

Интернет коллективных вещей как стратегическая инновация групповой робототехники

The internet of the collective things as a strategic innovation in the group robotics

doi 10.26310/2071-3010.2020.265.11.008



В. К. Абросимов,
д.т.н., ведущий научный сотрудник,
ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России
✉ avk787@yandex.ru

V. K. Abrosimov,
Doctor of Technical Science, assistant
Professor, senior scientist, 46 Central Research
Institute of Ministry of defense of the Russian
Federation



В. И. Никоноров,
младший научный сотрудник, ФГБУ «46 ЦНИИ»
Минобороны России
✉ raven.gacc@gmail.com

V. I. Nikonorov,
junior scientist, 46 Central Research Institute of
Ministry of defense of the Russian Federation

Вопросы прогнозирования научных направлений исследований неразрывно связаны с ключевыми инновациями в выбранной предметной области. В статье рассматриваются инновационные циклы применительно к групповой робототехнике в ретроспективе и перспективы ее развития на среднесрочный период. Показано, что ключевым свойством будущих робототехнических средств, функционирующих в условиях неопределенности, станет способность функционировать в среде Интернета вещей и обученность систем управления в парадигме взаимопомощи. Построена своего рода «матрица» потребностей и возможностей будущего интеллектуального робота, предназначенного для решения групповых задач в условиях неполной исходной информации о среде функционирования.

An issues of forecasting research directions are inextricably linked with key innovations at the selected subject area. The article studies the innovative cycles in relation to group robotics in retrospect and its perspectives for the medium time. It is shown that the key property of future robotics, functioning in condition of uncertainty, will be a) the ability to function the environment of the Internet of things and b) the training of control systems in the paradigm of mutual assistance. Built The special "matrix" of the future intelligent robot needs and capabilities for group problems solving in conditions of incomplete initial information are presented.

Ключевые слова: инновация, Интернет вещей, робот, взаимопомощь, обучение, матрица, потребности, возможности, коллектив.

Keywords: innovation, Internet of things, robot, mutual aid, training, matrix, needs, capabilities, collective.

1. Введение

Робототехника является активно развиваемой отраслью знаний. В Российской Федерации распоряжением Правительства № 1632-р от 28.07.2017 г. официально определены основные сквозные цифровые технологии, по которым была утверждена программа «Цифровая экономика». К ним отнесены большие данные, нейротехнологии, искусственный интеллект, технологии распределенного реестра (блокчейн), квантовые технологии, Интернет вещей, робототехника и сенсорика, технологии беспроводной связи, виртуальной и дополненной реальностей и др. [1]

В последние пять-семь лет в различных прикладных областях народного хозяйства появилось много новых постановок задач, выполнение которых требует использования групп объектов управления. И к их числу относятся задачи охраны объектов, мониторинга протяженных территорий, создания сетей космической связи и др. В состав таких групп могут включаться объекты различного типа, вида базирования, функциональности и назначения, действующие в различных средах, но обладающие общим преимуществом — высокой степенью интеллектуальности собственных систем управления и жизнеобеспечения. Такие объекты в максимальной степени автономны, адаптивны к изменению внешней среды, оснащены существующими высокоэффективными системами связи, навигации, технического зрения, обладают существенными характеристиками по движению в пространстве с обходом препятствий и др.

Таких мощных по функциональности и возможностям групп робототехнических средств еще нет. Но ре-

шение задач группового управления в таких группах подчеркивает двойное назначение разрабатываемых подходов и их принципиально «сквозной» характер.

Современные задачи, требующие высокой оперативности принятия решений в условиях неопределенных, часто противодействующих сред, ограничивают использование отдельных, как правило дорогостоящих технических средств. Более эффективным является создание группировок с включением в их состав разнородных и разнотипных объектов управления, обладающих различным функционалом, выполняющих общую коллективную миссию. Как минимум, к таким миссиям можно отнести коллективное картографирование, транспортировку группой объектов, поиск людей, охрану протяженных территорий, поиск источников сигнала (звука, запаха) и др.

Особенно значение указанное имеет для роботизированных средств. Это связано с крупными достижениями в области группового управления, к числу которых необходимо отнести новые методы агрегации групп, методы согласованного движения группами, стаями, роями, методы распределения задач в группах. Важнейшее значение имеет тренд на повышение степени самостоятельности функционирования группы до ее полной автономности.

