



Munich Personal RePEc Archive

Foundation of a general theory of socio-economic coordination

Parinov, Sergey

CEMI RAS

November 2021

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/110667/>
MPRA Paper No. 110667, posted 14 Nov 2021 21:33 UTC

Foundation of a general theory of socio-economic coordination

Sergey Parinov¹, CEMI RAS

Abstract

The methodological foundation for building a general theory of socio-economic coordination, the need for which is caused by the ongoing digitalization, including coordination processes, are considered. An adequate theoretical instrument is required to analyze the possible socio-economic consequences of changes in coordination mechanisms. Due to the special place in the economy of the coordination processes, their improvement can become a new source of significant socio-economic development. In the proposed study, the ideas of the shared mental model of the participants in joint activities developed in the cognitive sciences are used as the initial basis for creating the required theory. In this context, the fundamental process of coordination of socio-economic activities is considered, based on the ability of agents to coordinate activities in direct and indirect communications between them. A description of the general scheme of the coordinating activity of agents is proposed, the various configurations of which, framed by the institutional structures, form the coordination mechanisms. The market, hierarchical and network coordination mechanisms are presented as special cases of the general scheme. The general conditions for the performance and success of various configurations of coordinating activities have been analyzed, including as an optimization problem. For economic activity, the specificity of its coordination is considered, which consists in the formation of a hybrid form of coordination. The principles of systematization and classification of the processes of coordination of both economic activity and non-economic activity are proposed. The features and possibilities of improving coordination mechanisms through digitalization of the coordinating activities of agents are considered. On this basis, clarifications of the theoretical picture of the socio-economic world are proposed. The idea of building a unified coordination mechanism that could serve the all needs of agents in coordinating their activities, both economic and social, is discussed.

JEL: P0, O1, O3

¹ Sergey Parinov, Doctor of sciences, Senior researcher of Central Economics and Mathematics Institute of Russian Academy of Sciences, sparinov@gmail.com, [orcid: 0000-0001-8333-2657](https://orcid.org/0000-0001-8333-2657)

Основания общей теории социально-экономической координации

Паринов С.И.², ЦЭМИ РАН

Версия 1, 15.07.2021 – 11.11.2021

Аннотация

Рассматриваются методологические основания для построения общей теории социально-экономической координации, потребность в которой вызвана происходящей в настоящее время цифровизацией, в том числе, процессов координации. Анализ возможных социально-экономических последствий от изменений в механизмах координации требует адекватного теоретического инструментария. В силу особого места в экономике, которое занимают процессы координации, их совершенствование может стать новым источником значительного социально-экономического развития. В предлагаемом исследовании в качестве исходного основания для создания требуемой теории рассматриваются развиваемые в когнитивных науках представления о коллективной ментальной модели участников совместной деятельности. В этом контексте выделен фундаментальный процесс координации социально-экономической деятельности, основанный на способностях агентов к согласованию деятельности при прямых и косвенных коммуникациях между ними. На этой основе предлагается описание общей схемы координирующей деятельности агентов, различные конфигурации которой, закрепленные институциональными структурами, образуют механизмы координации. Рыночный, иерархический и сетевой механизмы координации представлены как частные случаи общей схемы. Проанализированы общие условия работоспособности и успешности различных конфигураций координирующей деятельности, в том числе, в виде оптимизационной задачи. Для экономической деятельности рассмотрена специфика ее координации, которая заключается в образовании гибридных форм координации. Предложены принципы систематизации и классификации процессов координации как экономической деятельности, так и неэкономической. Рассмотрены особенности и возможности совершенствования механизмов координации через цифровизацию координирующей деятельности агентов. На этой основе предложены уточнения теоретической картины социально-экономического мира и сформулирована идея построения единого механизма координации, который мог бы обслуживать потребности агентов в координации их деятельности, как экономической, так и общественной в рамках единой социально-экономической системы.

Ключевые слова: согласование деятельности, механизм координации, стигмергия, ментальная модель

JEL: P0, O1, O3

² Паринов Сергей Иванович, д.т.н., гнс, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, sparinov@gmail.com, orcid: 0000-0001-8333-2657

Оглавление

1. Введение.....	4
2. Примеры форм координации	7
2.1. Координация при прямых коммуникациях	7
2.2. Координация при косвенных коммуникациях.....	8
3. Фундаментальный процесс координации.....	9
3.1. Согласование формы представления информационных образов агентов	11
3.2. Формирование ментальной модели и превращение ее в коллективную	11
3.3. Анализ вариантов совместной деятельности	12
4. Общая схема координирующей деятельности	13
5. Условия работоспособности и успешности конфигураций координирующей деятельности.....	19
6. Выбор конфигурации координирующей деятельности как задача оптимизации.....	20
7. Специфика совместной экономической деятельности.....	22
8. Принципы систематизации и классификации координации.....	23
9. Цифровизация координирующей деятельности.....	25
9.1. Цифровизация КД создания некоммерческого ПО с открытым кодом.....	27
9.2. Цифровизация КД движения автомобилей в потоке	27
9.3. Цифровизация КД для согласования научных исследований через публикации	28
9.4. Цифровизация КД для согласования экономической деятельности.....	29
10. Уточнение картины социально-экономического мира	31
11. Единый механизм координации.....	33
12. Заключение.....	37
Литература.....	37

1. Введение

В предлагаемом исследовании рассматриваются методологические основания для построения общей теории социально-экономической координации, потребность в которой вызвана происходящей в настоящее время цифровизацией, в том числе, в процессах координации. Такая теория должна стать инструментарием для анализ возможных социально-экономических последствий от изменений в механизмах координации, а также для их конструирования. В силу особого места в экономике, которое занимают процессы координации, их совершенствование может стать новым источником значительного социально-экономического развития.

Согласно Оксфордскому словарю, координация как процесс представляет собой организацию различных элементов комплексной системы или деятельности таким образом, чтобы они могли эффективно работать вместе. Под данное определение попадают случаи координации между элементами качественно различных систем, включая технические, без прямого участия в них людей. В нашем исследовании рассматриваются только процессы координации между деятельностью социально-экономических агентов, которые образуют комплексные экономические и общественные системы.

Координация социально-экономических процессов проявляется как способность людей взаимно учитывать в своей деятельности деятельность других людей. В таком качестве, координация обеспечивает интеграцию и согласование разнородной социально-экономической деятельности отдельных агентов в рамках системы общественного разделения труда, а также и неэкономической деятельности при других видах взаимозависимостей между ними. От развитости и совершенства процессов координации зависят эффективность функционирования экономики и общества, а также характер социально-экономического развития в целом.

В научной литературе отмечается, что наблюдаемое разнообразие процессов координации не покрывается совокупностью известных теоретически описанных моделей координации (Власова и Молокова, 2019). Отсутствуют представления об универсальном механизме координации, который определенным образом воплощен в каждой форме координации (Crowston и др., 2015, стр. 29). В предлагаемом исследовании обосновывается, что эти недостатки могут быть ослаблены или устранены полностью, если рассматривать процессы координации на поведенческом уровне отдельных агентов, используя наработки когнитивных наук. В частности, предлагается использовать концепцию ментальной модели агента, включая коллективную ментальную модель агентов, ведущих совместную деятельность. Данная концепция представлена в работах (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos и др., 2004; Badke-Schaub и др., 2007) и др. См. обзор в (Паринов, 2020, с. 6-11). В этих исследованиях отмечается, что «главный эффект существования коллективных ментальных моделей (shared mental models) ... состоит в координации индивидуальных деятельностей на поведенческом уровне» (Mantzavinos и др., 2004).

Ментальные модели участников совместной деятельности определяются в научной литературе следующим образом: «Взаимодействуя с окружающей средой, с другими людьми и с артефактами технологий, люди развивают внутренние ментальные модели самих себя и вещей, с которыми они взаимодействуют. Эти модели обеспечивают предсказательную и объяснительную силу для понимания этих взаимодействий» (Badke-Schaub и др., 2007). Объединение индивидуальных ментальных моделей агентов в коллективную ментальную модель группы агентов означает создание «структуры знаний, которыми владеют члены команды, которые позволяют им формировать точные

объяснения и ожидания для задачи и, в свою очередь, координировать свои действия и адаптировать свое поведение к требованиям задачи и других членов команды». (Badke-Schaub и др., 2007)

Использование агентами ментальных и коллективных ментальных моделей (Паринов, 2020) означает, что агенты ведут некоторую специфическую координирующую деятельность (КД), которая прямо не фиксируется экономическими методами. Такая КД дополняет основную деятельности агентов, т.к. она является необходимым условием получения ими выгоды от совместной деятельности. Координирующая деятельность состоит из определенных этапов, каждый из которых может быть реализован агентами в определенном количестве вариантов. Различные сочетания этих вариантов, представленные в исследовании как общая схема КД, порождают множество конфигураций КД. Разные конфигурации дают агентам преимущества при согласовании совместной деятельности разных видов и в разных условиях. Для массового применения отдельных конфигураций КД агенты фиксируют правила их использования в виде институциональных структур. В результате, определенные конфигурации КД приобретают форму общих для всех агентов механизмов координации. Для согласования деятельности агенты используют определенный набор механизмов координации, каждый из которых приспособлен к определенному виду деятельности и условиям ее осуществления (Паринов, 2020).

Наличие общей схемы КД позволяет систематизировать известное разнообразие процессов координации, а также предложить некоторые принципы их классификации по типам и видам.

Каждая конфигурация КД, представляющая собой некоторую специфическую организацию процесса координации, подразумевает решение агентами задачи выбора совместной деятельности из набора взаимоприемлемых вариантов, представленных в их ментальных моделях. Решение этой задачи зависит, с одной стороны, от ее сложности, а с другой - от наличия у агентов необходимых возможностей для ее решения. Например, с одной стороны, это зависит от количества агентов участников совместной деятельности, а с другой - от имеющихся у агентов вычислительных возможностей для решения задачи согласования. На процесс решения этой задачи также влияет интенсивность непредсказуемых изменений в условиях совместной деятельности агентов, т.к. такие изменения могут обесценивать текущие соглашения агентов по поводу их совместной деятельности и требовать ее повторного согласования.

Существование различных факторов, влияющих на решение агентами задачи согласования, позволяет вывести общие условия работоспособности конфигураций КД для различных видов совместной деятельности агентов. Учитывая, что социально-экономическим агентам присуще стремление к максимизации выгоды от совместной деятельности, условия работоспособности могут быть обобщены как условия успешности конфигураций КД. Изменяя параметры процессов координации возможно увеличение выгоды от совместной деятельности агентов в определенных пределах. Например, это возможно за счет расширения масштабов координируемой совместной деятельности, или за счет более полного учета в процессе координации намерений и возможностей индивидуальных агентов. При заданных ограничениях изменение одного из этих параметров ведет к повышению выгоды агентов от совместной деятельности только при одновременном снижении второго. Данная зависимость приводит к постановке оптимизационной задачи поиска конфигурации КД, которая максимизирует сводную выгоду агента при существующих ограничениях.

На основе данного подхода известные механизмы координации (рыночный, иерархический и сетевой) могут быть представлены как частные случаи или варианты общей схемы координирующей деятельности. Все варианты координирующей деятельности, включая отмеченные наиболее известные, эволюционируют под воздействием изменений вычислительных возможностей агентов и условий для их совместной деятельности. В настоящее время это происходит под воздействием комплексной цифровизации всех сторон деятельности социально-экономических агентов. Предложенный подход позволяет рассматривать различные аспекты развития и совершенствования механизмов координации, в том числе, возможности их цифровой трансформации. Необходимым условием этого является цифровизация фундаментального процесса координации, т.е. координирующей деятельности. Полноценная цифровизация КД при прочих равных условиях даст агентам прирост выгоды от их совместной деятельности.

Координирующая деятельность, являющаяся дополнением к основной деятельности агентов, также является совместной деятельностью агентов. В этом качестве она также предполагает согласование усилий агентов по ее совершенствованию и, следовательно, здесь тоже работают механизмы координации. Появление в настоящее время возможностей для сознательного и системного совершенствования механизмов координации дает основания для анализа отношений между разными координируемыми и координирующими видами деятельности, необходимых для функционирования экономики и общества. Выявленная структура этих видов совместной деятельности агентов позволяет уточнить и дополнить традиционную картину социально-экономического мира.

