

# КОНВЕРГЕНЦИЯ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ НА ПУТИ К ЦИФРОВОМУ ОБЩЕСТВУ SOCIETY 5.0<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Боровик С.Ю., Скобелев П.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук  
443020, Самара, ул. Садовая, 61, Россия  
borovik@iccs.ru  
тел: +7 (846) 333 26 77

<sup>2</sup>Непубличное акционерное общество Группа компаний «Генезис знаний»  
129085, г. Москва, ул. Звёздный бульвар, д. 21, стр. 3–I, к. 5, Россия  
petr.skobelev@gmail.com

**Ключевые слова:** *industry 4.0, цифровое общество Society 5.0, интернет вещей и людей, эмерджентный интеллект, эвергетика, онтологии, базы знаний, мультиагентные системы*

## Abstract

The fourth industrial revolution named Industry 4.0, combines physical and virtual worlds. The man with his intellect, creativity and will lies beyond this ideology. The new paradigm of Society 5.0 involves the penetration of Artificial Intelligence in man's common life, their "cooperation" with the aim of enhancing the man capacity and the return of the man at the "Centre of the Universe". The paper outlines modern technologies – from internet-of-things (IoT) up to emergent intelligence and evergetics, the convergence of which, according to authors mind, will provide the transformation to digital Society 5.0.

## 1 Введение

Благодаря прорыву в технологиях мир стоит на пороге четвертой промышленной революции, получившей в литературе название «Industry 4.0». В ходе реализации концепций «Industry 4.0» кардинально меняются как подходы к проектированию и производству сложных технических изделий, так и представления о роли компьютеров в управлении предприятиями. В первую очередь это касается методов и средств промышленной автоматизации заводов и фабрик, прошедших путь от автоматизации технологических процессов - к интеллектуальной поддержке принятия решений пользователями.

Как известно, термин «Industry 4.0» был введен в 2011 году представителями Германии и определен как средство повышения конкурентоспособности промышленности через усиленную интеграцию «киберфизических систем» (CPS) в производственные процессы [1]. При этом, если 3-4 года назад концепция «Industry 4.0» воспринималась многими как очередной рекламный ход, то сейчас интерес к ней перерос в реальные инвестиции и результаты. По данным исследований PwC к 2020 году годовой объем инвестиций в цифровые технологии в рамках «Industry 4.0» превысит 900 млрд. долларов США [2].

Следует отметить, что до сих пор термин «Industry 4.0» не имеет четкого определения. Очень красноречиво в этом смысле высказывание одного из топ-менеджеров автоконцерна «Audi», который сказал: «Несмотря на то, что термин Industry 4.0 сегодня является одним из самых часто обсуждаемых, я не могу объяснить своему сыну, что же он обозначает» [3]. В частности, в работах [4, 5] Industry 4.0 определяется как «зонтичный термин, используемый для описания группы взаимосвязанных технологий, которые дают основу для «цифровизации»

---

<sup>1</sup>По материалам выступления на конференции «Industry 4.0», 13-16 декабря 2017 г., Боровец, Болгария

бизнеса и его окружения». Это согласуется и с определением McKinsey, где Industry 4.0 трактуется как «следующая фаза цифровизации производственного сектора, определяемая 4 вызовами: огромным увеличением обрабатываемого объема данных, вычислительных мощностей и возможностей передачи информации, особенно посредством новых маломощных широкополосных сетей данных; появлением новых технологий интеллектуального анализа данных; новыми формами человеко-машинного взаимодействия...; и новыми возможностями по передаче цифровых сигналов и инструкций из виртуального мира реальным объектам, включая робототехнические системы и аддитивные технологии» [6].

Как видно из приведенных определений, основное внимание в Industry 4.0 сосредоточено вокруг технических аспектов, а человек, со своими интеллектуальными, творческими и волевыми способностями оказывается за пределами этой идеологии [7]. Единственное, чему быть может и уделяется внимание в части человеческих ресурсов, так это вызванные новой промышленной революцией возможные изменения рынка труда [8-10]. Такое положение дел является явно неудовлетворительным, что находит отражение в ряде работ, посвященных. В частности, в [11] отмечается, что «мир труда в Industry 4.0 немыслим без человека», а автор [12] задается принципиальным вопросом «Какие преимущества получают человек и общество от Industry 4.0?»

