-пылесоса, что позволяет сформировать своевременные управляющие решения для оптимизации процессов производства инновационных продуктов.

4. Интеллектуальная система с использованием концептов-представлений

Возрастание объемов, используемой современным обществом информации, требует эффективных задач для их обработки – инноваций и новых подходов к их решению. Одним из таких подходов является использование когнитивных механизмов, применяемых человеком в повседневной деятельности. Одним из таких механизмов является обобщение информации о реальном мире при создании концептов-представлений и концептов-сценариев.

Формирование концептов-представлений интеллектуальной системы служит для обобщения чувственных образов предметов, действий, ситуаций реального мира [26].

По степени абстрактности они являются более высокими, чем представления о реальном мире через конкретно-чувственные образы. В ИС

концепты-представления отражают наиболее наглядные, яркие внешние признаки ситуации, объекта или явления. Эти признаки проявляются в ходе работы интеллектуальной системы. Концепты-представления задаются в формате интегрированного подхода к описанию знаний. Этот подход может представляться как в работе [26] и иметь следующее содержание:

- Имя концепта-представления. Является названием элемента (объекта, действия), определяющего этот концепт;
- Предусловие. Содержит множество существенных и отделяемых признаков представления. Необходимо при описании ситуации, для которой вершина, соответствующая текущей, будет активной;
- Постусловие. Выступает признаком активизации вершины (концепта);
- Список имен вершин нижнего уровня. Представляется как содержание. Включает названия вершин-сущностей,

которые определяют рассматриваемую вершину-сущность;

- Список имен вершин верхнего уровня. Включает, для рассматриваемой вершины сущности (концепта-представления), имена вершин-сущностей, которые определяются этой вершиной (концептом-представлением);

- Содержание концепта-представления. Является множеством существенных признаков представления,

- Объем концепта-представления. Содержит множество предметов или явлений, на которые распространяется концепт-представление.

Архитектура интеллектуальной системы с использованием концептов представлений показана на рис. 3. В отличие от ИС с чувственными образами в ее состав введен модуль формирования концептов-представлений.

Формирование концептов-представлений является возможностью обобщения чувственных образов предметов и явлений. Для обобщения

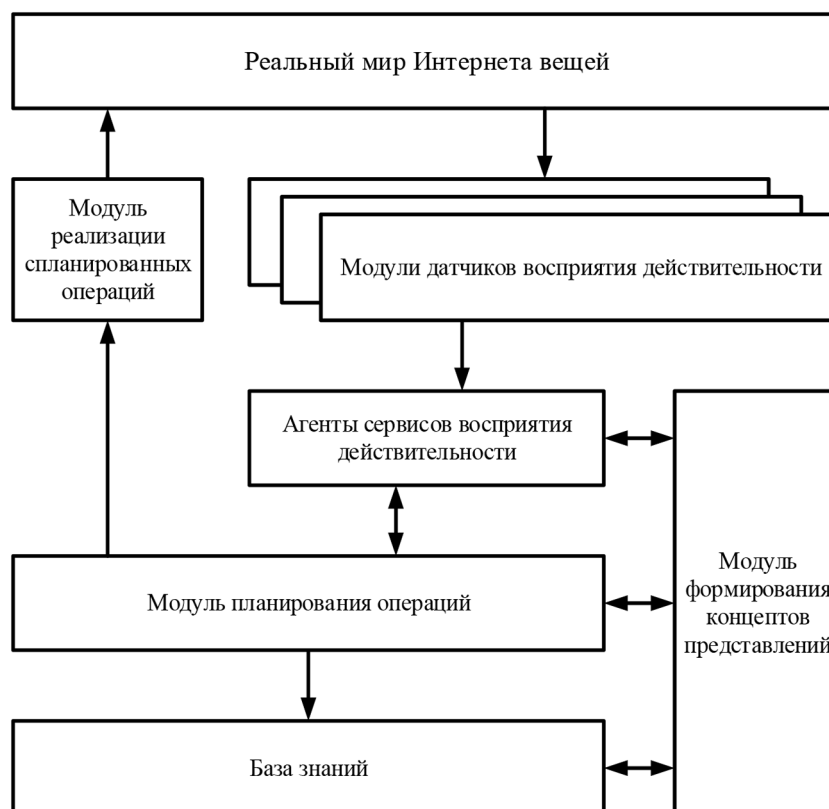


Рис. 3. Структурная схема интеллектуальной системы с использованием концептов представлений

операций, состоящих из чувственных образов объектов и явлений (управляющих воздействий) используются концепты-сценарии.