Глубокая и комплексная цифровизация КД, а также полный перенос процессов согласования в виртуальную среду, приводит к некоторым изменениям в конфигурациях КД. Появляется возможность создания новых механизмов координации, которые не существуют в традиционной социально-экономической среде. В частности, функции разных конфигураций КД, которые в традиционном виде имеют между собой качественные отличия (например, рынок и сетевая форма), объединяются в одной конфигурации. Данные процессы позволяют предложить и предварительно обосновать идею единого механизма координации. Подобный механизм координации, построенный как распределенная глобальная компьютерная система, мог бы обслуживать потребности агентов в координации всех видов их деятельности, как экономической, так и неэкономической (научной, общественно-политической, образовательной и т.п.).

Появление в настоящее время возможностей для цифровизации координирующей деятельности означает начало нового важного этапа в развитии социально-экономических институтов. Формируются условия для сознательного системного совершенствования механизмов координации в целях повышения выгоды от совместной социально-экономической деятельности агентов. Полноценная реализация этой возможности требует создания соответствующего научного инструментария, например, в виде общей теории социально-экономической координации. Создание такой теории откроет возможности для практического совершенствования механизмов координации, что может стать новым важным источником социально-экономического роста и развития. Результаты нашего исследования могут служить методологическим основанием для разработки такого инструментария.

В разделе 2 рассматриваются примеры качества различных форм координации. В разделе 3 обсуждается выделение фундаментального процесса, общего для всех форм координации. В разделе 4 фундаментальный процесс координации представлен как общая схема координирующей деятельности. В разделе 5 рассматриваются условия

работоспособности КД. В разделе 6 обсуждается выбор агентами конфигурации КД как задача оптимизации. Раздел 7 посвящен отличиям экономической деятельности от неэкономической, проявляющиеся, в том числе, в мотивациях агентов к созданию гибридных механизмов координации. В разделе 8 представлены принципы систематизации и классификации процессов координации. Раздел 9 рассматривает общие возможности цифровизации КД, а также в приложении к некоторым примерам. Разделе 10 уточняет картину социально-экономического мира в виде 4-х уровневой структуры из координируемой и координирующей совместной деятельности агентов. Раздел 11 обсуждает идею создания единого механизма координации в результате цифровизации координирующей деятельности и как методологическое следствие уточненной картины социально-экономического мира. Заключение представлено в разделе 12 и включает перечень основных задач общей теории социально-экономической координации.

2. Примеры форм координации

В приведенных ниже примерах координация представлена как процесс, который приводит совместную деятельность социально-экономических агентов к согласованному виду. Данные примеры являются заведомым упрощением и идеализацией сложности и многообразия форм координации. Они предназначены главным образом для иллюстрации выводов и положений данного исследования. Рассмотрению других аспектов координации посвящено достаточно много исследований, определенная часть которых рассматривается применительно к экономическим наукам в обзоре литературы в (Власова и Молокова, 2019), а для сложных систем в (Ходаков и др., 2014).

2.1. Координация при прямых коммуникациях

Первая группа из двух примеров иллюстрирует координацию, возникающую между агентами, которые напрямую обмениваются информацией между собой. В этом случае, координация основана на природной способности агентов договариваться.

Пример 1. Координация возникает между членами семьи (пример 1а) по поводу их совместной неэкономической деятельности, или между членами бригады рабочих, преследующих экономические цели (пример 1б) как результат достижения договоренности «кто делает что и в какой последовательности» в процессе прямого обмена информацией типа «все со всеми». Главная особенность этой формы – участники совместной деятельности находятся в процессе постоянного обсуждения их совместной деятельности в ответ на динамические изменения в ее условиях, уточняя и корректируя свои исходные договоренности по поводу участия каждого в этой деятельности.

В литературе данная форма часто называется сетевой формой координации (Powell, 1991) или сетевым управлением (Provan and Kenis, 2008). В (Паринов, 2002) отмечается, что хотя название «сетевая» является практически общепринятым в научной литературе, но оно не совсем точно выделяет специфику этой формы, т.к. все формы координации являются отношениями между агентами, которые могут быть представлены сетью связей определенного вида. Adler (2001) упоминает, что эта форма возникает в сообществах и основывается на доверии. Доверие, в данном случае, он определяет как «субъективную вероятность, с которой субъект оценивает, что другой субъект или группа субъектов выполнит конкретное действие» (Adler, 2001). Полтерович (2018) указывает, что эта форма координации представляет собой сотрудничество, основанное на согласованном принятии решений. Ниже мы используем для этого случая название «договорная» форма координации, т.к., на наш взгляд, данное название точнее всего передает суть этой формы и ее отличие от других.

Пример 2. Агенты-исполнители делегируют агентам-руководителям право принимать решение о содержании их деятельности. Координация возникает, когда руководитель с помощью прямого обмена информацией с исполнителями обеспечивает согласование деятельности всех его исполнителей между собой, возможно, выполняя при этом команды других руководителей выше по иерархии. Этот случай является разновидностью и упрощением договорной формы из примера 1, т.к. в данном случае процесс достижения договоренности хотя и присутствует в отношениях между исполнителем и руководителем, но он реализуется в ограниченных коммуникациях типа «исполнитель-руководитель», а не «все со всеми».

Эта форма называется в литературе иерархической или административной формой координации (Malone and Crowston, 1994; Weigand, и др., 2003; Власова и Молокова, 2019). Кроме этого, Adler (2001) и Полтерович (2018) определяют эту форму координации как «власть», которая, согласно (Полтерович, 2018), основана на подчинении путем принуждения. Ниже мы используем для этой формы название «иерархическая».

Многие авторы отмечают, что в современных условиях упомянутые выше две формы координации (договорная и иерархическая) чаще всего встречаются в составе гибридных форм (Powell, 1991; Malone and Crowston, 1994; Дементьев и др., 2017). Простейшими гибридами являются случаи, когда в иерархической организации отдельный исполнитель представляет собой группу агентов, которые используют договорную форму чтобы согласовывать свою деятельность для выполнения команд от руководителя. Также, руководитель может представлять собой группу менеджеров, которые используют внутри этой группы договорную форму для коллективной выработки команд для исполнителей.

2.2. Координация при косвенных коммуникациях

Вторая группа из 4-х примеров иллюстрирует координацию, которая возникает между агентами, не имеющими или не использующими возможности для прямого обмена информацией между собой. В данном случае агенты наблюдают за деятельностью друг друга в общей среде жизнедеятельности, в том числе в виртуальной интернет-среде. Агенты оставляют в общей среде следы своей деятельности, в том числе, специально подготовленные метки, которые могут содержать достаточно подробную информацию для выбора другими агентами их деятельности, которая будет востребована (Heylighen, 2016). Анализируя следы деятельности других агентов или специально оставленные ими метки, агенты принимают решение о своей собственной деятельности и, таким образом, в определенной степени, учитывают то, что делают другие агенты. Данная форма координации получила в литературе название «стигмергия» (Elliott, 2006; Marsh and Onof, 2008; Elliott, 2016; Heylighen, 2016).

Пример 3. Рыночная координация, при которой участники рынка удовлетворяют свой спрос и предложение в результате согласования цен и обмена товарами, является примером координации при косвенных коммуникациях. Как отмечал Heylighen (2016): «самым известным примером стигмергической самоорганизации является «невидимая рука» рынка: действия по покупке и продаже оставляют след, влияя на цену товаров, по которым осуществляется сделка. Эта цена, в свою очередь, стимулирует дальнейшие сделки». Полтерович (2018) отмечает, что для рыночной формы координирующую роль выполняет конкуренция, которая представляет собой соперничество агентов в их борьбе за приоритетные позиции.

Пример 4. В (Heylighen, 2016) приводится пример координации в форме стигмергии для неэкономической деятельности: члены сообщества программистов, географически распределенных по разным странам, вместе разрабатывают сложный набор программного обеспечения с открытым исходным кодом без прямого коммерческого применения. Они регулярно проверяют их общий веб-сайт на наличие новых готовых модулей, созданных обновлений в коде, имеющихся запросов на новые функции, или проверяют сообщения об ошибках в созданном коде. Они децентрализованно реагируют на эти сигналы, написав дополнительный код или предложив решения. Они размещают эти результаты на общем веб-сайте, чтобы другие участники их видели и использовали. В этом случае, общий веб-сайт выполняет функции отслеживания и визуализации следов деятельности, указывая, какие действия были выполнены, а какие еще нужно выполнить. Он используется всеми агентами, имеющими доступ к общей среде, что позволяет им координировать свои действия без необходимости прямых взаимодействий между собой.

Пример 5. Координация типа «стигмергия» работает и в глобальном научном сообществе. Ученые превращают результаты своих исследований в публикации, которые становятся доступны в общей среде другим ученым, и используются ими для производства новых результатов исследования без прямого контакта друг с другом, и для создания новых общедоступных публикаций (Parinov and Antonova, 2016; Parinov and Antonova 2019). Таким образом координируется совместная деятельность глобального научного сообщества, которая не является экономической в прямом смысле. В большинстве случаев, публикации прямо не связаны с оплатой труда ученых, но косвенно это учитывается.

Пример 6. Координация типа стигмергия возникает между отдельными агентами в пешеходном (пример 6а) или автомобильном (пример 6б) потоке, которые являются примерами чисто неэкономической деятельности. В данном случае, пешеходы или водители автомобилей, учитывая получаемую ими информацию о характере движения других участников, принимают решение о собственных действиях.

Все рассмотренные выше 6 примеров форм координации могут образовывать гибридные формы и/или использоваться агентами в параллельном режиме. На практике это означает, что агенты создали и используют достаточно сложную многослойную систему качественно отличающихся координационных процессов.

3. Фундаментальный процесс координации

Основным вызовом для системного исследования этой многослойной системы координации является выделение фундаментального процесса, который присутствует в каждой форме координации. Авторы теории координации по этому поводу сформулировали следующие вопросы: «Есть ли фундаментальные процессы координации, которые происходят во всех скоординированных системах? Если да, то как мы можем представить и проанализировать эти процессы?» (Malone, Crowston, 1994).

Существующая методология не позволяет удовлетворительным образом ответить на эти вопросы. Например, разработчики теории координации отмечают: «Задачи для будущих исследований включают разработку... универсальных механизмов координации... и более структурированных подходов к оценке и выбору между альтернативными процессами координации» (Crowston и др., 2015, стр. 29). Другие авторы среди недостатков в существующих описаниях процессов координации отмечают, что наблюдаемое разнообразие процессов координации не покрывается совокупностью известных теоретически описанных моделей координации, т.е. существует потребность в создании

универсального теоретического описания процессов и механизмов координации, в том числе, объясняющего их изменение и развитие в ответ на изменение условий их применения (Власова и Молокова, 2019).

На наш взгляд, эти методологические недостатки могут быть устранены, если рассматривать процессы координации на поведенческом уровне отдельного агента, используя наработки когнитивных наук и, в частности, концепцию ментальной модели агента (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos и др., 2004; Badke-Schaub и др., 2007). Исследователи командной деятельности определяют ментальную модель как «механизм, посредством которого люди генерируют описания назначения и формы системы, объяснения функционирования системы и наблюдаемых состояний системы, а также предсказания будущих состояний системы» (Mathieu и др., 2000, с. 360). Также отмечается, что «понятие ментальной модели команды было введено для отражения неявной координации, часто наблюдаемой в эффективных командах, а также для дальнейшего понимания как команды действуют в сложных, динамических и неопределенных условиях» (Mohammed и др., 2010).

Основой для выделения фундаментального процесса координации и создания универсального теоретического описания координации является тот факт, что в сознании отдельного агента все используемые им разнокачественные формы координации существуют в виде некоторой единой системы. Это утверждение можно проиллюстрировать с использованием приведенных выше примеров форм координации:

Пусть некоторый заданный агент является программистом. Он может одновременно (но не одномоментно) использовать все отмеченные выше шесть форм координации для совместной деятельности с различными группами агентов, доступными ему в экономике и обществе. Например, он использует договорную форму внутри своей семьи (пример 1а) и внутри небольшой группы разработчиков, членом которой он является. Он использует иерархическую форму координации (пример 2), т.к. работает в большой коммерческой софтверной компании либо как индивид, либо как член небольшой группы разработчиков (гибрид с примером 1б). Он использует рыночную форму (пример 3), чтобы купить на заработанные деньги ресурсы для поддержания жизнедеятельности себя, членов семьи и т.п. Он использует стигмергию, чтобы в свободное время участвовать в некоммерческих проектах по созданию программных систем с открытым кодом (пример 4), а также для публикации своих научных исследований (пример 5), и для передвижения в пешеходном или автомобильном потоке (пример 6а и 6б).