Поэтому, несмотря на то, что Industry 4.0 находится только на начальном этапе своего развития и по прогнозам основные достижения можно ожидать не ранее 2020-2025 гг. [10], уже сейчас видны контуры новой парадигмы, которая подразумевает проникновение технологий искусственного интеллекта в повседневную жизнь людей и их «сотрудничество», направленное на расширение возможностей человека, возвращение его в «центр Вселенной». Так, например, в 2016 Правительство Японии совместно с бизнес-федерацией Keidanren ввели в обращение термин «Society 5.0» (Общество 5.0, SuperSmart Society) [13]. В отличие от концепции Industry 4.0, Society 5.0 не ограничивается только производственным сектором, а решает социальные проблемы с помощью интеграции физического и виртуального пространств. По сути, Society 5.0 - это общество, где передовые IT-технологии активно используются в повседневности, промышленности, здравоохранении и других сферах жизнедеятельности не ради прогресса, а ради блага и удобства каждого человека [14]. Статья посвящена обзору современных наук и технологий, конвергенция которых, по мнению авторов, и должна обеспечить переход от Industry 4.0 к Society 5.0.

## **2 На пути к цифровому обществу Society 5.0**

На рис. 1 представлена условная «пирамида наук и технологий», конвергенция которых, по нашему мнению, может обеспечить переход к цифровому обществу Society 5.0. Распределение слоев в пирамиде от основания к ее вершине происходит по мере абстрагирования от мира реальных объектов к концептам Society 5.0 и, прежде всего, к эвергетике, как науке о процессах управления в человеческом обществе.

### **2.1 Новые типы распределенных компьютеров и группы роботов**

Аппаратным базисом для создания интеллектуальных самоорганизующихся систем различных типов являются распределенные компьютерные сети и распределенные робототехнические системы («рои роботов»), которые имеют многоуровневую сложную топологическую сетевую структуру и обеспечивают многопоточные параллельные и асинхронные вычисления. При этом речь идет не только и не столько про антропоморфные роботы, сколько про распределенные умные технические системы. Примером может служить интеллектуальный газотурбинный двигатель с умными лопатками, каждая из которых «договаривается с соседями» о том, какое ей занять положение (развернуться) в газоздушном тракте, чтобы обеспечить оптимальные условия протекания рабочего тела (газа) и не допустить аварийных режимов работы силовой установки [15]. Сюда же относятся и самоорганизующиеся группировки малых

космических аппаратов (нано- и пикоспутников), которые подобно рою пчел, могут быть многофункциональными и гибко конфигурируемыми, дешевыми в исполнении, надежными и живучими в самых различных ситуациях [16-18], «рои» беспилотных тракторов и других сельскохозяйственных машин, которые «...разговаривают друг с другом...» и находятся «...в постоянной связи между собой, сотрудничая друг с другом» [19, 20] и т.п.



Рисунок 1 - Пирамида наук и технологий в цифровом обществе Society 5.0

## 2.2 Интернет людей и вещей

Интернет вещей (IoT), в том числе и промышленный (IIoT) - это бурно развивающиеся технологии, которые дополняют традиционный и привычный для нас интернет людей и могут служить основой автоматизации в Industry 4.0 и Society 5.0.

Как следует из официального определения, приведенного в Рекомендации МСЭ-Т Y.2060, «Overview of the Internet of Things», IoT представляет собой «глобальную инфраструктуру для информационного общества, которая обеспечивает продвинутые сервисы путем объединения (физического и виртуального) вещей на основе существующих и вновь создаваемых взаимодействующих информационных и коммуникационных технологий [21]. При этом под «вещью» понимается «объект реального (физическая вещь) или виртуального (виртуальная вещь) мира, который может быть идентифицирован и интегрирован в телекоммуникационную сеть» [21].

В 2013 году компанией Cisco был предложен термин «Всеобъемлющий Интернет» (Internet of Everything, IoE), который считается более широким чем IoT и определяется как «сеть, объединяющая людей, данные, процессы и вещи, ..., включая интернет вещей» [22].

Очевидно, что реализация IoT (IIoT, IoE) требует развития целого ряда перспективных технологий, включая сенсорные (интеллектуальные датчики, smart dust и др.), телекоммуникационные (RFID, NFC, Wi-Fi, 6LoWPAN и др.) и т.д. Это позволит встраивать «интеллект» в «вещь» еще на этапе ее производства. При этом в Society 5.0 (как, впрочем, и в Industry 4.0) IoT (IoE) не должен быть технологией ради технологии. Его возможности должны быть направлены, прежде всего, на благо человека, на повышение качества его жизни.