2. Определение инновационных циклов для групповой робототехники

При проведении исследований важно понимать, какие технологии определяют общий вектор развития в данном научном направлении [2].

Несмотря на то, что робототехника еще достаточно молодая научно-производственная отрасль, существуют крупные инновации, которые определяют ее развитие. Единство и разнообразие вообще стандартны для исторических процессов. Циклы В. Кондратьева, общественно-экономические формации К. Маркса, большие исторические так называемые «цивилизации» О. Шпенглера, А. Дж. Тойнби в чистом виде не существуют нигде и никогда. Сравнительный анализ показывает, что большие универсальные инновационные циклы, несмотря на различия в проявлениях и времени протекания, становятся типичной формой исторического развития, по крайней мере, в высокоразвитых индустриальных странах, для которых инновационность является стержневой основой развития. Особенно отчетливо ориентация на «инновационность» обнаруживается в 80–90-е годы прошлого века.

Австрийский ученый Йозеф Шумпетер определил импульсы нововведений (инноваций), задающих колебания всей экономической системы. Создание новых технологий характеризовалось им как собственно инновационный процесс, а их заимствование и распространение — как процесс имитации. Он также рассматривал инновации как изменения в технологии и управлении, как новые направления в использовании ресурсов. [3]

Й. Шумпетер отмечал, что инновационные волны, появляются и исчезают каждые 50–60 лет. Каждая новая волна приносит с собой начало очередной эпохи развития, характеризуемой резким ростом инвестиций и решений, вслед за которой идет спад. В этом, по идеологии Й. Шумпетера, и состоит "волновой" характер инноваций.

В силу активного развития в настоящее время групповой робототехники проанализируем характер инновационных решений в этом направлении. При этом подчеркнем, что инновации в групповой робототехнике тесно связаны с инновациями в других предметных областях. Выводя из рассмотрения первые три волны Й. Шумпетера (1780–1950 гг.) и пролонгируя на современность, можно выделить следующие волны.

Четвертая волна, начавшаяся в начале 1950-х годов и завершившаяся в конце 1980-х, продолжалась около 35 лет и была связана с достижениями главным образом в электронике и аэрокосмической промышленности. Пятая волна, как считается, началась около 1990 года с широкого распространения корпоративных сетей типа «клиент-сервер», внедрения Интернета, развития программного обеспечения и телекоммуникаций. Эта волна занимала примерно 20–25 лет и завершилась новым технологическим скачком примерно в 2010–2015 годах. Есть некоторые оценки и следующей волны. Они связаны с приходом шестого технологического уклада и реализацией четырех мегатехнологий-нано, био-, информационно-коммуникационных и когнитивных технологий. Как ожидается, он продлится минимум до 2035 года.

Рассмотрим инновационные циклы в области групповой робототехники в рамках пятой и шестой волн Й. Шумпетера, поскольку именно на этих этапах инновационные циклы проявляются особенно явно. Сразу заметим, что циклы в робототехнике не только

более частые, но и существенно более короткие. Важно также заметить, что как таковые отрицательные части инновационных волн при этом не формируются, потому что в каждом из циклов инновации в уже заданном направлении продолжают разрабатываться, а не копироваться. Отсюда вместо "волн" наблюдаются циклы. Не исключено, что "волны" также будут иметь спады инновационной активности, но не в рассматриваемые временные периоды, а возможно много позже.

Первый цикл (1980+). В эти годы появились первые публикации по стратегиям централизованного и децентрализованного управления. При централизованной стратегии управления используется центральный узел (условно Лидер), которому доступна информация о состоянии всех роботов группы и окружающей их среде. Он оценивает текущую ситуацию и принимает решение о дальнейшей стратегии группы. В условиях децентрализации в группе все единицы равноценны. Каждый робот самостоятельно собирает информацию из доступного ему окружающего пространства, самостоятельно принимает решение, пытаясь внести максимально возможный вклад в достижение групповой цели; при этом члены группы обмениваются информацией о выбранных действиях друг с другом [4].