Описанная или похожая ситуация является нормой жизни современного человека. В сознании агента все эти разнокачественные многослойные процессы координации взаимосогласованы между собой, хотя в отдельные моменты они могут конфликтовать друг с другом. За согласованность разнокачественных процессов координации отвечает ментальная модель агента, т.к. в ней, по определению, представлены все виды совместной деятельности агента, а также осознаваемые агентом взаимозависимости между ними.

С точки зрения отдельного социально-экономического агента, например, программиста из примера выше, общим для всех процессов координации, в которые он вовлечен, является выполнение им некоторой специфической координирующей деятельности. В самом общем виде подобная координирующая деятельность необходима агенту, чтобы в его сознании сформировались информационные образы возможностей и намерений других агентов, с которыми он ведет совместную деятельность. С использованием этих информационных образов агент должен сформировать ментальную модель среды его

жизнедеятельности. На основе содержания его ментальной модели агент должен проанализировать (проиграть) варианты его совместной деятельности с другими агентами и выбрать, в некоторых случаях с участием других агентов, наилучший из них для практической реализации. Процессы согласования совместной деятельности агентов на основе их ментальных моделей, описываемые в этом и следующих разделах, основываются на системе гипотез и следствий из них, представленных в (Паринов, 2020, с. 11-19).

В координирующей деятельности каждого агента в определенной степени участвуют другие агенты поэтому она, как и основная деятельность, является для агентов совместной. Существует несколько способов участия агентов в координирующей деятельности друг друга.

3.1. Согласование формы представления информационных образов агентов

В рамках координирующей деятельности агент прилагает усилия чтобы получать и накапливать информацию о деятельности других агентов, которые присутствуют в общей среде жизнедеятельности. Это приводит к формированию в сознании агента информационных образов других агентов. За счет постоянного получения и обновления подобной информации у агента происходит регулярная актуализация этих образов. Информативность и актуальность (качество) этих информационных образов прямо зависит от усилий и успешности выполнения другими агентами их собственной координирующей деятельности.

Набор различных видов деятельности агента, требующие применения разных форм координации, формирует в его ментальной модели многослойное представление среды жизнедеятельности. Приведенный выше пример для агента-программиста иллюстрирует наличие у него, как минимум, шести слоев различных видов деятельности, в каждом из которых другие агенты должны быть представлены информационными образами одинакового вида. При этом, для разных видов деятельности информационные образы должны быть специфичны для соответствующего вида. Для успешной координации агенты должны для каждого вида деятельности согласованно порождать сочетаемые друг с другом информационные образы. Как результат, информационные образы агентов схожи для одного и того же вида их совместной деятельности, но отличаются друг от друга для разных видов деятельности.

Например, для вида деятельности в примере 1 (договорная форма) информационные образы агентов могут быть близки к реальному состоянию этих агентов, т.к. прямой обмен информации между агентами это позволяет. Для примера 2 (иерархическая форма) информационные образы агентов должны быть представлены их профессиональными характеристиками, набором знаний и умений, а также должностными обязанностями, которые являются общепринятыми для найма на работу. Для примера 3 (рынок) агенты представлены товарами, услугами, а также их ценами, оформленными по принятым правилам. Для примера 4 (программисты) агенты представлены фрагментами кода в стандартизованном представлении. Для примера 5 – правильно оформленными публикациями, а для примера 6 – общепринятым поведением пешеходов и автомобилей.

3.2. Формирование ментальной модели и превращение ее в коллективную

В сознании агента информационные образы агентов потенциальных участников его совместной деятельности вместе с другой информацией, имеющей отношение к его деятельности, становятся частью его ментальной модели среды жизнедеятельности. Как

отмечают некоторые авторы: «ментальные модели — это то, что люди используют для организации или кодирования информации, такой как динамика среды, в которую они встроены, как модели реагирования, необходимые для управления этой динамикой, а также цель команды и взаимозависимости между ролями членов команды» (Salas и др., 2005).

В случае активного участия других агентов в создании и обновлении ментальной модели агента она, фактически, превращается в коллективную ментальную модель группы агентов, ведущих совместную деятельность (Badke-Schaub и др., 2007). За счет непрерывного обмена информацией типа «все со всеми» (пример 1) или «исполнитель-руководитель» (пример 2) агенты поддерживают в сознании друг друга актуальное представление о текущих возможностях и намерениях друг друга. Например, (Mathieu и др., 2000, с. 274) пишет: «... чтобы эффективно адаптироваться, члены команды должны предвидеть, что будут делать их товарищи по команде и что им потребуется для того, чтобы это реализовать». Salas и др. (2005) отмечают: «совместная работа требует, чтобы члены команды координировали свои действия, предвидя и прогнозируя потребности друг друга на основе общего понимания окружающей среды и ожиданий в отношении эффективности. Такое общее понимание или представление целей команды, задач отдельных членов команды и координации команды для достижения общих целей часто называют [коллективными] ментальными моделями».

Исследователи отмечают ряд функций, которые выполняют командные (коллективные) ментальные модели: а) предоставление членам команды способа для одинаковой интерпретации информации; б) обмен ожиданиями относительно будущих событий; и в) разработка причинно-следственных связей для рассматриваемой ситуации (Mohammed и др., 2010). В частности, объединение содержания ментальных моделей агентов позволяет каждому отдельному агенту получить более подробную или более полную картину состояния среды жизнедеятельности и изменений в ней.

Появление у агентов коллективной ментальной модели и ее использование агентами в качестве инструмента согласования их деятельности предполагает выполнение комплекса условий. Как отмечается в (Salas и др., 2005), для этого необходимо: 1) разработка коллективных ментальных моделей; 2) достижение взаимного доверия; и 3) участие в замкнутой коммуникации. Для упрощения, в нашем исследовании предполагается, что все эти условия выполнены и нет препятствий для создания и продуктивного использования агентами их коллективной ментальной модели.

В общем случае, в ментальной модели многослойных видов деятельности агента координация некоторой части видов может быть основана на коллективных ментальных моделях группы агентов. В примере для программиста, ведущего 6 видов совместной деятельности, коллективная ментальная модель используется в договорной форме (пример 1) и иерархической (пример 2).

3.3. Анализ вариантов совместной деятельности

Как отмечалось выше, ментальная модель является инструментом агента для анализа возможных вариантов его совместной деятельности с другими агентами. Мысленно проигрывая в своей ментальной модели варианты совместной деятельности, агент по каждому виду деятельности выбирает лучший вариант. Если для определенных видов деятельности используется коллективная ментальная модель, то другие агенты принимают прямое участие в генерации возможных вариантов совместной деятельности, а также в их анализе и выборе наилучшего для всех варианта для его практической

реализации. В остальных случаях агент самостоятельно принимает решение о наилучшем варианте деятельности для практической реализации.

В результате практической реализации агентом его деятельности, в среде жизнедеятельности возникают следы этой деятельности и, таким образом, обновляется информация, которая позволяет другим агентам создать или обновить информационной образ этого агента, а также учесть деятельность данного агента в их деятельности.

Изложенное выше позволяет дать ответы на вопросы авторов теории координации, упомянутые в начале этого раздела:

1) «Есть ли фундаментальные процессы координации, которые происходят во всех скоординированных системах?» (Malone, Crowston, 1994) -

– Да, есть. Выше описан координирующий процесс, который является фундаментальным процессом достижения координации в совместной деятельности агентов, и он происходит во всех скоординированных системах.

2) «Если да, то как мы можем представить и проанализировать эти процессы?» (Malone, Crowston, 1994) –

- Координирующая деятельность, как фундаментальный процесс координации, может быть реализована агентами в разных видах в зависимости от вида основной деятельности и различий в условиях для ее реализации. В следующем разделе рассматривается общая схема координирующей деятельности, которая представляет логику появления разнообразных форм координации, и позволяет с общих позиций анализировать процессы координации как в уже существующих механизмах координации, так и во вновь создаваемых.

Данный раздел позволяет сделать еще один методологический вывод. Если координирующая деятельность является совместной, также, как и основная, то исходя из общих соображений, для нее, как и для основной, тоже должен существовать свой процесс координации. Таким образом, создание или изменение самой координирующей деятельности, в свою очередь, требует согласования деятельности агентов с помощью координирующей деятельности второго уровня. Эти моменты более подробно обсуждаются в разделе «10. Уточнение картины социально-экономического мира».

4. Общая схема координирующей деятельности

Если представить координирующую деятельность, которая реализуется агентом, как систему со входом и выходом, то на вход агенту поступает информация для формирования и обновления информационных образов других агентов, дифференцированная по всем видам его совместной деятельности, а на выходе – агент имеет план деятельности каждого вида, который в той или иной степени учитывает деятельность других агентов, ведущих такой же вид деятельности. Процесс преобразования входов в выходы может быть представлен в виде схемы координирующей деятельности (Рис. 1), которая является общей для всех процессов координации независимо от вида совместной деятельности агентов.

В данном исследовании, развивая систему предположений из (Паринов, 2020, с. 12), в качестве главной исходной гипотезы для построения общей схемы координирующей деятельности принято, что агенты от природы обладают возможностями согласовывать

свою деятельность с деятельностью других агентов. Согласование деятельности агентов возможно либо как результат их договоренностей, либо как результат наблюдений агентов за деятельностью друг друга в общей среде жизнедеятельности.

Мы рассматриваем координацию как достижение агентами согласования их совместной социально-экономической деятельности, а также поддержание этого состояния во времени. Необходимость в согласовании возникает в следствие специализации агентов в рамках системы общественного разделения труда (примеры 1-3, 5), или по причине существования между деятельностями агентов взаимозависимостей другого рода (примеры 4 и 6). Мы рассматриваем только взаимозависимости, которые агенты явным образом осознают и, следовательно, сознательно учитывают при определении своей деятельности. Необходимость поддержания согласования во времени вызывается стохастической природой среды жизнедеятельности, непредсказуемые изменения в которой, а также в состоянии самих агентов, нарушают условия, для которых совместная деятельность агентов была согласована (Паринов, 2020 с. 15-17). Также предполагается, что агенты обладают свободой воли и отсутствует насильственное принуждение агентов к совместной деятельности.

Данные природой возможности согласования деятельности реализуются агентами в процессе коммуникаций друг с другом, которые могут быть прямыми или косвенными. Прямые коммуникации означают прямой обмен информацией между агентами, как это происходит в малых группах (пример 1), или в организациях (пример 2). Косвенные коммуникации означают обмен информацией между агентами, опосредованный изменениями их общей среды жизнедеятельности. Агенты наблюдают за «следами» деятельности других агентов, или за изменениями среды, вызванными деятельностью других агентов, и на основании этой информации принимают решение о своих действиях. Примером здесь является согласование деятельности агентов при рыночном способе функционирования системы общественного разделения труда (пример 3), а также примеры 4-6.

При этих предположениях схема координирующей деятельности с некоторыми упрощениями может быть представлена как последовательность следующих пяти этапов (нумерация пунктов в списке ниже соответствует нумерации блоков на схеме Рис. 1):

1. Создание общей среды. Агенты могут специальным образом организовать их общую среду, облегчающую координацию их совместной деятельности. Это включает создание: 1) сигнальной системы, которая дает агентам более точную информацию о происходящих процессах, например, о возможностях/намерениях других агентов, а также 2) общих правил поведения агентов. Примерами создания общей среды является организация рынка труда (создание информации для связывания исполнителей с руководителями), организация рыночного пространства, пешеходных и автомобильных потоков, создание специальных сайтов и виртуальной среды для программистов и т.п.