## 2.3 Мультиагентные системы и технологии

Реализация технологий IoT (IIoT) предполагает перенос вычислений в виртуальный мир («облако»), где каждый «виртуальный» двойник объектов реального мира действует согласно

выбранному алгоритму и правилам. Для связи реального и виртуального миров используются интеллектуальные агенты, которые могут воспринимать информацию из реального мира, принимать решения и согласовывать эти решения с другими объектами или пользователями в реальном времени. При этом сами реальные объекты могут работать автономно или быть частями более сложных объектов (гибкая производственная линия, группировка беспилотных самолетов и др.)

В [23] многоагентная (мультиагентная) система определяется как сеть слабо связанных решателей частных проблем (агентов), которые существуют в общей среде и взаимодействуют между собой для достижения тех или иных целей системы. Взаимодействие может осуществляться агентами либо прямым образом – путем обмена сообщениями, либо некоторым косвенным образом, когда одни агенты воспринимают присутствие других агентов через изменения во внешней среде, с которой они взаимодействуют.

Мультиагентные системы и технологии могут применяться как для решения экстремально сложных задач (например, планирования и оптимизации ресурсов и извлечения знаний класса Big Data и Small Data), так и для создания цифровых эко-систем («систем систем») сервисов, способных кооперировать и конкурировать между собой, позволяющие из простого Интернета вещей сделать умный Интернет людей и вещей (Интернет агентов).

#### **2.4 Базы знаний на основе онтологий**

Онтология – это система представления знаний о предметных областях [24-26]. Как отмечается в работе [27], онтологию «часто понимают как “спецификацию концептуализации”... или даже считают синонимом “концептуальной модели предметной области” (точнее, набора сосуществующих концептуальных моделей)». Там же говорится, что «в простейшем случае онтология определяется как “некоторый общий словарь понятий, используемых в качестве строительных кирпичиков в системах обработки информации”. Обычно она описывает иерархию понятий, связанных между собой отношениями категоризации» [27].

Онтологический подход получил широкое распространение в мультиагентных системах, где онтологии собственно и являются теми базами знаний интеллектуальных агентов, в которых содержатся как знания о конкретной предметной области, так и знания, относящихся к методам решения задач или принятия решений [28]. На основе онтологий, агенты получают возможность совершать поиск в базах знаний и данных, а также применяют их для обмена сообщениями (например, в современных версиях языков коммуникации агентов и, в частности, ACL) [23]

#### **2.5 Теория сложных адаптивных систем**

Наибольшая известность в области изучения сложных самоорганизующихся систем принадлежит научной школе лауреата Нобелевской премии Ильи Пригожина, который использовал термины «теория диссипативных структур», «теория открытых систем», «теория самоорганизующихся систем» [29]. Пригожинское видение сложной системы характеризуется разупорядоченностью, неустойчивостью, разнообразием, неравновесностью, нелинейными соотношениями, в которых малый сигнал на входе может вызвать сколь угодно сильный отклик на выходе.

Собственно теория сложных адаптивных систем появилась в 90-х гг. Одним из наиболее известных исследователей в этой области является Дж. Холланд [30]. Суть теории Дж. Холланда заключается в том, что сложные формы живых систем возникают из адаптивного поведения простых, а адаптивное поведение можно свести к последовательности микровзаимодействий со средой, из которых складывается динамика более сложных структур (например, муравейника, роя пчел, стаи птиц и т.д.) [31]. Можно считать, что теория сложных адаптивных систем является базисом мультиагентных систем. Именно она устанавливающая связь между мультиагентными системами и нелинейной термодинамикой, когда решение любой сложной

задачи достигается в ходе самоорганизации и трактуется как «устойчивое неравновесие» (временный консенсус).

## 2.6 Эмерджентный интеллект

Эмерджентный интеллект (интеллектуальный резонанс, интеллект роя) – это проявление неожиданных свойств, которыми обладает система, но не обладает ни один из входящих в нее отдельных элементов [32]. Ключевая особенность эмерджентного интеллекта заключается в динамике и непредсказуемости процесса принятия решений посредством большого количества взаимодействий (сотен и тысяч), которые почти невозможно отследить. В частности, [33] эмерджентность определяется как «глобальное поведение сложной системы, возникающее от взаимодействия агентов и, в итоге, определяющее их поведение», при этом «эмерджентное поведение непредсказуемо, но не случайно...».