Второй цикл (1990+). Ключевой инновацией здесь явились многоагентные системы, а сами роботы стали рассматриваться как интеллектуальные агенты. Под интеллектуальным агентом понимается программно или аппаратно реализованная система, обладающая свойствами автономности (способность функционировать без вмешательства человека и при этом осуществлять самоконтроль над своими действиями), реактивности (способность воспринимать состояние среды и своевременно реагировать на изменения), про-активности (способность брать на себя инициативу) и «общественным поведением» (способностью функционировать в сообществе с другими агентами, обмениваясь с ними сообщениями с помощью некоторого общепонятного языка коммуникаций) [5].

Третий цикл (2000+) связан с появлением значимых публикаций по природным алгоритмам (так называемый «эмергентный» интеллект). В этот период природные алгоритмы стали активно использоваться для расчета рациональных маршрутов при наличии преград и решения задач оптимизации состава группировки роботов. Так получили развитие муравьиные алгоритмы, алгоритмы роя пчел, генетические алгоритмы и др. В робототехнике наиболее перспективным направлением и сейчас считаются алгоритмы группового взаимодействия роботов на основе роевого интеллекта.

Четвертый цикл (2005+) привел к активному освоению принципов ситуационной осведомленности, основные исходные данные по которым предоставляли все более развивающиеся системы навигации и технического зрения. Термин «ситуационная осведомленность» является дословным переводом на русский язык англоязычного термина Situational Awareness. Характерно, что термин включает в себя по сути три составляющих: сбор данных, анализ данных с целью понимания ситуации и прогнозирование ситуации.

По всем этим составляющим буквально за 5–7 лет были получены новые инновационные решения. Здесь впервые была осознана необходимость интеграции в единые хранилища информации данных о состоянии роботов, внешней среде и противодействующих факторах. В этом же цикле появились первые постановки практических задач, связанных с групповым управлением, но уже автономных роботов.

На пятом цикле (2010+) для использования в алгоритмах обучения систем управления роботов стали использоваться большие данные (Big Data). В робототехнике наибольшее распространение большие данные получили в виде реализации SLAM-алгоритмов для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути

Шестой цикл (2015+), связан с существенными достижениями в области глубокого машинного обучения. Разрабатываются методы машинного обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением, с использованием для обучения нейросетей других нейросетей). Эти методы, наряду с продвижением в теории искусственных нейронных сетей и созданием современных вычислительных мощностей (в том числе использующие графические ускорители, нейрочипы и др.), позволили создавать сложные технологические архитектуры нейронных сетей, обладающие достаточной производительностью и позволяющие решать широкий спектр задач компьютерного зрения, машинного перевода, распознавания речи и др. В перспективе совокупность нейросетевых технологий и технологий искусственного интеллекта должны стать основой для полностью автономных интеллектуальных робототехнических комплексов и их групп [6].

Процесс написания настоящей работы совпадает с началом седьмой волны, связанной с внедрением в робототехнику элементов и систем искусственного интеллекта (2020+). Развитие робототехники трудно представить без применения современных технологий ИИ. Если оставить за рамками статьи широко обсуждаемые и уязвимые для критики определения искусственного интеллекта, а рассматривать его как некий набор перспективных технологий, то в ближнесрочной перспективе можно ожидать появления инноваций в таких областях как распределенный реестр данных (блокчейн), гибридные интеллектуальные системы и человеко-машинный интеллект, иммерсивные технологии глубокого погружения в виртуальную реальность, различные «цифровые двойники» и др. В ближайшем будущем технологии искусственного интеллекта станут основой роботостроения, поскольку позволят не только эффективно реализовывать выполнение конкретных задач (обработка видеопотока от систем технического зрения, распознавание образов), но внедрять и отдельные элементы так называемого «слабого» искусственного интеллекта — восприятие естественного языка, управление голосом и т. д.

Можно с уверенностью прогнозировать, что восьмой по счету цикл (2030+) пройдет под флагами реализации двух основных свойств роботов — автономности

и адаптивности. Развитие же концепции Интернета вещей приведет к образованию интеллектуальных масштабируемых групп роботов. Ожидается также активное применение в робототехнике принципов самоорганизации. В настоящий момент есть лишь самые примитивные решения на основе локальных правил самоорганизации, например групп однотипных беспилотных летательных аппаратов на основе эволюционных алгоритмов. Логично предположить, что в дальнейшем эти направления продолжат развиваться, что приведет к расширению возможностей по созданию самоорганизующихся наращиваемых групп разнородных разнотипных роботов.