1.1. Создание и использование сигнальной системы, которая может быть естественной или искусственной:

- 1) Естественная сигнальная система использует сигналы от органов чувств человека. Например, при движении в пешеходном потоке человек ориентируется на видимые ему траектории движения других людей.
- 2) Искусственная сигнальная система создана агентами. Например, это «поворотники» в автомобилях, система меток в проектах создания ПО с

открытым кодом, система распространения научных публикаций, цены и система информирования об изменениях на рынках и т.п.

1.2. Создание общих правил поведения агентов. Агенты могут создавать правила для стандартизации поведения участников совместной деятельности, что упрощает задачу координации их деятельности. Например, это правила дорожного движения, правила поведения в виртуальных/социальных сетях, правила оформления публикаций, правила поведения на рынках и т.п.

2. Организация обмена информацией с другими агентами. Агенты используют данные им природой возможности для обмена информацией двух типов:

2.1. Прямые коммуникации в виде прямого обмена информацией с агентами, с которыми есть информационный контакт (пример 1-2).

2.2. Косвенные коммуникации в виде обмена информации путем изменения агентами их общей среды (пример 3-6).

Как прямые, так и косвенные коммуникации могут варьироваться по интенсивности и точности передачи информации. Для прямых коммуникаций качество процесса согласования деятельности агентов зависит от характеристик их персонального обмена информацией между собой. Для косвенных – качество согласования определяется развитостью созданной агентами в среде жизнедеятельности специальной сигнальной системы и от характеристик набора правил по использованию этой сигнальной системы. Таким образом, развитые косвенные коммуникации могут в определенных случаях обеспечивать лучшую интенсивность и точность информации в сравнении с прямыми коммуникациями.

Вместе с тем, согласование на прямых коммуникациях (договорная и иерархическая формы) позволяет агентам мысленно совместно проигрывать (имитировать) различные варианты их действий, чтобы заранее узнать возможные ответные действия агентов. Стигмергия для проигрывания вариантов деятельности и получения информации об ответных действиях агентов требует выполнения агентами определенных действий в среде жизнедеятельности. В случае стигмергии этот метод «проб и ошибок», как правило, является менее гибким и более затратным, чем мысленная имитация. Возможность мысленного коллективного имитационного моделирования вариантов совместной деятельности является принципиальным преимуществом координации на прямых коммуникациях от стигмергии в ее традиционном виде.

В результате обоих типов коммуникаций каждый отдельный агент формирует в своем сознании с некоторой точностью образ среды жизнедеятельности, включая образы намерений и возможностей других доступных ему агентов, а также поддерживает эти образы в актуальном состоянии.

3. Формирование информационного образа агента для использования другими агентами. Агенты могут представлять свои возможности и намерения для совместной деятельности с другими агентами в различном виде, включая: 1) различия по их месту расположения (выбирая среду для коммуникаций с другими агентами); 2) степень зависимости от образов других агентов; и 3) точность, как полнота и актуальность представления информационным образом реального текущего состояния агента.

3.1. Место расположения информационного образа агента. Он может иметь чисто ментальную форму и существовать только в сознании других агентов. Либо, информационный образ может создаваться агентом в виде материального или информационного объекта и быть доступным другим агентам в общей среде. Ментальный образ, обычно, существенно менее стабильный и более подвержен изменениям, чем образ, отчужденный от агента на внешний носитель. С другой стороны, для ментального образа, как правило, проще соблюсти точность представления информации об агенте. Подробнее см. (Паринов, 2020, с. 12-13).

3.2. Зависимости между информационными образами агентов, которые могут существовать в различных вариантах. Например, образы, созданные агентами, выступают как равноправные по отношению друг к другу в процессе согласования деятельности, что характерно, когда каждый агент создает и поддерживает свой собственный образ индивидуально. Другой случай - образ агента может быть связан с образами других агентов, например, иерархически. Образ одного агента включает и таким образом представляет в себе образы других агентов (Паринов, 2020, с. 19), как это существует в иерархической форме согласования (пример 2). Если в первом случае процесс согласования включает всех агентов, то во втором - снижается количество агентов, прямо участвующих в согласовании деятельности, по сравнению с фактически участвующими в процессе совместной деятельности (Паринов, 2020, с. 20).

3.3. Точность информационного образа, как полнота и актуальность представления намерений и возможностей агента в его информационном образе. Эта характеристика может варьироваться от низкой до высокой точности. Чем более простые и, следовательно, менее точные образы агентов участвуют в согласовании, тем проще задача согласования, и наоборот. Динамичные и часто актуализируемые образы более точно передают текущие возможности и намерения агентов, но увеличивают частоту пересогласований совместной деятельности из-за естественных изменений в состоянии агентов. Статичные мало меняемые образы требуют меньше усилий агентов для поддержания деятельности в согласованном виде, но это ведет к накоплению отличий между содержанием образов и реальным состоянием агентов. Подробнее см. (Паринов, 2020, с. 18).

4. Поиск вариантов совместной деятельности. Используя содержание своих ментальных моделей, агенты проигрывают и анализируют возможные варианты своей деятельности. Агенты делают это: 1) индивидуально, например, в своем сознании; или 2) коллективно с участием других агентов. Коллективность достигается путем обмена агентами информации о возможных вариантах их совместной деятельности и оценок пригодности этих вариантов для каждого из участвующих агентов. В этом случае, содержание их ментальных моделей динамически синхронизируется и ментальная модель каждого из них становится коллективной ментальной моделью. Подробнее см. (Паринов, 2020, с. 13-15).

5. Окончательное принятие решения агентом о характере его совместной деятельности, в случае если агент обладает свободой воли, реализуется им индивидуально на основе анализа вариантов совместной деятельности в его индивидуальной или коллективной ментальной модели. В процессе практической реализации своей деятельности агент анализирует возмущения, создаваемые непредсказуемыми изменениями во внешней среде и в поведении/состоянии других агентов. На основе этой информации он может корректировать свою текущую деятельность. Это может означать возврат на этап 4 в схеме координирующей деятельности, или на любой другой более ранний этап в зависимости от ситуации. Таким образом, координирующая деятельность не только

позволяет агентам достичь состояния согласованной совместной деятельности, но и позволяет поддерживать ее в скоординированном виде, в ответ на возникающие возмущения.

На схеме Рис. 1 выделены три конфигурации элементов координирующей деятельности, которые соответствуют трем наиболее известным формам координации: [А] – договорная форма (пример 1); [В] – иерархия (пример 2); [С] – рынок (пример 3) или в общем случае – стигмергия (примеры 3-6).

Иерархическая форма координации (конфигурация [В]) отличается от договорной формы (конфигурация [А]) следующими элементами координирующей деятельности:

а) искусственная сигнальная система, например, как рынок труда (для договорной формы типична естественная сигнальная система);

б) иерархическая организация информационных образов агентов, например, информационные образы исполнителей вложены в информационный образ руководителя, что дает снижение точности информационных образов агентов (для договорной формы типичны равноправные отношения);

в) поиск вариантов деятельности индивидуально в ментальной модели руководителя, т.к. он отвечает за определение состава деятельности и согласование деятельности между исполнителями (для договорной формы типично использование коллективной ментальной модели, в которой агенты совместно проигрывают варианты своей деятельности).

Все это позволяет в конфигурации [В] в целом снизить сложность задачи согласования по сравнению с конфигурацией [А]. Более подробно различия между этими двумя формами координации описаны в (Паринов, 2020, с. 20-22).

Рыночная форма координации (конфигурация [С]) существенно отличается от двух других. Она имеет один общий элемент с договорной формой (с конфигурацией [А]): равноправный тип зависимостей между информационными образами агентов; а также один общий элемент с иерархией (с конфигурацией [В]): поиск вариантов деятельности индивидуально в модели агента.

Специфика остальных элементов конфигурации КД для рыночной формы определяется тем, что это согласование типа стигмергия, т.е. основанное на косвенных коммуникациях с размещением информационных образов агентов в общей среде, а также низкой в целом точности информационных образов агентов. Все это позволяет существенно снизить сложность задачи согласования по сравнению с другими конфигурациями координирующей деятельности и за счет этого существенно увеличить количество участников совместной деятельности. Подробнее см. в (Паринов, 2020, с. 21-22).

Конфигурации КД, образованные различными сочетаниями элементов на Рис. 1, обеспечивают согласование деятельности с разными качественными характеристиками. Интегральной качественной характеристикой конфигурации КД является сложности задачи согласования, которая решается на последнем этапе координирующей деятельности (п. 5 на Рис. 1) и зависит от характеристик отдельных этапов координирующей деятельности, а также от условий ее применения. Например, сложность растет с ростом точности информационных образов агентов (п. 3.3 на Рис. 1), а также с ростом количества агентов, участвующих в согласовании (п. 4.2 на Рис. 1).



Рис. 1. Схема координирующей деятельности

В общем случае, точность информационных образов агентов и сложность задачи согласования, наложенные на существующие условия для совместной деятельности определенного вида, определяют позволит ли конфигурация КД получить агентам выгоды от их совместной деятельности.

5. Условия работоспособности и успешности конфигураций координирующей деятельности

В (Паринов, 2020, с. 28) было рассмотрено «при каких условиях механизм согласования деятельности для экономики в целом, который в реальности является определенным компромиссом между потерями и выгодами, будет максимально близок к идеальному». В качестве меры работоспособности механизмов координации было предложено использовать величину условного коэффициента полезного действия (КПД), а точкой отсчета (или эталона для сравнения) взяты характеристики функционирования механизма координации в малых группах. Данный подход направлен на получение оценки абсолютной работоспособности механизмов координации. Вместе с тем, представляет интерес и оценка работоспособности механизмов координации и лежащих в их основе конфигураций КД относительно условий их применения.

Конфигурация КД может быть работоспособной при некоторых условиях ее применения и неработоспособной при других условиях. Работоспособные КД при прочих равных условиях могут различаться успешностью процесса координации, который они обеспечивают.

Одним из ключевых факторов работоспособности КД является текущий уровень информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), включая вычислительные возможности агентов. Существующие у агентов возможности по обмену информацией и ее анализу определяют какой сложности задачи согласования они могут решать за условную единицу времени. Время на решение задачи согласование ограничено другим ключевым фактором: интенсивностью возмущений, проявляющихся как непредсказуемые изменения как в состоянии агентов, так и в среде жизнедеятельности.

Конфигурация КД является работоспособной, если временной интервал между критическими возмущениями, которые нарушают скоординированность деятельности агентов и требуют решения задачи согласования заново, больше количества времени, которое требуется агентам для решения задачи согласования некоторой сложности. Таким образом, работоспособность означает достижение согласованного состояния быстрее, чем наступление следующего возмущения, которое требует пересогласования деятельности. Среди множества конфигураций КД существует подмножество работоспособных конфигураций, если для них имеющиеся у агентов мощности обработки информации позволяют решать задачу согласования быстрее, чем происходит изменение условий, для которых их совместная деятельность является согласованной.

Исходя из общего смысла совместной деятельности агентов в получении выгоды, длительность согласованной деятельности, которая определяется временным интервалом с начала согласованной деятельности агентов и до наступления критического возмущения, должна быть достаточной, чтобы выгоды от совместной деятельности превысили затраты на нее. Присущее социально-экономическим агентам максимизирующее поведение обеспечивает выбор из подмножества работоспособных КД тех конфигураций, которые позволяют агентам получить максимально возможный выигрыш от совместной деятельности. Назовем такие конфигурации КД успешными.

Работоспособная конфигурация КД является успешной, если она обеспечивает длительное превышение выгоды от совместной скоординированной деятельности агентов над расходами, которые включают как расходы на координацию, так и на основную деятельность. Успешность конфигурации КД для экономической деятельности это – устойчивое превышение доходов от деятельности над расходами. Для неэкономической деятельности это – устойчивое приближение агентов в процессе их совместной деятельности к поставленным целям, несмотря на случающиеся возмущения, нарушающие ее согласование.