5. Интеллектуальная система с модулем для формирования концептов-сценариев

Если концепт-представление используется для обобщения чувственных образов разных предметов и явлений реального мира, то концепт-сценарий является динамически представленным фреймом и включает последовательность этапов, эпизодов. По Дж. Лакоффу [13] «... сценарию соответствует следующая онтология: начальное состояние, последовательность событий, конечное состояние. Для более сложных задач в онтологию сценария могут включаться люди, вещи, свойства, отношения. Входящие в онтологию элементы часто связываются отношениями определенных типов: причинными отношениями, отношениями тождества и т.д.».

При использовании интегрированного метода представления знаний структура концепта-сценария имеет следующий вид [27]:

- Имя (название) концепта-сценария,
- Предусловие. Включает множество существенных и отделяемых признаков концепта-сценария;
- Постусловие. Содержит признак активизации вершины-сущности (концепта-сценария);
- Содержание концепта-сценария. Включает множество существенных признаков концепта-сценария;
- Объем концепта-сценария. Содержит множество ситуаций для которых используется этот сценарий;
- Список имен состояний (событий, сценариев) верхнего уровня;

– Список имен сущностей нижнего уровня.

В качестве примера рассматривается демо-ситуация в которой используются конкретно-чувственные образы операций из бизнес-процесса «Установка модуля робота-пылесоса». Установка модуля робота-пылесоса может быть представлена несколькими операциями бизнес-процесса.

Первая из них связана с ЗАКАЗОМ модуля на складе компании; вторая связана с входным контролем модуля; третья с установкой модуля на плату робота-пылесоса.

Для операции ЗАКАЗ формируется ее концепт-представление из множества конкретно-чувственных образов событий (включить ПК, ввести пароль инженера, открыть сайт компании, зарегистриро-

ваться, ввести данные модуля, отправить заказ; включить ПК, ввести пароль администратора, открыть сайт компании, зарегистрироваться, ввести данные модуля, отправить заказ; ... использовать ПК начальника, открыть сайт компании, зарегистрироваться, ввести данные модуля, отправить заказ).

После выполнения, указанных выше операций, операция ЗАКАЗ будет представлена следующим образом: «ЗАКАЗ; предусловие: сайт компании открыт – да; введены данные модуля – да; заказ отправлен – да; постусловие: заказ сделан – да».

Подобным образом будут получены концепты-представления для операций ВХОДНОЙ_КОНТРОЛЬ и УСТАНОВКА_МОДУЛЯ:

«ВХОДНОЙ_КОНТРОЛЬ; предусловие: заказ сделан –

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<base>
  <concept-scenario name="УСТАНОВКА_МОДУЛЯ" comments="установить модуль робота">
    <PRDU>
      <element name="сайт_компании_открыт" ODZname="да" w="1"/>
      <element name="введены_данные_модуля" ODZname="да" w="1"/>
      <element name="заказ_отправлен" ODZname="да" w="1"/>
    </PRDU>
    <PSTU>
      <element name="модуль_установлен" ODZname="да" w="1"/>
    </PSTU>
    <CONTENTcon>
      <EVENT>
        <event name="ЗАКАЗ" comments="заказ модуля на складе"/>
        <PRDU>
          <element name="сайт_компании_открыт" ODZname="да" w="1"/>
          <element name="введены_данные_модуля" ODZname="да" w="1"/>
          <element name="заказ_отправлен" ODZname="да" w="1"/>
        </PRDU>
        <PSTU>
          <element name="заказ_сделан" ODZname="да" w="1" />
        </PSTU>
        <event name="ВХОДНОЙ_КОНТРОЛЬ" comments="заказать билет"/>
        <PRDU>
          <element name="заказ_сделан" ODZname="да" w="1" />
        </PRDU>
        <PSTU>
          <element name="модуль_исправен" ODZname="да" w="1" />
        </PSTU>
        <event name="УСТАНОВКА_МОДУЛЯ_НА_ПЛАТУ" comments="установить модуль на плату"/>
        <PRDU>
          <element name="модуль_исправен" ODZname="да" w="1"/>
        </PRDU>
        <PSTU>
          <element name="модуль_установлен" ODZname="да" w="1"/>
        </PSTU>
      </EVENT>
    </CONTENTcon>
    <...>
  </concept-scenario>
</base>
```

Рис. 4. Фрагмент базы знаний с представлением концепта-сценария

да; постусловие: модуль исправен – да».

«УСТАНОВКА МОДУЛЯ НА ПЛАТУ; предусловие: модуль исправен – да; постусловие: модуль установлен – да».

Концепт-сценарий, первоначально, представляется как концепт-представление операции, например, ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ. В ходе деятельности выясняется, что этой операции часто предшествует концепт операции ЗАКАЗ. Таким образом происходит формирование концепта-сценария, последовательность операций которого содержит: ЗАКАЗ и ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ. Предусловием данного сценария является: сайт компании открыт – да; введены данные модуля – да; заказ отправлен – да; а постусловием: заказ сделан – да.

При дальнейшей деятельности выясняется, что после созданного концепта-сценария часто используется концепт УСТАНОВКА МОДУЛЯ НА ПЛАТУ. В итоге формируется концепт-сценарий УСТАНОВКА МОДУЛЯ РОБОТА-ПЫЛЕСОСА, у которого последовательность операций включает: ЗАКАЗ, ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ, УСТАНОВКА МОДУЛЯ НА ПЛАТУ. Предусловием дан-

ного сценария является: сайт компании открыт – да; введены данные модуля – да; заказ отправлен – да; а постусловием: модуль установлен – да.

На рис. 4 представлен фрагмент базы знаний с концептами, описывающими команды и концептами-сценариями.

Создание концептов-сценариев является одним из подходов к сокращению объемов представлений накапливаемого опыта субъектов. Такой подход может применяться в ходе работы как для автономных киберфизических систем, так и в случае их взаимодействия друг с другом. Примером может быть множество агентов, роботов (субъектов), их взаимодействие внутри роя, стаи, в составе коллектива [28].

На примере исследовательских систем обучение может быть представлено с учетом двух этапов. На первом этапе формируются стимул-реактивные связи (вырабатывается рефлекторная деятельность. На втором этапе у исследуемой системы формируются новые навыки, новое восприятия реального мира, новые поведенческие реакции на появляющиеся ситуации. По мнению исследователей, второй этап содержит хорошие условия для формирования концептов-сценариев.

Заключение

Представленная в статье модульная архитектура интеллектуальной системы, использует некоторые когнитивные механизмы человека, с помощью которых можно решать несложные задачи в рамках концепции интернета вещей.

Применение системой когнитивного подхода к представлению, формализации знаний о действительности включает несколько основных этапов.

На первом этапе, с момента запуска, система начинает познавать мир и использует для этого конкретно-чувственные образы.

На втором этапе происходит обобщение знаний о реальном мире в виде концептов-представлений. Сформированные концепты хранятся в базе знаний системы. Отображение обобщенных динамических объектов, ситуаций выполняется с помощью формирования концептов-сценариев. Использование модульной архитектуры интеллектуальной системы, при дальнейшем развитии, может применяться для решения задач целенаправленного поведения в рамках концепции «Индустрия 4.0» (интернета вещей).

Литература

1. С. Рассел, П. Норвиг Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.

2. Новиков О.Ю. Компоненты понятия Industry 4. 0 [Электрон. ресурс] // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2017. № 1 (1). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/komponenty-ponyatiya-industry-4-0> (дата обращения: 19.06.2019).

3. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия. [Электрон. ресурс] Режим доступа: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf

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

5. Lee E. A. Cyber Physical Systems: Design Challenges // 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC'08) Orlando, Florida. 2008. P. 363–369.

6. Giusto D. The Internet of Things / Iera A., Morabito G. and L. Atzori, Springer-Verlag New York, 2010. P. 442.

7. Kagermann H. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group / W. Wahlster and J. Helbig, 2013.

8. Six technologies for Industry 4.0 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.gradient.org/noticia/10173/?lang=en> (дата обращения 18.12.2016)

9. Индустрия 4.0 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.sovtest.ru/industriya40/index.php> (дата обращения 18.12.2016)

10. Саламатов И.А. Локализация данных за счет использования облачно-туманных технологий [Электрон. ресурс] // Вестник ВУиТ. 2015. № 1 (23). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalizatsiya-dannyh-za-schet-ispolzovaniya-oblachno-tumannyh-tehnologiy> (дата обращения: 18.06.2019).
11. Саттон Р.С. Барто Э.Г. Обучение с подкреплением. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 399 с.
12. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 4. С. 32–42
13. Lakoff J. *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*. Chicago. University of Chicago Press, 1987.
14. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories // *Journal of Experimental Psychology*. 1975. № 104. P. 192–233.
15. Рыбина Г.В., Паронджанов С.С. Технология построения динамических интеллектуальных систем: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 240 с.
16. Трембач В.М. Интеллектуальная система с использованием концептов-представлений для решения задач целенаправленного поведения [Электрон. ресурс] // Открытое образование. 2018. №22(1). С. 28–37. Режим доступа: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-1-28-37>
17. Алешенко А.С., Трембач В.М., Трембач Т.Г. Системы дистанционного обучения и их развитие с использованием когнитивных механизмов [Электрон. ресурс] // Открытое образование. 2018. № 22(5). С. 52–64. Режим доступа: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-5-52-64>
18. Rothwell, R. Towards the fifth-generation innovation process // *International Marketing Review*. 1994. Vol.11. No. 1. P. 7–31.
19. Тебекин А.В., Тебекина А.А. Эволюция развития моделей инновационного процес-

са. // Вестник московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2015. № 3. С. 15–20.

20. Медынский В. Г. Инновационный менеджмент: учебник. М.: ИНФРА-М, 2017. 295 с.
21. Дроговоз П.А. Эволюция моделей инновационного процесса и современная классификация инноваций // *Креативная экономика*. 2007. Т. 1. № 7. С. 23–33.
22. Тельнов Ю.Ф., Федоров И.Г. Инжиниринг предприятий и управление бизнес-процессами. М.: Юнити-Дана, 2015. 208 с.
23. Васильев В.И., Савина И.А., Шарипова И.И. Построение нечетких когнитивных карт для анализа и управления информационными рисками вуза // *Вестник УГАТУ*. 2008. Т. 10. № 2 (27). С. 199–209.
24. Заенчковский А.Э. Методы моделирования логистики инноваций в условиях трудноформализуемого описания внешней среды // *Экономические науки*. 2011. № 9. С. 145–149.
25. Паклин Н.Б. Нечетко-когнитивный подход к управлению динамическими системами // *Искусственный интеллект*. 2003. № 4. С. 342–348.
26. Трембач В.М. Когнитивный подход к созданию интеллектуальных модулей организационно-технических систем // *Открытое образование*. 2017. № 2. С. 78–87.
27. Трембач В.М. Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний: монография. М.: МЭСИ, 2010. 236 с.
28. Карпов В.Э., Карпова И.П., Кулинич А.А. Социальные сообщества роботов: эмоции и темперамент роботов; общение роботов; модели контактного, подражательного и агрессивного поведения роботов; командное поведение роботов и образование коалиций; пространственная память анимата. М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2019. 349 с. (Сер. «Науки об искусственном»; № 19).

References

1. S. Rassel, P. Norvig *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod*, 2-ye izd.: Per. s angl = Norvig *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd ed.: Tr. from Eng. Moscow: Williams Publishing House; 2007. 1408 p. (In Russ.)
2. Novikov O.YU *Components of the concept Industry 4.0* [Internet]. ITNOU: informatsionnyye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii = ITNOU: information technologies in science, education and management. 2017; 1 (1). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/komponenty-ponyatiya-industry-4-0> (cited: 19.06.2019). (In Russ.)
3. «Industriya 4.0»: sozdaniye tsifrovogo predpriyatiya = «Industry 4.0»: the creation of a digital enterprise [Internet]. Available from: https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf. (In Russ.)

4. H. Kagermann, W. Lukas and W. Wahlster *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution*. VDI nachrichten. 2011. №13.
5. Lee E. A. *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC'08) Orlando, Florida. 2008. 363-369.