Наконец, уже осмысливаемый сейчас девятый цикл (2035+) можно связать с когнитивными технологиями. Когнитивный робот, представляемый в виде агента, будет уже полностью обладать и демонстрировать человеку агентные свойства (знания, убеждения, предпочтения, целеполагание, намерения и др.), атрибуты мотивации (наблюдение, предвидение, планирование, коммуникации и др.), способность функционировать в реальном мире и безопасно взаимодействовать с объектами этого мира, включая перемещение.

С большой осторожностью следует говорить о следующих циклах (2040+) с перспективой создания человекоподобных роботов с обязательным, как представляется, исключением делегирования им юридически значимых решений. При этом прогнозы на горизонте 2030+ могут быть существенно откорректированы резким продвижением, например, квантовых технологий, что существенно изменит намечаемые в настоящее время приоритеты.

Как следует из изложенного, в настоящее время взгляды Й. Шумпетера слишком упрощают ситуацию в сфере влияния инноваций на технологические достижения, в частности в робототехнике. Во-первых, стало невозможно выделить отдельные инновации по периодам — они существенно пересекаются. Во вторых, срок появления новых технологий сузился буквально до 3–5 лет, так что, в то время как одна технология внедряется, по другой уже идут активные разработки. В третьих, спад инновационной волны, который раньше описывался как заимствование и имитация, в настоящее время нельзя рассматривать как имитацию — это стало повседневным распространением технологии, которая, кроме прочего, стала дополняться и новыми ключевыми инновациями.

На рис. 1 представлены инновационные циклы развития групповой робототехники с 1980 года на среднесрочный период. Говорить сейчас о долгосрочном периоде явно преждевременно.

3. Интернет коллективных вещей

Под вещами понимаются «объекты физического мира (физические вещи) или информационного мира (виртуальные вещи), которые можно идентифицировать и интегрировать в сети связи» [7].

В этом отношении перспективный интеллектуальный робот может рассматриваться как «вещь». Действительно, он обладает всеми свойствами вещи:

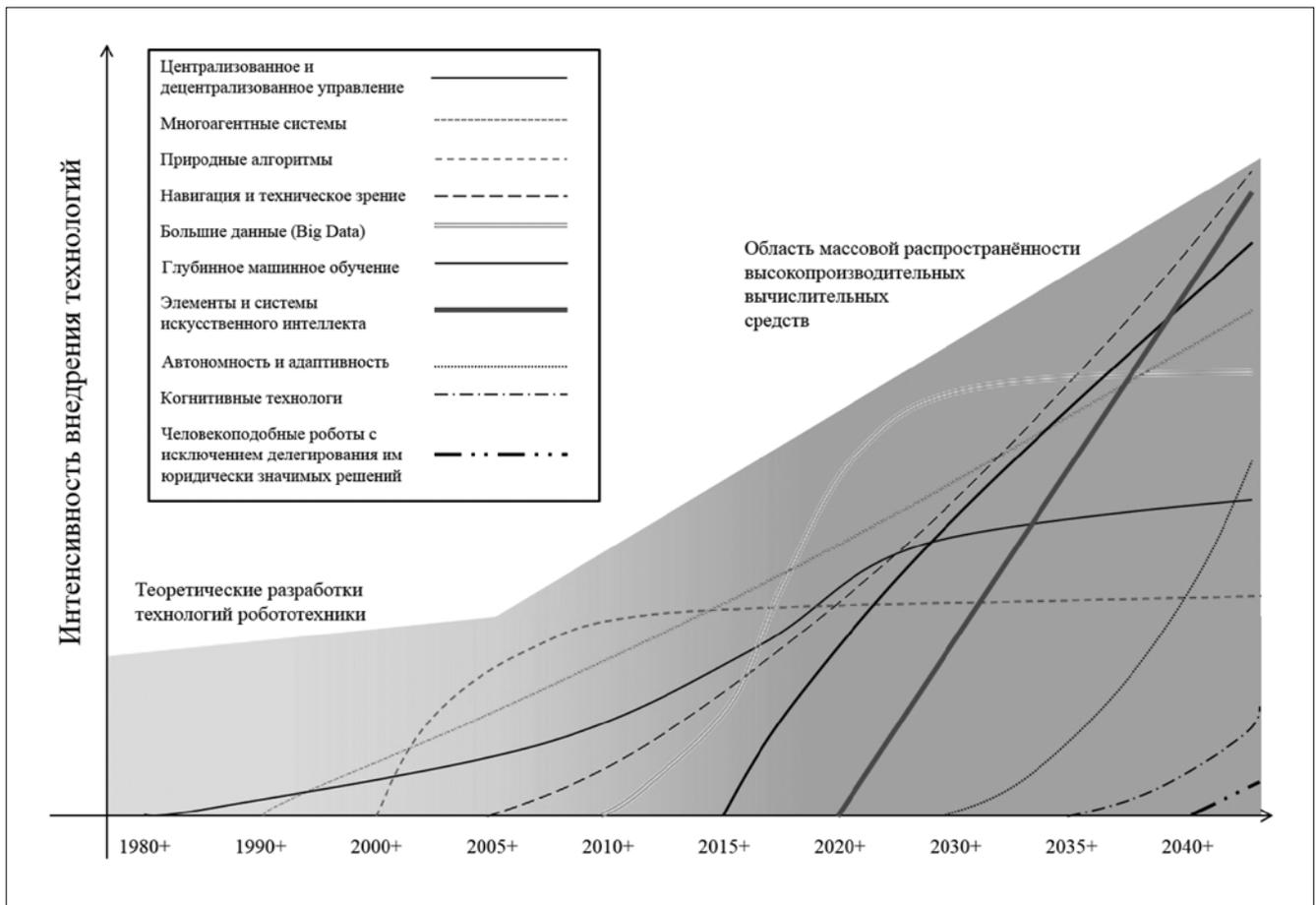


Рис. 1 Инновационные циклы в групповой робототехнике

является физическим объектом, может быть информационно обеспечен за счет получения информации из единого для группы ресурса «ситуационная осведомленность» (виртуальная вещь), может быть интегрирован в сеть других роботов средствами связи. Робот как вещь может создать свою внутреннюю связь с такими собственными «вещами» робота как система технического зрения, система связи и др.

В работе [8] показано, что при выработке стратегий поведения группы целесообразно использовать принцип коллективизма. Он заключается в том, что в группировке все объекты автономны, но обучены в парадигме взаимопомощи друг другу. Исходя из этой парадигмы, роботы, оценивая текущую ситуацию, строят как собственные стратегии поведения, так и вырабатывают коллективную стратегию поведения группы.

Тогда при объединении перспективных роботов в группу «вещей», можно рассмотреть новое понятие «коллективная вещь». Коллективной вещью будем называть интегрированный в сеть объект физического или виртуального мира, обладающий возможностями и потребностями и предоставляющий свои возможности другим вещам по запросу.

В рамках рассматриваемого нами вопроса существенно, что каждый робот-вещь:

- знает свое местонахождение и может сообщать о своем состоянии;

- обладает собственным целеполаганием и имеет возможность выполнять четкую задачу;
- имеет периодически возобновляемые потребности;
- в необходимой для функционирования степени ситуационно осведомлен либо может получить дополнительную, для эффективного функционирования, информацию от других вещей;
- представляется другим вещам сервисом, описываемым информацией, содержащей стандартизованное описание своего функционала и условий его использования.

Основная идея заключается в том, что все функционирующие в группе роботы связываются единой моделью связи для обмена информацией, и каждый действующий объект может использовать функциональные возможности других объектов. В традиционном подходе робот использует только собственные датчики для получения информации из окружающей среды, для автономной локализации и распознавания/идентификации ситуации и принятия решения. При групповой работе робот-вещь использует информацию виртуальных вещей (ресурсов ситуационной осведомленности) для получения необходимых ему данных, может обмениваться информацией с другим роботом-вещью, отдавать ему команды, получать от него команды в рамках выполнения коллективной миссии и др.