Примеры:

1. Работоспособность для неэкономической деятельности в семье (пример 1а). Если целью совместной деятельности является, например, поддержание порядка в доме, то работоспособная координация обеспечивает отсутствие накапливающегося беспорядка, а успешная – постоянное уменьшение беспорядка во времени, даже если случаются возмущения
2. Иерархическая координация в организациях (пример 2). Работоспособная КД обеспечивает выполнение исполнителями заданий менеджера быстрее, чем поступает новая команда. Успешная КД – доход от деятельности участников (исполнителей и менеджеров) устойчиво превышает расходы данной организации.
3. Рыночная деятельность (пример 3). Работоспособная КД обеспечивает создание и продажу товара быстрее, чем на него пропадает спрос. Успешная КД – доход от продажи товара устойчиво превышает расходы на его создание.
4. Обмен публикациями (пример 4). Работоспособная КД обеспечивает создание, распространение и использование публикаций быстрее, чем случаются возмущения в виде опровержения научного знания в публикациях. Успешная КД – устойчивое накопление и развитие научных знаний на основе публикаций.
5. Пешеходный/автомобильный трафик (пример 6). Работоспособная КД – пешеходы/автомобили выполняют маневры быстрее, чем меняются характеристики потока. Успешная КД - пешеходы/автомобили устойчиво реализуют свою цель в движении (достижение нужной точки) несмотря на меняющиеся характеристики потока.

Максимизирующее поведение агентов также создает еще одну характеристику КД: наиболее успешная конфигурация КД из множества успешных в заданных условиях осуществления совместной деятельности.

6. Выбор конфигурации координирующей деятельности как задача оптимизации

Рассмотрим два критерия, на которые ориентируются агенты в своем максимизирующем поведении: 1) максимизация коллективной выгоды от совместной деятельности; и 2) максимизация индивидуальной выгоды агента, в виде его стремления к наиболее полной самореализации в его совместной деятельности.

Одним из параметров повышение коллективной выгоды от совместной деятельности агентов является расширение масштабов и углубления специализации этой деятельности,

что означает вовлечение в совместную деятельность как можно большего количества агентов. Для экономической деятельности это, в частности, проявляется как расширение и углублении системы разделения труда.

Стремление агентов к получению максимально возможной выгоды от их деятельности проявляется, в том числе, как индивидуальная мотивация каждого агента к повышению точности согласования их деятельности. Чем полнее и в большей степени в процессе координирующей деятельности учитывают возможности и намерения агентов в их совместной деятельности друг с другом, тем выше вероятность получения каждым из них дополнительных выгод от этой деятельности.

Как правило, в поведении агентов эти два критерия (максимизация коллективной и индивидуальной выгоды) действуют одновременно, и они конфликтуют друг с другом. Стремление агентов к расширению масштабов деятельности означает рост сложности задачи согласования из-за увеличения количества ее участников. В этих условиях для сохранения успешности КД увеличение количества участников должно быть чем-то компенсировано. Одним из основных способов уменьшения сложности задачи согласования является упрощение информационных образов агентов. Таким образом, сохранения успешности КД при росте количества участников совместной деятельности может быть достигнуто снижением точности/подробности информационных образов агентов. Однако это снижает выгоды агентов в связи с ухудшением условий для их самореализации. С другой стороны, повышение точности/подробности информационных образов агентов также повышает сложность задачи согласования, что может быть компенсировано уменьшением количества агентов в задаче согласования, что означает снижение коллективной выгоды агентов от совместной деятельности, но повышение индивидуальной.

Стремление агентов максимизировать выгоду от своей совместной деятельности за счет изменений в процессе координации в ситуации, когда максимизация по одному критерию уменьшает выгоду по второму критерию, и наоборот, может быть описано как оптимизационная задача со следующими условиями:

- Целевой функцией этой задачи является максимизация суммарной (доля в коллективной + индивидуальная) выгоды от совместной деятельности агентов.
- Ограничениями являются скорость вычислений для задачи согласования, а также интенсивность возмущений в условиях согласования деятельности, которые требуют повторного согласования.
- Отношения между целевой функцией и ограничениями задаются схемой координирующей деятельности. Данные отношения определяют допустимое множество решений как набор успешных конфигураций КД.
- Управляемой переменной задачи оптимизации является сложность задачи согласования для некоторой конфигурации КД, значение которых должны с одной стороны удовлетворять ограничениями, а с другой - давать максимальное значение целевой функции.

Таким образом, агенты находят наиболее успешную конфигурацию КД из множества успешных в заданных условиях. Решение подобной задачи позволяет агентам выбрать конфигурацию координирующей деятельности, которая будет оптимальной для заданного вида совместной деятельности и условий ее реализации. Кроме этого, в решении задачи оптимизации агенты могут учитывать возможности увеличения выгоды за счет использования комбинации из нескольких конфигураций КД, т.е. гибридные варианты

процессов координации. Подробнее эти возможности рассматриваются в следующем разделе на примере экономической совместной деятельности агентов.

7. Специфика совместной экономической деятельности

Совместная экономическая деятельность агентов, которая по определению представляет собой производство, распределение, обмен и потребление ресурсов поддержания жизнедеятельности (РПЖ) агентов, обладает важными особенностями процессов координации, которые отсутствуют при координации неэкономической деятельности. Понятие РПЖ введено в (Паринов, 2020, с. 23-24).

Стремление агентов к максимизации коллективной выгоды за счет расширения масштабов экономической деятельности создает мотивации для превращения этой деятельности в глобальную, т.к. это дает агентам максимальный выигрыш от системы разделения труда. Из этого следует, что координация экономической деятельности также является глобальным процессом, в который включены все агенты-участники системы разделения труда, получающие за свою деятельность права на определенную долю коллективно созданного РПЖ. Превращение прав на РПЖ в ресурс поддержания жизненных сил агентов обеспечивается в данном случае существованием глобальной денежно-финансовой инфраструктурой.

Фактически, глобальность в рыночном согласовании деятельности для пары агентов, занимающих, например, «далекие» друг от друга места в системе разделения труда, проявляет себя как достаточно медленный процесс, который постепенно доносит создаваемые «возмущения» от одного агента до другого за счет регулирования спроса-предложения по цепочкам товарных связей, существующих между этими агентами.

Сигнальная система данного варианта стигмергии, правила поведения участников и специальная организация среды рынка в его современном виде сконструированы таким образом, чтобы позволять участие в этой совместной деятельности не только индивидуальным агентам, но и группам агентов, организованным разным образом. Стигмергия рыночного вида допускает участие в глобальной совместной деятельности групп агентов, которые используют внутри себя другие типы/виды согласования. Например, группы агентов, использующих договорную или иерархическую координацию. Подобные группы агентов получают за свою деятельность некоторую долю в коллективно созданном РПЖ (денежную сумму), которую определенным образом распределяют между собой.

Как следствие, агенты-участники таких групп в процессе их координирующей деятельности в группе должны договариваться не только о содержании их совместной деятельности, но и о персональной доле каждого в заработанном группой объеме прав на РПЖ. В процессе данного согласования агенты должны также оценивать возможность реально обменять на рынке полученные ими определенный объем прав на РПЖ на фактический РПЖ. Это означает, что такие агенты в процессе согласования их деятельности решают параллельно две задачи согласования: 1) локальное согласование с участниками группы содержания их деятельности и долю в РПЖ, права на которые они получают за эту деятельность, а также 2) глобальное согласование с участниками рынка, где права на РПЖ могут быть обменены на фактический РПЖ, существующих возможностей и условий для такого обмена.

Для согласования совместной экономической деятельности любого вида, предполагающей, что за эту деятельность агенты получают права на РПЖ, должен

существовать хотя бы один механизм координации, который обслуживает всю систему разделения труда и позволяет согласовывать агентам обмен права на РПЖ на фактический РПЖ. Глобальный рынок вместе с международной финансовой системой выполняет эту функцию.

Из данной особенности экономической деятельности вытекает, что все виды договорной/иерархической координирующей деятельности, обеспечивающие согласование экономической совместной деятельности, являются гибридными, т.к. они в явном виде включают в себя еще и рыночные согласования. Дополнительно см. (Паринов, 2020, с. 25-27).

В примере 1а (согласование в семье неэкономической деятельности), а также в примерах 4 (проекты с открытым кодом) и 6 (пешеход/автомобиль в потоке) согласование деятельность агентов не является гибридом с рыночным видом согласования, т.к. эта деятельность прямо не преследует цель получения РПЖ. Пример 5 (научные публикации) иллюстрирует слабый гибрид с рыночным видом согласования, т.к. хотя в большом количестве случаев публикация результатов исследования прямо не связана с получением учеными прав на долю в РПЖ (денег), но косвенно успешность этой деятельности влияет на размер зарплаты ученого.

8. Принципы систематизации и классификации координации

Общая схема координирующей деятельности на Рис. 1 может служить основой для систематизации и классификации как уже существующих процессов координации, так и тех, которые могут быть созданы.

Форма коммуникации агентов (прямая или косвенная) определяет качественные различия между процессами координации. Эта характеристика позволяет поделить процессы координации на два типа: 1) договорная координация, т.е. координация на прямых коммуникациях между агентами, которая позволяет им договариваться; и 2) стигмергия, т.е. основанная на косвенных коммуникациях.

Каждый из этих двух типов имеет множество видов, которые образованы представленными на Рис. 1 разнообразными вариантами сочетания элементов координирующей деятельности. Конфигурации координирующей деятельности каждого типа, которые отличаются хотя бы одним элементом, образуют самостоятельные виды процессов координации. Каждый вид может иметь подвиды, образованные различиями в реализации отдельных элементов схемы на Рис. 1. Например, иерархическая реализация информационных образов (п. 3.2.2 схемы на Рис. 1) может иметь подвиды с различной топологией и количеством уровней иерархии.

На этих же принципах возможно выделение гибридных видов, которые являются взаимосвязанным использованием различных видов координирующей деятельности. Например, как это имеет место для экономической деятельности, описанной выше.

Среди видов координации, для каждого ее типа, можно выделить одну «чистую» форму, в которой координирующая деятельность использует только возможности данные человеку природой. Все остальные виды могут считаться производными от «чистой» формы, т.к. они предполагают создание и использование агентами дополнительных приспособлений.

Чистая форма договорной координации – достижение и поддержание договоренности между агентами по поводу их совместной деятельности в процессе их прямого

визуального и аудио контакта. Примеры – координация в семье, в небольшой бригаде рабочих (пример 1) и т.п.

Производные от «чистой» договорной формы образуются, например, в результате отказа части агентов от участия в определении их коллективной совместной деятельности (эти агенты принимают на себя статус «исполнителя»). Как уже ранее было рассмотрено, агенты исполнители передают свои права на принятие решений агентам-руководителям. Таким образом возникает иерархическая форма координации из примера 2. В общем случае, производные формы образуются за счет: а) обмена информацией через общую среду, включая виртуальное пространство; б) использование иерархической организации коллективной ментальной модели (пример 2), и в) за счет снижения точности информационных образов агентов в их КММ.

Основная выгода от производных форм – частично сохраняя прямой обмен информацией между агентами, они позволяют обеспечивать работоспособность координирующей деятельности при увеличении (до определенных пределов) количества участников совместной деятельности.

Чистая форма стигмергии – решение агентом задачи выбора своей деятельности на основе информации о состоянии и деятельности других агентов, полученной им из окружающей среды с помощью его органов чувств. Пример чистой формы – координация движения агента с движениями других ближайших пешеходов в хаотичном пешеходном потоке (пример 6а).

Производные от «чистой» стигмергии образуются агентами созданием:

- общей среды (организация пешеходного и автомобильного потоков, создание виртуальной среды для программистов и т.п.);
- сигнальной системы (например, поворотники в автомобилях, система меток в проектах создания ПО с открытым кодом, системы распространения научных публикаций, цены и система информирования об изменениях на рынках и т.п.);
- общих правил поведения агентов (ПДД, правила поведения в виртуальных сетях, правила оформления публикаций, деньги и правила поведения на рынках и т.п.);

Основная выгода производных форм от чистой стигмергии – увеличение количества и качества информации, которую получают агенты из общей среды. Это дает приближение качества согласования деятельности в стигмергии к качеству договорной формы координации.

Используя описанные выше принципы систематизации различий в координирующей деятельности, приведенные в примерах 1-6 различные процессы координации могут быть классифицированы следующим образом:

- Примеры 1а и 1б, координация неэкономической деятельности членов семьи и координация экономической деятельности бригады рабочих являются подвидами, отличающимися реализацией сигнальной системы (п. 2.1. Рис. 1) «чистого» вида «договорного» типа координирующей деятельности.
- Пример 2, координация иерархической формы является производной формой «чистого» вида «договорного» типа, которая образована иерархической организацией информационных образов участников совместной деятельности.
- Пример 3, рыночная координация является производной формой от «чистого» вида координирующей деятельности типа стигмергия. Она отличается от других видов

этого же типа наличием искусственной рыночной сигнальной системой (цены и информирование об изменениях на рынках) и рыночных правил поведения агентов.