Свойство эмерджентности зачастую связывают с мультиагентными технологиями, которые реализуют взаимодействия относительно простых «умных элементов» (агентов) в ходе их самоорганизации для решения конкретной задачи.

## 2.7 Эвергетика

Эвергетика – это развивающаяся ценностно-ориентированная наука о процессах управления в человеческом обществе. Ее название происходит от греческого слова «Εβεργέτης», которое обозначает «благодетель» и уже в нем заложена ориентация на «благие действия» в процессах управления (принятия решений), что отличает эвергетику от классической науки об управлении (management science) и кибернетики, инвариантной по отношению к каким-либо ценностям [34, 35] (в своем навигаторе по кибернетике Д.А. Новиков причисляет эвергетику к кибернетике третьего порядка для взаимодействующих субъектов управления [36]).

В [37] автор этой науки проф. В.А. Виттих дает следующее определение: «Эвергетика – наука об организации процессов управления в развивающемся обществе, каждый член которого заинтересован в преумножении производимого им культурного наследия, влекущего за собой повышение культурного потенциала общества в целом и, как следствие, увеличение доли нравственных управленческих решений и соответствующих им благих действий в общественной жизни». По мнению В.А. Виттиха «междисциплинарная наука должна опираться как на гуманитарные и социальные науки, так и на теорию управления, информатику и на некоторые другие дисциплины, относящиеся к разряду точных наук. Такая полипредметность связана с тем, что в эвергетике человек рассматривается, с одной стороны, как субъект, вооруженный методами и средствами исследования ситуаций и принятия решений по их урегулированию, а с другой стороны, - как объект воспитания, обучения, формирования мировоззрения и умения коммуницировать с другими людьми и т.п.» [37]. При этом эвергетика В.А. Виттиха ни в коем случае не отвергает традиционный «системный» подход к управлению социо-техническими системами, а дополняет и расширяет его возможности [38].

В основе эвергетики лежит теория интерсубъективного управления [39], в которой каждый активный человек может проявить себя в качестве неоднородного «актора», осознающего себя «погруженным» в некоторую проблемную ситуацию и готовым участвовать в её урегулировании совместно с другими акторами [40]. При наличии большого числа акторов решение любой задачи оказывается весьма трудоёмким и здесь могут быть использованы рассмотренные выше мультиагентные системы, которые обеспечивают принятие решений по управлению ситуацией в реальном масштабе времени (в темпе развития ситуации). При этом решение принимается на основе консенсуса, базирующегося на взаимных убеждениях, компромиссах, уступках и т.п., что создаёт преграду проявлениям насилия, зла, агрессивности и иных пороков, поскольку в процессах переговоров и принятия решений людьми включаются ценностные факторы, если не устраняющие, то «сглаживающие» эти негативные явления [41].

Все вышесказанное позволяет с уверенностью утверждать, что эвергетика, как наука о процессах управления в социо-технических системах, нацелена на использовании знаний, воли

и энергии людей, раскрытие их талантов ради блага и удобства каждого человека. Это полностью соответствует концепции Society 5.0. Поэтому на рис. 1 эвергетика и поставлена на вершину «пирамиды наук и технологий» в Society 5.0, на которую опирается человек.

### **3. Научные и технические заделы: преемственность и развитие**

Представленные в разделе 2 ключевые науки и технологии, обеспечивающие переход к цифровому обществу Society 5.0, находятся и будут находиться в центре внимания исследователей и IT-разработчиков со всего мира в ближайшем и дальнем будущем. При этом многое уже достигнуто сегодня. В частности, исследованиями в области мультиагентных систем и технологий в Самаре ведутся уже более 25 лет (с 1990 г.) [42]. Изначально была направленность на разработки новых методов и средств решения сложных задач, основанных на принципах самоорганизации и эволюции (то, что называется «эмерджентный интеллект»).