Для целей использования датчиков в парадигме Интернета коллективных вещей важно зафиксиро-

вать, что информационные датчики вырабатывают выходные сигналы, которые, после соответствующей программной обработки, могут быть преобразованы во входные сигналы других датчиков, как информационных, так и активных. Правильно и обратное допущение: при необходимости активные датчики могут запросить данные информационных датчиков. Такие перекрестные связи призваны обеспечить высокую гибкость решений.

Таким образом, развитием концепции Интернета вещей может стать Интернет коллективных вещей с задачами выполнения коллективной миссии при взаимопомощи роботов друг другу с обменом своими ресурсами.

4. Матрица потребностей и возможностей Интернета коллективных вещей

Интернет коллективных вещей не является принципиально новой концепцией. Эту парадигму можно рассматривать как разновидность Интернета вещей в условиях, когда вещи не только связаны друг с другом, но также обучены в парадигме коллективизма.

Подход к реализации Интернета коллективных вещей для миссий, выполняемых группой, рассмотрим с использованием универсального подхода для описания сложной деятельности — матрицы Захмана [9]. Основное преимущество подхода Захмана состоит в том, что ее наполнение позволяет рассматривать действительность в различных аспектах, не пропуская определяющих важных деталей.

Представим коллективные возможности и потребности группы, функционирующей в парадигме Интернета коллективных вещей, в виде многомерной матрицы, в которой будут отражены следующие аспекты.

- а) Объекты, связанные с выполнением коллективной миссии («кто?»), где рекомендуется описывать собственно объекты управления (роботов), их взаимоотношения между собой и внешней средой.
- б) Содержание коллективной миссии («что?»), то есть раскрытие решаемых задач, описание потоков информации, условий решения задач и др.
- в) География выполнения коллективной миссии («где?»), ее общее описание, ограничения и др.
- г) Методология («как?»), принятая для решения задач в рамках коллективной миссии, план действий, инфраструктура взаимоотношений в группе, способы обмена информацией, в том числе команд на выполнение действий, потенциальные противоречия и пути их разрешения, характеристика управляющих воздействий, эффективность обратных связей и др.
- д) Временные факторы («когда?»), описывающие необходимость оперативности выполнения миссии, ее временная связь с другими постановками задач и др., временной порядок взаимодействия объектов.
- е) Основание постановки и выполнения коллективной миссии (ответ на вопрос «зачем?»), где необходима формулировка целей и перечня вопросов,

связанных с их достижением, критерии оценки достижимости целей и др.

Указанные составляющие положим в основу формирования содержания соответствующих столбцов рассматриваемой матрицы. В целом, разложение проблемы по шести указанным составляющим позволяет охватывать основные сущностные аспекты выполнения миссии группой.

Следующим этапом систематизации являются уровни рассмотрения изложенных выше вопросов. Предлагается их объединить в пять основных уровней, соответствующих важнейшим направлениям функционирования сложных систем.

На первом, концептуальном уровне необходимо описывать групповую деятельность с концептуальной точки зрения, а именно: Какие разнородные и разнотипные объекты надо включить в группу? Что входит в содержание миссии? В каком регионе миссия будет выполняться? Какие способы ее выполнения планируются? Когда миссия начинает выполняться и какова ее заданная продолжительность? В интересах какой проблемной ситуации выполняется миссия?

Такое общее описание призвано дать концептуальный взгляд на всю деятельность группы в период выполнения миссии.

На втором уровне — методическом — целесообразно проанализировать правильность принятой методологии выполнения миссии. По сути здесь осуществляется углубление рассмотрения перечисленных выше аспектов выполнения миссии в методическом плане. Здесь рассматриваются следующие вопросы: Кто разрабатывает, приобретает и использует методы решения поставленных задач? Что является содержанием этих методов? Где такие методы можно разработать, приобрести, применить? Область ограничений применимости? Как использовать эти методы? Когда по времени задачи будут решаться? Почему используются именно эти методы, а не другие? Такое описание в целом дает представление о теоретических проблемах решения задач.