- Пример 4, координация создания программных продуктов с открытым кодом является еще одним видом стигмергии, отличающегося от других виртуальной средой для совместной деятельности, специфической сигнальной системой и особыми правилами поведения агентов.
- Пример 5, координация исследований с помощью распространения научных публикаций является видом стигмергии, в котором общая среда, сигнальная система и правила поведения заданы глобальной инфраструктурой академических изданий и научных журналов.
- Пример 6, координация движения в потоке пешеходов или автомобилей является видом стигмергии, средой для которой является соответствующим образом организованное пространство (тротуары и дороги), сигнальная система в виде указателей для пешеходов и водителей, а также правилами дорожного движения.

9. Цифровизация координирующей деятельности

Повсеместные в современной экономике процессы цифровизации и цифровой трансформации не могут не влиять на функционирование механизмов координации всех форм и видов. Ожидается, что применение текущих коммуникационных, вычислительных и аналитических мощностей современных компьютерных систем позволит существенно повысить средний уровень скоординированности совместной деятельности агентов в экономике и обществе (Паринов, 2020, с. 2-5). Учитывая, что параметры функционирования механизмов координации существенно влияют на эффективность экономики и общественных институтов, есть основания считать, что их цифровая трансформация приведет к росту эффективности народного хозяйства, что, как следствие, даст дополнительный импульс экономическому развитию.

Необходимым условием полноценной цифровой трансформации механизмов координации является цифровизация фундаментального процесса согласования, т.е. координирующей деятельности. Это предполагает использование потенциала современных ИКТ, как минимум, для повышения скорости обмена информацией и ускорения поиска наилучших вариантов деятельности. Как следствие, это позволит повысить сложность задач согласования и набор конфигураций КД, для которых можно получить успешную координацию.

Применительно к рассмотренной выше задаче поиска оптимальной конфигурации КД цифровизация обещает ослабление одного из ключевых ограничений: увеличение скорости вычислений. Дополнительно меняются отношения между управляющей переменной (сложность задачи согласования) и функционалом оптимизационной задачи.

Применительно к элементам КД на Рис. 1, ее цифровизация возможна в следующих видах и с ожидаемыми последствиями:

1. Общее пространство. Создание распределенной глобальной онлайн-компьютерной системы, которая, с одной стороны, позволит улучшить методы сбора информации как об агентах, так и о среде жизнедеятельности, а с другой – даст агентам более развитые средства обмена информацией в виртуальной среде. Это создает глобальное виртуальное пространство, общее для всех участников совместной деятельности. Данная возможность на базовом уровне уже реализована созданием глобальной сети Интернет. Ее дальнейшее развитие предполагает совершенствование необходимых сигнальных систем (п. 1.1 Рис. 1)

и правил поведения (п. 1.2. Рис. 1) участников совместной деятельности. Созданное таким образом общее виртуальное пространство позволит всем агентам независимо от их географического положения использовать в полной мере современный потенциал ИКТ при согласовании ими своей деятельности.

2. Обмен информацией. Виртуальная среда, общая для всех участников совместной деятельности, дает агентам лучшие коммуникации как прямые, так и косвенные, в сравнении с традиционными средствами коммуникаций.

3. Информационные образы. Превращение информационных образов агентов в цифровые объекты. Агенты представляют и обновляют информацию о своих намерениях и возможностях для совместной деятельности с помощью компьютерных интерфейсов. Поддерживаемые таким образом цифровые образы существуют в компьютерной системе как часть общего виртуального пространства и к ним применимы все возможности современных ИКТ.

Цифровизация информационных образов агентов существенно упрощает процедуры их обработки и распространения среди потенциальных участников совместной деятельности. Позволяет программным образом модифицировать и синхронизировать информационные образы агентов между собой с целью создания наилучших условий для согласования совместной деятельности в зависимости от ее вида и условий ее осуществления.

Возможности программной модификации цифровых образов позволяют реализовать адаптивную подстройку их точности, в целях динамической подгонки сложности задачи согласования к условиям совместной деятельности заданной группы агентов. Такая процедура может подстраивать параметры согласования деятельности для каждого агента индивидуально и наилучшим образом, в зависимости от его персональных возможностей и намерений.

Компьютерный мониторинг изменений в информационных образах агентов и в среде жизнедеятельности позволит организовать своевременное обнаружение возмущений, нарушающих условия согласованной деятельности, а также инициировать пересогласование совместной деятельности агентов. Это обеспечит динамическое поддержание деятельности агентов в согласованном виде при возникновении различных возмущений.

4. Поиск вариантов совместной деятельности. Использование мощностей современных компьютеров для увеличения скорости вычислений при решении задачи согласования деятельности, в том числе, за счет использования современных алгоритмов поиска наилучших вариантов совместной деятельности. Подобная компьютерная система должна включать сбор цифровых образов агентов в единую систему, предоставление агентам онлайн-сервисов и современных средств имитационного моделирования для проигрывания возможных вариантов их совместной деятельности. Это даст каждому агенту возможность использовать в полной мере потенциал ИКТ для определения оптимальных вариантов своего участия в совместной деятельности.

5. Принятие решения о совместной деятельности. Компьютерные технологии позволяют существенно увеличить количество факторов, учет которых необходим для принятия оптимального решения о совместной деятельности агентов. Это позволяет агенту полнее учитывать различные возмущения, включая изменения во внешней среде и/или в поведении/состоянии других агентов.

В итоге, цифровизация координирующей деятельности позволяет агентам получить при прочих равных условиях больше работоспособных и успешных конфигураций КД, достичь состояния согласованной совместной деятельности лучшего качества, а также упрощает ее поддержание в скоординированном виде. Цифровизация фундаментального процесса согласования, являющегося общим для всех процессов координации, приведет к цифровой трансформации всех механизмов координации. Механизмы координации, как ожидается, могут быть трансформированы к виду глобальной интерактивной реалистичной динамической имитационной модели с активными агентами и цифровыми двойниками объектов среды жизнедеятельности агентов (Паринов 2020 с. 32).

9.1. Цифровизация КД создания некоммерческого ПО с открытым кодом

Рассмотренный выше пример 4 (координация участников создания некоммерческого ПО с открытым кодом) представляет случай уже существующей частичной цифровизации координирующей деятельности. В качестве общей виртуальной среды агенты используют специальный сайт, через который они осуществляют коммуникации как прямые (обмен сообщениями), так и косвенные (обмен фрагментами ПО). На этом же сайте агенты, как правило, поддерживают свои персональные профили, которые являются примитивным видом их цифровых информационных образов. Здесь же агенты могут организовать в «ручном» режиме (например, виде чатов или виртуальных форумов) процесс коллективного поиска наилучших вариантов совместной деятельности по развитию ПО, а также принятие решений о практической реализации найденных вариантов, включая процедуры отслеживания ее результатов.

Данный вариант может рассматриваться как первичная цифровизация КД, т.к. уровень цифровизации отдельных элементов КД не очень глубокий и, как следствие, количество агентов, для которых КД является успешной, относительно невелико. Согласование тут реализуется традиционными способами, при которых сложность задачи согласования сильно зависит от количества участников согласования. Для глубокой цифровизации КД в данном случае необходимы: а) компьютерные процедуры создания полноценных цифровых образов агентов и их актуализации; а также б) компьютерные алгоритмы, которые на основе информации о состоянии агентов, полученной из их цифровых образов, вместе с информацией о текущем состоянии их деятельности и ее целях, обеспечат поиск наилучших вариантов совместной деятельности агентов для реализации заданных целей. Такие решения, когда они будут созданы, позволят существенно повысить сложность решаемых задач согласования. Это позволит, с одной стороны, вовлечь в совместную деятельность существенно больше агентов и получить дополнительную выгоду от углубления специализации и расширения масштаба деятельности. С другой – повысить точность представления возможностей/намерений отдельных агентов, позволяющее им получить дополнительную индивидуальную выгоду от их деятельности. Все вместе это позволит получить агентам существенную дополнительную выгоду от их совместной деятельности.

9.2. Цифровизация КД движения автомобилей в потоке

Для примера бб (координации движения в потоке автомобилей) цифровизация соответствующей КД близка по смыслу созданию беспилотных автомобилей (БА) и необходимой им общей среды, включая дорожную инфраструктуру. Совместная деятельность множества БА, двигающихся в общем потоке, определяется следующим образом: пассажир БА задает цель движения, а бортовой искусственный интеллект БА в коммуникациях с аналогичными системами остальных БА в зоне его движения, определяет наилучшее достижение поставленной цели. Согласование деятельности

(движения) отдельных БА упрощается, если общая среда (дорожная инфраструктура и правила поведения) снижают сложность их задачи выбора наилучшего варианта движения.

В традиционном варианте согласование движения БА имеет форму стигмергии, т.к. БА получают информацию друг о друге и состоянии их общей среды с помощью компьютерного зрения. Если БА получают возможности прямого обмена информацией друг с другом о своих возможностях (текущая скорость, ускорение, мощность и т.п.) и о своих намерениях (текущая цель движения), то это существенно расширяет область выбора наилучшего варианта движения каждого. Однако при этом повышает сложность задачи согласования каждого БА, т.к. требуется обработка существенно большего количества информации за ограниченное время, в течении которого дорожная ситуация вокруг БА меняется не существенно.

Если бортовой искусственный интеллект каждого БА и их система коммуникации друг с другом позволяют динамически поддерживать их согласованное движение, то это обеспечивает наилучшую реализацию целей, поставленную пассажирами каждого отдельного БА при сохранении ими безопасного движения в потоке автомобилей.

9.3. Цифровизация КД для согласования научных исследований через публикации

Координирующая деятельность, обеспечивающая согласование научных исследований через распространение публикаций (пример 5), как и в примере 4, уже имеет первичную цифровизацию. Благодаря потенциальной доступности через Интернет практически всех публикаций в цифровом виде, выпущенных за последние десятилетия, уже создан простейший вариант общей виртуальной среды глобального научного сообщества. Однако, с позиций возможностей современных ИКТ представление информационных образов возможностей и намерений ученых в форме публикаций является достаточно примитивным способом согласования их совместной исследовательской деятельности. В частности, публикации как средство косвенных коммуникаций между исследователями основаны на деятельности академических издательств. Данный посредник в коммуникациях между учеными не позволяет существенно увеличить скорость обмена информацией между ними, что, как следствие, ограничивает результативность их совместной деятельности.

Аналогично, как и для примера 4, более глубокая цифровизация в данном случае требует развития цифровых образов агентов и компьютерных методов поиска наилучших вариантов совместной деятельности исследователей. Дальнейшее развитие общей виртуальной среды может способствовать переходу ученых от стигмергии к использованию договорной формы согласования на прямых коммуникациях. Для начала, например, в форме пред-публикационных коммуникаций (Паринов, Антонова, 2016). Рост сложности задач согласования у ученых в этом случае будет компенсирован ростом вычислительных мощностей для решения этих задач.

Подобное развитие традиционной основанной на публикациях координирующей деятельности позволит, с одной стороны, вовлечь в совместную деятельность существенно больше ученых и получить дополнительную выгоду от углубления специализации и расширения масштаба деятельности. С другой – повысить полноту/точность представления возможностей/намерений отдельных ученых, позволяющее им получить дополнительную индивидуальную выгоду от их деятельности. Все вместе это позволит существенно интенсифицировать деятельность глобального научного сообщества по развитию научного знания.

9.4. Цифровизация КД для согласования экономической деятельности

Традиционные формы координации экономической деятельности (договорная, иерархическая и рыночная) иллюстрируются выше тремя примерами 1б, 2 и 3. Специфика экономической деятельности, также рассмотренная выше, определяет своего рода «встроенность» договорной и иерархической формы в функционирование рыночной. Эта «встроенность» является следствием зависимости прав на РПЖ, получаемых агентами в процессе деятельности, координируемой первыми двумя формами, от условий по обмену этих прав на сам РПЖ, существующих в рыночной форме. Например, договоренность агента о выполнении работы в бригаде или в иерархической организации за определенную сумму денег предусматривает учет агентом условий, существующих на рынке, для обмена этих денег на предметы потребления в необходимом количестве и качестве. Подобная зависимость означает, что эти три формы функционируют совместно в виде гибридной формы. Таким образом, наибольший эффект от цифровизации может быть достигнут при цифровой трансформации этих трех форм в комплексе.