В частности, в мультиагентных системах В.А. Виттихом и П.О. Скобелевым были разработаны модели сетей потребностей и возможностей (ПВ-сетей) и метод сопряженных взаимодействий для управления ресурсами в реальном времени, развитые в трудах [43, 44]. Предложенный подход позволил единым образом рассматривать процессы решения сложных многокритериальных задач управления ресурсами как процессы самоорганизации с выявлением и разрешением конфликтов между агентами путем переговоров с уступками для достижения ими согласия (консенсуса) [45]. Разработанные в рамках подхода методы и реализованные на их основе мультиагентные системы использовались для решения широкого круга задач – от кластеризации и понимания текстов до динамического управления ресурсами аэрокосмических, транспортных систем и промышленных предприятий [46-53]. Их промышленное внедрение доказывает эффективность разработанного подхода и определяет перспективы для решения широкого круга сложных задач как в рамках концепции Industry 4.0, та и далее в рамках развития цифрового общества Society 5.0.

Как уже отмечалось, организация системы знаний о предметной области и способах использования знаний в мультиагентных системах осуществляется на основе онтологий, которые позволяют описывать разнородные, многосвязные и неполные знания, содержащие, в т.ч., некорректную информацию, связанные не только иерархическими, но и сетевыми структурами, и т. д. [26]. Пионерскими работами в области онтологического анализа данных являются труды С.В. Смирнова [25, 54-56], который внес существенный вклад в решение одной из значимых проблем в этой области - задачи автоматизации формирования онтологий предметных областей на основе измерений [57]. Основу предложенной С.В. Смирновым методики выявления понятийной структуры и, в конечном счёте, формальной онтологии экспериментально исследуемой предметной области, составляет анализ формальных понятий [56]. Им была обобщена стандартная модель представления объектно-признаковых данных, а для её обработки были использованы модели и аппарат многозначной векторной логики.

Следует также отметить, что формальные онтологии могут служить теоретической и технологической платформой для реализации положений формирующейся теории интересубъективного управления – эвергетики [58]. В частности, для идентификации смысла проблемной ситуации для актора можно использовать метод онтологического анализа данных, основой которого служит теоретически хорошо обоснованный анализ формальных понятий, а необходимую всем акторам коммуникативную смысловую модель проблемной ситуации можно получить как объединение субъективных онтологий акторов.

### **4. Заключение**

Приведенный обзор показывает, что растущая популярность цифровой экономики и бесчисленное число практических приложений уже в настоящее время создало прочную основу для развития технологий Industry 4.0 и в перспективе может служить стартовой площадкой для

построения цифрового общества Society 5.0. А теоретической основой для такого «общества будущего» может служить эвергетика, которая возвращает «простых» людей из повседневности в мир интеллектуальных систем, что дает возможность использовать персональные интеллектуальные ресурсы каждого человека и делать среду обитания привлекательной для людей, «областью притяжения», а не зоной их временного проживания.

### Список литературы

- [1] Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI nachrichten, Nr.13, 2011.
- [2] Industry 4.0: Building the digital enterprise. <http://www.pwc.com/ee/et/publications/pub/Industry%204.0.pdf>
- [3] Hermann M., Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper No. 01. 2015. [http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf)
- [4] Davies R. Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth, Briefing for the European Parliament (PE 568.337) September 2015. European Parliamentary Research Service
- [5] Kagermann H. Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. In: Albach H, Meffert H, Pinkwart A, Reichwald R (eds) Management of Permanent Change. Springer Fachmedien, Wiesbaden, pp 23–45
- [6] Industry 4.0 is more than just a flashy catchphrase. A confluence of trends and technologies promises to reshape the way things are made. June, 2015. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>
- [7] Rada M. INDUSTRY 5.0 definition. <https://www.linkedin.com/pulse/industrial-upcycling-definition-michael-rada/>
- [8] Gehrke L., Kühn A.T., Rule D., Moore P., Bellmann C., Siemes S., Dawood D., Singh L., Kulik J., Standley M. A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. April 2015. <https://www.researchgate.net/publication/279201790>
- [9] Hecklauer F., Galeitzka M, Flachsa S., Kohlb H. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 Procedia CIRP 54 ( 2016 ) pp.1–6
- [10] Lorenz M., Rüßmann M., Strack R., Lueth K., Bolle M. Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4.aspx>
- [11] German standardization roadmap Industry 4.0. Version 2. <https://www.din.de/blob/65354/f5252239daa596d8c4d1f24b40e4486d/roadmap-i4-0-e-data.pdf>
- [12] Buhr D. Social Innovation Policy for Industry 4.0. Publisher: Division for Social and Economic Policies, Friedrich-Ebert-Stiftung. 2017. 24 pp. <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf>
- [13] Nirmala J. Super Smart Society: Society 5.0. RoboticsTomorrow, 2016 <https://www.robotictomorrow.com/article/2016/09/super-smart-society-society-50/8739>
- [14] Society 5.0: Japan's digitization <http://www.cebit.de/en/news-trends/news/society-5-0-japans-digitization-779>
- [15] Morgan G., Rzevski G., Wiese P. Multi-Agent Control of Variable Geometry Axial Turbo Compressors. Journal of Systems and Control Engineering, issue I3 vol. 218 (2004), pp. 157-171.
- [16] Schilling K. Networked Distributed Pico-Satellite Systems for Earth Observation and Telecommunication Applications // Airspace Guidance, Navigation and Flight Control Systems Workshop (IFAC 2009), June 30–July 02, 2009. — Samara, Russia. <http://www.federalspace.ru/main.php?id=4024>.
- [17] De Florio S. Performances Optimization of Remote Sensing Satellite Constellations: a Heuristic Method // Proc. of 5th Intern. Workshop on Planning and Scheduling for Space (IWPS 2006), October 22–25, 2006. — Space Telescope Science Institute Baltimore, USA. <http://www.stsci.edu/largefiles/iwps/20069151043Paper.pdf>
- [18] Соллогуб А.В., Скобелев П.О., Симонова Е.В., Царев Е.В., Степанов М.Е., Жилев А.А. Интеллектуальная система распределенного управления групповыми операциями кластера малоразмерных космических аппаратов в задачах дистанционного зондирования Земли // Информационно-управляющие системы. №1. 2013. С. 16-24