На третьем, информационном уровне, необходимо проанализировать конкретные информационные решения, потоки информации и др., которые используются для решения задач. Кто обеспечивает поставку информации? Что и какая информация нужна для решения задач? Где будет храниться и обрабатываться информация? Как наиболее эффективно обрабатывать информацию? Когда информация будет поставляться? Почему нужна именно эта информация? Можно ли ограничить ее объемы и условия получения?

На четвертом, техническом уровне рассматриваются вопросы технического обеспечения решения задач. Кто обеспечивает приобретение технических средств? Что и какие средства необходимо приобретать? Где будут устанавливаться такие средства? Как обеспечить эффективность их использования? Когда средства будут приобретаться, устанавливаться, использоваться? Почему именно такая техника необходима?

И наконец, на пятом, ресурсном уровне, должны описываться ресурсы для решения задач. Описание планов, схем взаимодействия различных структур при

использовании ресурсов, оценка возможности их выполнения, что в целом дает представление о ресурсном обеспечении возможности осуществления коллективной деятельности и призвано получить понимание принципиальной возможности поэтапного завершения решения задач проекта в обозримые и заданные сроки, позволяет также провести сравнительный анализ потребностей в ресурсах и выделенных ресурсов по выполнению миссии.

Приведенная матрица демонстрирует лишь наиболее общий подход к описанию принципов решения задач с использованием Интернета коллективных вещей. Она имеет двумерный, внешне «плоский» вид. На практике оказывается, что такая матрица может и должна рассматриваться для каждого N-ного аспекта коллективной деятельности самостоятельно. В качестве таких аспектов могут выступать экономические вопросы, вопросы взаимодействия с другими группами вещей, решающих смежные задачи и др. Таким образом, матрица становится многомерной. Рассмотрение же элементов указанной матрицы во времени придает возможность исследования проблемы в динамике; поэтому в матрицу необходимо добавить еще одну координату — время T. Учитывая, что каждое из таких направлений можно рассматривать как дополнительное измерение, получаем многомерную матрицу, размерность которой определяется условной формулой $5*6*T*N$.

Предлагаемая многомерно-матричная форма описания групповой деятельности в среде Интернета коллективных вещей преследует единственную цель: обеспечить системный взгляд и, как следствие, полноту рассмотрения всех ее аспектов. При анализе матрицы необходимо дополнительно учитывать легко прослеживаемую существующую взаимосвязь между элементами таблицы: по вертикали сверху-вниз осуществляется углубление изучаемых вопросов, а по горизонтали-расширение полноты их охвата. Зафиксируем также важное свойство: каждая компонента, развиваясь, может давать действенные импульсы для развития во всех направлениях; так неверно выбранная технология может приводить к пересмотру стратегий при принятии решений, отсутствие четких ответов на вопрос «Когда информация будет предоставляться/получаться? (третья строка, пятый столбец таблицы Захмана) может привести к явлению «разрыв ситуационной осведомленности», и, как следствие, проблемности в выполнении коллективной миссии.

Заключение

В различных прикладных областях народного хозяйства в последние годы возникло много новых постановок задач, выполнение которых требует испол-

зования не одиночных, а групп объектов управления, поиска людей и др. Как правило, целевое назначение таких миссий носит принципиально «сквозной» характер.

При проведении исследований существенно понимать, какие технологии определяют эффективность решения групповых задач. Временной интервал, на котором осуществлялись и будут осуществляться постановки и решения задач группового управления удастся разбить на более чем десять интервалов, в каждом из которых развитие технологий группового управления определялось и будет определяться существенно новыми инновациями. К их числу отнесены децентрализованное управление, многоагентные системы, природные алгоритмы, большие данные, глубокое обучение, системы искусственного интеллекта, когнитивные технологии и др. Такие временные интервалы рассмотрены в рамках пятой и шестой волн Шумпетера. Установлено однако, что для целей прогнозирования инновационного развития интервалы волн Шумпетера, описывающие переход от инноваций к имитации инноваций, в настоящее время слабо применимы. Современные инновации на временных шкалах приобретают характер не волн, а циклов: периоды появления и развития существенно пересекаются по времени, срок появления инноваций на порядок меньше сроков, описываемых Й. Шумпетером, и наконец, инновации стали непрерывными, они не имитируются, а напротив, продолжают развиваться.