Общая среда для экономической деятельности уже имеет первичную цифровизацию. В настоящее время существуют простейший вариант общей виртуальной среды для глобальной экономической деятельности благодаря потенциальной доступности через Интернет практически всего, что продается и покупается (через онлайн торговлю) на глобальном рынке, а также представленности в Интернете рынка труда, который используется участниками экономической деятельности. Существующая общая виртуальная среда обеспечивает всех участников более совершенными средствами как прямых, так и косвенных коммуникаций. Дальнейшее углубление цифровизации общей среды для экономической деятельности предполагает создание еще более совершенных коммуникаций между агентами, что позволит им улучшить учет возможностей и намерений каждого в совместной деятельности, а также совершенствование сигнальной системы и правил поведения агентов, которые внесут вклад в снижении сложности задачи согласования агентов.

Цифровые информационные образы участников экономической деятельности уже существуют в некотором виде в общей виртуальной среде. Однако потенциал современных ИКТ позволяет существенно улучшить представление возможностей и намерений агентов в их цифровых образах.

Как упоминалось выше, наличие полноценных цифровых образов агентов в развитой общей виртуальной среде позволяет с помощью компьютерных технологий модифицировать цифровые образы с целью синхронизации их вида для группы агентов, ведущих одинаковый вид совместной деятельности. Подобный процесс варьирования точности информационных образов агентов может работать как механизм пошаговой оптимизации (Паринов, 2020, с. 30). Например, на первом шаге для каждого отдельного агента данный механизм выполняет выбор конфигурации КД, дающей наиболее успешное согласование его совместной деятельности с максимально возможным количеством участников. Если сложность задачи согласования для наиболее успешной конфигурации КД при текущих ограничениях не позволяет согласовать деятельность всех потенциальных участников совместной деятельности, то механизм исключает часть агентов, чтобы уменьшить сложность задачи согласования до приемлемого уровня.

Предполагая, что наилучшее качество согласования дает чистая договорная форма (пример 1б), то на первом шаге механизма оптимизации для заданного агента будет сформирована группа цифровых образов небольшого количества других агентов, с

которыми он может иметь успешное согласование своей деятельности на основе этой формы.

Далее, для согласования деятельности заданного агента с агентами, не вошедшими в сформированную на предыдущем шаге группу, механизм пошаговой оптимизации синхронно упрощает их информационные образы. Этот процесс должен уменьшить сложность задачи согласования в такой степени, чтобы позволить использовать конфигурацию КД, которая обеспечивает успешное согласование для большего количества агентов, чем чистая договорная форма. Предполагая, что после договорной формы наилучшее качество согласования дает иерархическая форма (пример 2), то на втором шаге механизма оптимизации определяется группа агентов, с которыми заданный агент будет иметь успешное согласование с помощью иерархической формы.

Для оставшихся агентов, для которых не удалось согласовать совместную деятельность на первых двух шагах, механизм делает еще один шаг синхронного упрощения их информационных образов. Механизм оптимизации теоретически может повторять подобные шаги до тех пор, пока не останется агентов, согласование деятельности с которыми для заданного агента имело бы смысл. Фактически, третий шаг последний, т.к. выбираемая конфигурация КД соответствует рыночной форме координации (пример 3).

В результате такой процедуры множество агентов, которые являются потенциальными партнерами заданного агента, шаг за шагом сегментируются в отдельные подпространства согласования совместной деятельности различными конфигурациями КД. Степень пошагового упрощения информационных образов агентов и связанные с этим общественные потери, как нам представляется, являются минимально необходимыми при существующих условиях для экономической деятельности заданного агента.

Подобная оптимизация выполняется для каждого отдельного агента. Сегментирование его потенциальных партнеров по видам координирующей деятельности выполняется индивидуально для каждого агента в зависимости от его возможностей и намерений по совместной деятельности и в зависимости от аналогичных параметров других агентов.

Для экономики в целом, подобное сегментирование участников совместной деятельности является задачей максимизации суммарного выигрыша из двух компонент. Одна компонента выигрыша является коллективным выигрышем от расширения масштаба деятельности и вовлечение в совместную деятельность максимального возможного количества участников (реализуется рыночной формой, пример 3). Вторая компонента – индивидуальный выигрыш агента от его наилучшей самореализации, достигаемый максимальной точностью/подробностью его цифрового информационного образа. Процессы достижения максимумов этих двух компонент разведены по разным сегментам. Максимизация индивидуального выигрыша реализуется в сегменте, обслуживаемом чистой договорной формой и, частично, в сегменте иерархической формы. Максимизация коллективного выигрыша реализуется в сегменте рыночной формы. Таким образом, напрямую эти процессы максимизации не конфликтуют друг с другом.

Как результат подобной цифровизации, все агенты, ведущие некоторый вид совместной экономической деятельности, получают доступ к глобальной компьютерной системе согласования деятельности. Это система позволит агентам поддерживать актуальность своих информационных образов в реальном времени. Компьютерные алгоритмы выполняют индивидуальную подстройку их информационных образов в зависимости от условий для согласования совместной деятельности с различными группами агентов для различных видов деятельности. Это означает, что действующие в настоящее время

механизмы координации в экономике, в первую очередь это - рынок и иерархия, заменяются одной компьютерной системой, выполняющую роль общего механизма координации для экономической деятельности.

Процессы цифровой трансформации механизмов координации и их ожидаемые последствия могут оказать сильное системное воздействие на основы экономики и общества. В частности, это выливается в необходимость пересмотра и уточнения картины социально-экономического мира с точки зрения действующих тенденций к изменению места и роли процессов координации.

10. Уточнение картины социально-экономического мира

Ключевая роль механизмов координации для функционирования экономики и общественных институтов позволяет нам рассмотреть социально-экономическую систему с позиций, когда ее центральным процессом является процесс согласования деятельности агентов. Описанные выше представления о том, как работает согласование деятельности (Рис. 1), какие есть конфигурации координирующей деятельности для различных видов и условий совместной деятельности агентов и т.д., служат нам методологическим основанием для подобного подхода.

Цифровизация координирующей деятельности открывает новые возможности для развития существующих механизмов координации и/или конструирования новых механизмов с заданными свойствами. В этой ситуации актуальным является обсуждение и уточнение представлений о структуре деятельности в социально-экономическом мире. Необходимость подобных уточнений отмечалась еще в (Паринов, 2002) в связи с определенным теоретическим игнорированием влияния на экономику процессов повышения интенсивности и расширения масштабов прямых информационных взаимодействий агентов. В качестве первого шага предлагалось учесть тот факт, что информационные взаимодействия между социально-экономическими агентами «ограничиваются техническим уровнем и возможностями ИКТ, а также определяются правилами социально-экономического поведения индивидов, которые в свою очередь задаются существующими в обществе институциональными структурами и управляются регулирующими механизмами» (Паринов, 2002, с. 40).

В настоящее время, в ситуации активной цифровизации социально-экономических процессов, эти уточнения особенно актуальны и необходимы для научной и системной постановки задач конструирования механизмов координации, которые бы обеспечили максимизацию выигрыша агентов от их совокупной совместной социально-экономической деятельности. В частности, требуется уточнить структуру совместной социально-экономической деятельности с учетом ее разделения на координируемую и координирующую.

По определению, процессы координации существуют в любой совместной социально-экономической деятельности агентов. В самом общем виде совместную деятельность социально-экономических агентов можно разделить на два типа: 1) деятельность, за которую агенты получают РПЖ (например, в виде денег за выполненную работу, которые они обменивают на предметы потребления); и 2) благотворительная или волонтерская деятельность, за которую агенты не получают РПЖ.

Как это было проиллюстрировано выше в разделе, где обсуждалась специфика экономической деятельности, координация любой совместной деятельности первого типа должна быть гибридом с механизмом координации, который обслуживает систему

разделения труда в целом. Без этого агенты не могут получать дополнительные выгоды от других видов совместной деятельности. Источником этой дополнительной выгоды являются экономические потери агентов от упрощения их информационных образов в механизмах, которые должны быть успешными для всей системы разделения труда. В современных условиях механизмом координации для системы разделения труда в целом является глобальный рынок, включающий международную финансовую систему, обеспечивающую денежное распределение прав на РПЖ, а также обмен этих прав на сам РПЖ (например, как покупка предметов потребления). Рыночный механизм координации делает возможным совместную деятельность агентов, которая дает им самый большой выигрыш от расширения масштаба их совместной деятельности. Вместе с тем, рыночный механизм создает экономическую нишу, в которой могут существовать другие механизмы согласования деятельности (Паринов, 2020, с. 24-25).

Для совместной деятельности второго типа процессы координации могут быть не связаны между собой. В отличие от деятельности первого типа, общей целью которой является получение РПЖ, волонтерская деятельность, как правило, имеет различные не совпадающие цели.

Для упрощения, далее мы рассматриваем только совместную деятельность первого типа, в которой выделяются виды координируемой и координирующей деятельности:

А. Основная координируемая деятельность - экономическая деятельность агентов, а также деятельность по созданию условий для экономической деятельности. Под деятельностью по созданию условий мы понимаем любую неэкономическую деятельность, за которую агенты получают РПЖ. Факт получения РПЖ за неэкономическую деятельность означает признание агентами важности этой деятельности для обеспечения и поддержания своей жизнедеятельности. Примерами такой неэкономической деятельности являются: научная, общественно-политическая, образовательная, здравоохранение, обеспечение безопасности и другие подобные деятельности.

Б. Координирующая деятельность по согласованию как экономической деятельности, так и деятельности по созданию условий (т.е. деятельности вида «А» в целом). Эта координирующая деятельность также является совместной деятельностью агентов. Она реализуется через определенный набор механизмов координации. Хотя прямо за эту деятельность агенты не получают РПЖ, но она является необходимым условием для получения агентами РПЖ от деятельности вида «А», поэтому тоже относится к первому типу.

В. Координируемая совместная деятельность агентов по совершенствованию существующих механизмов координации. Эта деятельность направлена на развитие деятельности вида «Б». Данный вид деятельности является новым как с научной точки зрения, так и для социально-экономической системы. Его появление означает начало этапа осознанного и целенаправленного развития механизмов координации. Методологическая база для этого формируется в настоящее время, в том числе, в рамках данного исследования. Она направлена на создание общей теории социально-экономической координации и на разработку ее практических приложений.

Г. Координирующая деятельность по согласованию деятельности вида «В». Она представляет собой совместную деятельность агентов по согласованию их деятельности, направленной на развитие деятельности «Б» в целях повышения выгоды от деятельности вида «А». Как и в пункте выше, этот вид деятельности является новым, но его необходимость диктуется перспективой неизбежной цифровизации процессов

координации и, как следствие, решением вопросов оптимальной системной организации процесса совершенствования механизмов координации.

Выполняя деятельность вида «Б», агенты в своей ментальной модели создают и оперируют ментальными образами доступной им области общей среды жизнедеятельности, а также информационными образами возможностей и намерений других участников совместной деятельности. Таким образом, объединенные ментальные модели всех агентов, участвующих в системе разделения труда, можно представить как объединенную ментальную модель деятельности вида «А» в целом. Совокупность ментальных моделей агентов, формируемых в процессе деятельности вида «В», представляет собой сводную ментальную модель как деятельности вида «Б», так и вложенную в нее деятельность вида «А». Аналогично, для деятельности вида «Г» существует сводная ментальная модель, отражающая деятельность вида «В» с вложенной в нее деятельностью вида «Б», в которую вложена деятельность вида «А».

Таким образом, все четыре вида совместной деятельности имеют важную общую компоненту: в соответствующих им ментальных моделях присутствует отображение с определенной точностью деятельности вида «А». В общем случае, существование связанности между отмеченными видами совместной деятельности, проявляющейся в виде рекурсивной вложенности друг в друга частей их ментальных моделей, означает необходимость их теоретического рассмотрения и практического конструирования в виде единой системы.