- [19] Daniels J. Future of farming: Driverless tractors, ag robots <https://www.cnbc.com/2016/09/16/future-of-farming-driverless-tractors-ag-robots.html>
- [20] Remarks By Prime Minister Abe at 14th Annual Meeting of the STS Forum October 1, 2017 [https://japan.kantei.go.jp/97\\_abe/statement/201709/\\_00012.html](https://japan.kantei.go.jp/97_abe/statement/201709/_00012.html)
- [21] Y.2060: Overview of the Internet of things <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
- [22] #InternetOfEverything. <http://ioeassessment.cisco.com/learn>
- [23] Городецкий В.И., Бухвалов О.Л., Скобелев П.О., Майоров И.В. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем // Управление большими системами. №66. 2017. –с.94–157
- [24] Найданов Д.Г., Шеин Р.Е. Онтологии в мультиагентных системах // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014: Сборник трудов. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 9044-9049.
- [25] Смирнов С.В. Онтологии как смысловые модели // Онтология проектирования. №2 (8). – 2013. С.12-19.
- [26] Matushin M. M., Vakulina T. G., Kotelya V.V., Skobelev P. O., Lakhin O. I., Kozhevnikov S. S., Simonova E. V., Noskova A. I. Methods and Software for Creation of Ontologies for Visualizing Connected Information Objects of Random Nature in Complex Information-Analytical Systems // Информационно-управляющие системы. №2. 2014. –с. 9-17
- [27] Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: Философия, психология, информатика М.: Едиториал УРСС. 2002. 352 с.
- [28] В.В. Андреев, С.В. Батищев, К.В. Ивкушкин, Т.В. Искварина, П.О. Скобелев Инструментальные средства для разработки мультиагентных систем промышленного масштаба // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды VI Международной конференции. Самара: СамНЦ РАН. 2004. с.233-240.
- [29] Пригожим И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
- [30] Holland J.H. Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Readings (MA): Addison-Wesley Publishing Company, 1995. P.38.
- [31] Галкин Д.В. О некоторых эпистемологических основаниях искусственной жизни // Вестник НГУ. Серия: Философия. Том 10. Выпуск 2. – 2012. –с.43-51.
- [32] Граничин О., Кияев В. Управление на базе мультиагентных систем // Информационные технологии в управлении предприятием. СПбУ. М. 2011 <http://www.intuit.ru/studies/courses/13833/1230/lecture/24081>.
- [33] Rzevski G. Self-organization in social systems // «Ontology of Designing» scientific journal, 4(14). 2014. pp.8-17
- [34] Vittikh V.A. Problemy evergetiki [Problems of Evergetics] // Problemy upravleniya. –2014. –No.4 - P. 69-71.
- [35] Vittikh V.A. Concept of intersubjectivity in evergetics // Ontologiya proyektirovaniya [Ontology of Designing]. -2014. –No.4 (14). – P.90–97.
- [36] Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
- [37] Vittikh, V.A. Evolution of Ideas on Management Processes in the Society: From Cybernetics to Evergetics // Group Decision and Negotiation. September 2015, Volume 24, Issue 5, pp. 825–832 <https://doi.org/10.1007/s10726-014-9414-6>
- [38] Виттих В.А. Дополнительность системного и обыденного подходов к урегулированию проблемных ситуаций в повседневности // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIX Международной конференции. Самара: Офорт. 2017. с.4-11.
- [39] Vittikh VA (2014) Introduction in the theory of intersubjective management. Group Decision and Negotiation. January 2015, Volume 24, Issue 1, pp 67–95. <https://doi.org/10.1007/s10726-014-9380-z>
- [40] Vittikh V.A. Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics. - Group Decision and Negotiation, volume 24, issue 6, November 2015, p. 949-956. <https://doi.org/10.1007/s10726-014-9423-5>
- [41] Vittikh V.A., Moiseeva T.V., Skobelev P.O. Priniatiye resheniy na osnove konsensusa s primeneniye multiagentnykh tekhnologiy [Decision Making by Consensus with Application of Multi-Agent Technology] // Ontologiya proyektirovaniya [Ontology of Designing]. -2013. – No.2. – P.20–25.