Такой интегральной стратегической инновацией для групповой робототехники ближайших лет становится Интернет коллективных вещей. Эту парадигму можно рассматривать как разновидность Интернета вещей в условиях, когда «вещи» не только связаны друг с другом, но также обучены в парадигме коллективизма. Оценку реализуемости такого подхода предложено рассматривать как матрицу потребностей и возможностей размерности $5*6*T*N$. Матрица содержит пять строк-уровней рассмотрения проблемы (концептуальный, методический, информационный, технический, ресурсный), шесть столбцов-направлений рассмотрения проблемы (кто? что? где? как? когда и зачем?), временную составляющую T и N аспектов рассмотрения проблемы.

В результате построения таких многомерных матриц-таблиц получаем обоснованное со всех основных точек зрения описание групповой деятельности в парадигме Интернета коллективных вещей с четким пониманием целей и задач, проблемных направлений, имеющихся и требуемых ресурсов, возможностей, направлений реализации принимаемых решений, поддержания будущих процессов группового управления инфраструктурой, организационными мероприятиями и информацией.

Список использованных источников

1. Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. N 1632-р Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации".
2. Макоско А. А., Абрисимов В. К., О прогнозировании развития науки как задаче слабого искусственного интеллекта (концептуальный подход), Инновации, № 9 (239), 2018, стр. 13–19.
3. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. М.: ЭКСМО, 2007. 864 с.
4. Боровик В. С., Гуцул В. И., Клестов С. А. Коллективы интеллектуальных роботов. Сферы применения/под ред. В. И. Сырямкина. Томск: 000 "СТТ", 2018. 140 с.

5. Городецкий В. И., Грушинский М. С., Хабалов А. В. Многоагентные системы (обзор)//Refdb.ru URL: <https://refdb.ru/look/2448008-pall.html>
6. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2020.
7. Бондарик В. Н., Кучерявый А. Е. Прогнозирование развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2030 года//Труды МФТИ. 2013. № 3 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-razvitiya-interneta-veschey-na-gorizonte-planirovaniya-do-2030-god.html>.
8. Абросимов В. К. Коллективы интеллектуальных летательных аппаратов. М.: Издательский дом "Наука", 2017. 304 с.
9. Данилин А., Слюсаренко А. Архитектура и стратегия. "Инь" и "Янь" информационных технологий предприятия. М.: ООО "Интуит.ру", 2018. 504 с.

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 28 iyulya 2017 g. N 1632-r Ob utverzhdenii programmy «Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii».
2. Makosko A. A., Abrosimov V. K., O prognozirovanii razvitiya nauki kak zadache slabogo iskusstvennogo intellekta (konceptual'nyj podhod), Innovacii, № 9 (239), 2018, str. 13–19.
3. Shumpeter J. A. Teoriya ekonomicheskogo razvitiya. Kapitalizm, socializm i demokratiya. M.: EKSMO, 2007. 864 s.
4. Borovik V. S., Gucul V. I., Klestov S. A. Kollektivy intellektual'nyh robotov. Sfery primeneniya/pod red. V. I. Syryamkina. Tomsk: OOO «STT», 2018. 140 s.
5. Gorodeckij V. I., Grushinskij M. S., Habalov A. V. Mnogoagentnye sistemy (obzor)//Refdb.ru URL: <https://refdb.ru/look/2448008-pall.html>
6. Nikolenko S., Kadurin A., Arhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. Pogruzhenie v mir nejronnyh setej. SPb.: Piter, 2020.
7. Bondarik V. N., Kucheryavij A. E. Prognozirovanie razvitiya Interneta Veshchej na gorizonte planirovaniya do 2030 goda//Trudy MFTI. 2013. № 3 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-razvitiya-interneta-veschey-na-gorizonte-planirovaniya-do-2030-god.html>.
8. Abrosimov V. K. Kollektivy intellektual'nyh letatel'nyh apparatov. M.: Izdatel'skij dom «Nauka», 2017. 304 s.
9. Danilin A., Slyusarenko A. Arhitektura i strategiya. «In'» i «Yan'» informacionnyh tekhnologij predpriyatiya. M.: OOO «Intuit.ru», 2018. 504 s.