6. Giusto D. *The Internet of Things*. Iera A., Morabito G. and L. Atzori, Springer-Verlag New York; 2010. 442 p.
7. Kagermann H. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. W. Wahlster and J. Helbig; 2013.
8. *Six technologies for Industry 4.0* [Internet]. Available from: <https://www.gradiant.org/noticia/10173/?lang=en> (cited 18.12.2016).

9. Industriya 4.0 [Internet]. Available from: <http://www.sovtest.ru/industriya40/index.php> (cited 18.12.2016). (In Russ.)
10. Salamatov I.A. Data localization through the use of cloud-fog technology [Internet]. Vestnik VUiT = Bulletin of VUiT. 2015; 1: 23. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalizatsiya-dannyh-za-schet-ispolzovaniya-oblachnotumannyh-tehnologiy> (cited: 18.06.2019). (In Russ.)
11. Satton R.S. Barto E.G. Obuchenije s podkreplenyem. Per. s angl = Reinforced training. Tr. from Eng. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge; 2011. 399 p. (In Russ.)
12. Kuznetsov O.P. Cognitive semantics and artificial intelligence. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making. 2012; 4: 32-42. (In Russ.)
13. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. Chicago. University of Chicago Press; 1987.
14. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories. Journal of Experimental Psychology. 1975; 104: 192–233.
15. Rybina G.V., Parondzhanov S.S. Tekhnologiya postroyeniya dinamicheskikh intellektual'nykh sistem: Uchebnoye posobiye = The technology of building dynamic intelligent systems: Tutorial. Moscow: NRNU MEPhI; 2011. 240 p. (In Russ.)
16. Trembach V.M. Intelligent system using concepts, concepts for solving problems of purposeful behavior [Internet]. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22(1): 28-37. Available from: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-1-28-37>. (In Russ.)
17. Aleshchenko A.S., Trembach V.M., Trembach T.G. Distance learning systems and their development using cognitive mechanisms.[Internet]. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22(5): 52-64. Available from: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-5-52-64>. (In Russ.)
18. Rothwell, R. Towards the fifth-generation innovation process. International Marketing Review. 1994; 11(1): 7-31.
19. Tebekin A.V., Tebekina A.A. The evolution of the development of models of the innovation process. Vestnik moskovskogo universiteta imeni S.YU. Vitte. Seriya 1. Ekonomika i upravleniye = Bulletin of Moscow University named after S.Yu. Witte. Series 1. Economics and Management. 2015; 3: 15-20. (In Russ.)
20. Medynskiy V. G. Innovatsionnyy menedzhment: uchebnik = Innovation management: a textbook. Moscow: INFRA-M; 2017. 295 p. (In Russ.)
21. Drogovoz P.A. Evolution of models of the innovation process and the modern classification of innovations. Kreativnaya ekonomika = Creative Economy. 2007; 1(7): 23-33. (In Russ.)
22. Tel'nov YU.F., Fedorov I.G. Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye biznes-protsessami = Enterprise engineering and business process management. Moscow: Unity-Dana; 2015. 208 p. (In Russ.)
23. Vasil'yev V.I., Savina I.A., Sharipova I.I. The construction of fuzzy cognitive maps for the analysis and management of university information risks. Vestnik UGATU = Bulletin of USATU. 2008; 10; 2(27): 199–209. (In Russ.)
24. Zayenchkovskiy A.E. Methods of modeling the logistics of innovations in the conditions of a difficultly formalized description of the external environment. Ekonomicheskkiye nauki = Economic Sciences. 2011; 9: 145-149. (In Russ.)
25. Paklin N.B. Fuzzy-cognitive approach to the management of dynamic systems. Iskusstvennyy intellekt = Artificial Intelligence. 2003; 4: 342-348. (In Russ.)
26. Trembach V.M. Cognitive approach to the creation of intelligent modules of organizational and technical systems. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2017; 2: 78-87. (In Russ.)
27. Trembach V.M. Resheniye zadach upravleniya v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh s ispol'zovaniyem evolyutsioniruyushchikh znaniy: monografiya = Solving management problems in organizational and technical systems using evolving knowledge: a monograph. Moscow: MESI; 2010. 236 p. (In Russ.)
28. Karpov V.E., Karpova I.P., Kulinich A.A. Sotsial'nyye soobshchestva robotov: emotsii i temperament robotov; obshcheniye robotov; modeli kontagioznogo, podrazhatel'nogo i agressivnogo povedeniya robotov; komandnoye povedeniye robotov i obrazovaniye koalitsiy; prostranstvennaya pamyat' animate = Social communities of robots: emotions and temperament of robots; communication robots; models of contagious, imitative and aggressive behavior of robots; team behavior of robots and the formation of coalitions; spatial memory of animat. Moscow: URSS: LENAND; 2019. 349 p. (Ser. «Sciences of the artificial»; No. 19). (In Russ.)

Сведения об авторе

Василий Михайлович Трэмбач

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

Information about the author

Vasiliy M. Trembach

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the
Department 304
Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia
E-mail: trembach@yandex.ru