- [42] Скобелев П.О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2010, №12 с.33-46
- [43] Виттих В. А., Скобелев П.О. Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах // Автоматика и телемеханика. –2003. –№0. 1. –С. 177-185.
- [44] Виттих В. А., Скобелев П. О. Метод сопряженных взаимодействий для управления распределением ресурсов в реальном масштабе времени // Автометрия. –2009. –Т. 45. –№0. 2. –С. 84-86.
- [45] Виттих В.А., Моисеева Т.В., Скобелев П.О. Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий // Онтология проектирования. –2013. –№0. 2 (8) –С. 20-25.
- [46] UK Patent Application No. 304995 -Data Mining. Authors G. Rzevski, I. Minakov, P. Skobelev.
- [47] UK Patent Application No. 305634 -Automated Text Analysis. Authors: G. Rzevski, I. Minakov, P. Skobelev.
- [48] Skobelev P.O., Travin V.S., Zhilyaev A.A., Simonova E.V. Application of multi-agent technology in the scheduling system of swarm of earth remote sensing satellites // Procedia Computer Science 12th. Ser. "12th International Symposium Intelligent Systems, INTELS 2016" 2017. pp. 396-402.
- [49] Rzevski G., Soloviev V., Skobelev P., Lakhin O. Complex adaptive logistics for the international space station // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics. 2016. vol. 11. No3. pp. 459-472.
- [50] Belousov A.A., Stepanov M.E., Goryachev A.A., Skobelev P.O. A multi-agent method for adaptive real-time train scheduling with conflict limitations // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics. 2016. Vol. 11. No. 2. pp. 116-126.
- [51] Rzevski G., Lakhin O., Knezevic J., Skobelev P., Borgest N. Managing aircraft lifecycle complexity // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics. 2016. Vol. 11. No2. pp. 77-87.
- [52] Tsarev A., Skobelev P. Multi-agent supply scheduling system prototype for energy production and distribution // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Т. 9662. С. 290-293.
- [53] Тугаев М.Ю., Речкалов А.В., Скобелев П.О. Управление машиностроительной корпорацией в реальном времени // Сборник трудов XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 9030-9043.
- [54] Смирнов С.В. Онтологическая относительность и технология компьютерного моделирования сложных систем // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т. 2. № 1. С. 66-71.
- [55] Смирнов С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самарского научного центра РАН. 2001. Т. 3. № 1. С. 62-70.
- [56] Смирнов, С.В. Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. -2012. -№2(4). -С. 16-24.
- [57] Самойлов Д.Е., Семенова В.А., Смирнов С.В. Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий // Онтология проектирования. –Т.6. №3(21). 2016 –с.317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339
- [58] Виттих В.А. Ситуационное управление с позиций постнеклассической науки // Онтология проектирования. -2012. -№2(4). -С. 7-15.

Published: Боровик С.Ю., Скобелев П.О. Конвергенция наук и технологий на пути к цифровому обществу SOCIETY 5.0 // Труды XX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», Самара, 03-06 сентября 2018 г. – Самара: ОФОРТ, 2018. – С. 13-21. – ISBN 978-5-473-01200-2.