Полученные выводы о структуре координируемой и координирующей деятельности позволяют уточнить общую картину социально-экономического мира и предложить новую абстрактную модель. Структура порождаемых агентами вложенных ментальных отображений может быть представлена как 4-х уровневая рекурсивная модель их совместной деятельности первого типа. Присущее агентам максимизирующее поведение в данном контексте означает, что данная 4-х уровневая модель должна использоваться ими для поиска вариантов их совместной деятельности, т.к. она наиболее полно представляет допустимую область решений и позволяет получить решения, дающие максимальную сводную выгоду. Поиск оптимального решения, в данном случае, предполагает нахождение суб-оптимальных решений для каждого из 4-х уровней этой модели. Это означает нахождение максимально выгодного варианта деятельности вида «Г», который, в том числе, обеспечивает получение максимальной выгоды от деятельности вида «В», которая в свою очередь должна давать максимальный выигрыш от деятельности «Б», обеспечивающей максимальную выгоду от исходной деятельности вида «А».

Для реализации подобной комплексной оптимизации процесса согласования деятельности разных видов необходимо сконструировать механизм координации, который был единым для всех 4-х уровней совместной деятельности первого типа.

11. Единый механизм координации

Существующие механизмы координации созданы людьми очень давно. Со временем они постепенно эволюционировали в связи с изменением условий для их функционирования. Современный уровень ИКТ и возможности цифровизации координирующей деятельности создают условия для начала нового и более радикального этапа эволюции применяемых людьми процессов координации. Обсуждение возможных направления развития и улучшения характеристик механизмов координации в виде анализа свойств идеального механизма согласования деятельности и условий для его построения приведены в (Паринов, 2020, с. 27-33). Одним из результатов этого анализа является обоснования идеи

создания единого механизма координации, который мог бы заменить собой отдельные механизмы рынок и иерархию. С учетом содержания предыдущего раздела эта идея может быть обобщена на объединение в рамках одного механизма координации всех существующих в данный момент механизмов координации, чтобы обеспечить сквозное и системное согласование видов совместной деятельности в 4-х уровневой социально-экономической системе координируемых и координирующих деятельностей.

Принципиальная возможность существования единого механизма координации вытекает из гипотезы о существовании фундаментального процесса координации, прообразом которой выступает схема координирующей деятельности на Рис. 1. Важным моментом в поддержку возможности создания единого механизма координации также является наблюдение, что одним из результатов рассмотренной выше глубокой и комплексной цифровизации координирующей деятельности является постепенное стирание качественных различий между различными формами координации и, в частности, между договорной формой и стигмергией. Фактически, это является следствием цифровой унификации, которая происходит при переносе в виртуальную среду координирующей деятельности и приобретение цифровой формы ее элементами.

Например, традиционные для договорной формы ментальные представления информационных образов агентов в виртуальной среде превращаются в цифровые образы, которые отчуждены от сознания агентов. Компьютерные технологии и программные алгоритмы дают агентам в виртуальной среде более совершенные возможности для формирования их как индивидуальных, так и коллективных ментальных моделей. При этом современный уровень развития ИКТ позволяет агентам в виртуальной среде сохранять интенсивность прямых коммуникаций между собой не хуже, чем в реальной среде. С учетом отсутствия в виртуальной среде географических ограничений на коммуникации между агентами, возможности для всех видов обмена информацией, включая прямые, являются здесь существенно более развитыми, чем в реальной среде.

С другой стороны, для стигмергии (например, в форме рынка) цифровизация приводит к появлению информационных образов и следов деятельности агентов в виртуальной среде также в цифровой форме. В виртуальной среде у агентов отсутствуют типичные для стигмергии жесткие ограничения коммуникаций только косвенными, т.к. здесь они без особых затрат могут быть как прямые, так и косвенные.

Сама по себе цифровая трансформация информационных образов агентов приводит к ситуации, когда агент с помощью компьютерных интерфейсов поддерживает свой цифровой образ в максимально полном и актуальном виде в одном месте: в общей виртуальной среде. Все остальные варианты его информационного образа, отличающиеся степенью их упрощения в соответствии с разными видами его совместной деятельности, могут быть сгенерированы без его прямого участия с помощью компьютерных технологий. В данном случае агенту необходимо в одном месте и в одном виде поддерживать в актуальном состоянии цифровой образ своих намерений и возможностей. В сравнении с текущей ситуацией, которую иллюстрируют примеры 1-6, агенту не нужно создавать варианты своих информационных образов под каждый вид его совместной деятельности.

Таким образом, одним из результатов ожидаемой цифровой трансформации координирующей деятельности являются изменения в конфигурациях КД. Например, типы координации «договорная» и «стигмергия» сливаются в один тип. Другим результатом цифровой трансформации является поддержка агентами цифровых образов в одном месте в одном виде, что еще более упрощает координирующую деятельность и

уменьшает количество ее возможных конфигураций. Полный набор ожидаемых изменений в координирующей деятельности, в результате ее глубокой и комплексной цифровой трансформации, представлен на Рис. 2.

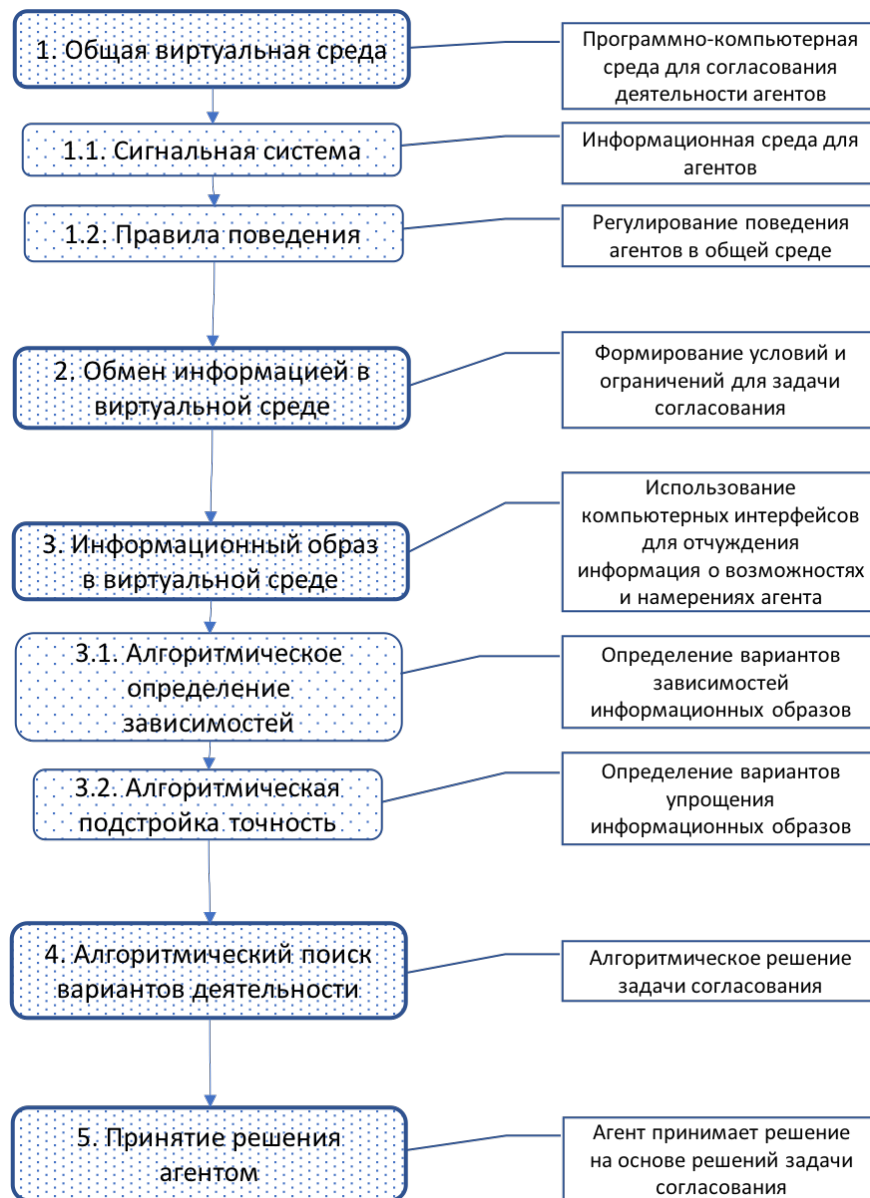


Рис. 2. Модифицированная схема координирующей деятельности в результате ее цифровой трансформации

Глубокая комплексная цифровая трансформация значительно меняет множество конфигураций координирующей деятельности, не меняя при этом набор ее основных элементов. Как представлено на Рис. 2, координирующая деятельность агентов полностью реализуется в единой для них виртуальной среде. Независимо от вида совместной деятельности агентов, КД регулируется единой для виртуальной среды сигнальной системой и правилами поведения (п. 1.1 и 1.2 на Рис. 1). Агенты используют единые средства виртуальных коммуникаций (п. 2 на Рис. 1) для распространения информации о своих намерениях и возможностях. Таким образом, они создают и актуализируют в виртуальной среде свои максимально точные цифровые информационные образы (п. 3 на Рис. 1). Система согласования деятельности агентов в зависимости от вида совместной деятельности агента алгоритмически подбирает варианты зависимостей между информационными образами (например, организация их в виде иерархической

структуры), а также создает упрощенные версии информационных образов (п. 3.1 и 3.2 на Рис. 1). Эти результаты преобразования информационных образов агентов используются для поиска наилучших вариантов совместной деятельности в процессе компьютерного решения задач максимизации суммарной выгоды агентов от их совместной деятельности (п. 4 на Рис. 1). В результате решения этой задачи агенты получают от системы согласования предложения по вариантам их совместной деятельности для принятия решения и практической реализации своего вклада в совместную деятельность (п. 5 на Рис. 1).

Модифицированная схема КД на Рис. 2 в сравнении со схемой на Рис. 1 содержит только основные элементы КД. В результате цифровой трансформации КД имеет единственную конфигурацию. Для отдельного агента такая КД позволяет ему одинаковыми действиями обеспечивать согласование различных видов его совместной деятельности. Эти действия включают:

- 1) получение агентом информации из виртуальной и реальной среды;
- 2) обновление и актуализация с учетом полученной информации его информационного образа в системе согласования; и
- 3) принятие решения о практической реализации вариантов совместной деятельности, предлагаемых ему системой согласования.

Все остальные элементы процесса КД, в данном случае, выполняются программно-компьютерными алгоритмами.

Детали конструкции единого механизма координации, его свойства и характер работы еще предстоит исследовать. Однако, уже сейчас понятно, что создание и использование единого глобального механизма координации вместо существующих отдельных (например, как минимум, вместо договорного, иерархического и рыночного) имеет ряд явных преимуществ:

- экономика и ее социально-экономические агенты получают единый адаптивный механизм координации вместо нескольких разных, который обеспечивает более гибкое и комплексное согласование деятельности, в том числе для глобальной системы разделения труда;
- компьютерные технологии повышают качество координации и улучшают возможности для поддержания скоординированности действий во времени;
- программные интерфейсы действуют как регулирующие институциональные структуры, обеспечивая выполнение агентами заданных правил на уровне интерфейсов;
- агенты получают лучшие шансы на максимальную самореализацию, поскольку их потенциальными партнерами являются все остальные агенты в глобальной экономике, а их намерения и возможности для совместной деятельности представлены с лучшим качеством.

Единый механизм координации также позволит реализовать общее согласование для всех 4-х видов совместной деятельности первого типа, рассмотренные в предыдущем разделе.

Проведенный выше анализ показывает, что созданная в результате цифровизации координирующей деятельности распределенная глобальная онлайн-компьютерная система может выполнять согласование всех видов деятельности социально-экономических агентов, а не только экономической. Для отдельного человека взаимосвязанное и системное согласование всех видов его деятельности, включая

экономическую, научную, общественно-политическую, образовательную, обеспечение безопасности и т.п., позволяет увязать эти виды деятельности в единую систему ради достижения его целей. Это создает уникальные возможности для наилучшего использования имеющегося у человечества потенциала для экономического и общественного развития.

12. Заключение

Методологическим основанием для построения общей теории социально-экономической координации является описание фундаментального процесса координации как специфической координирующей деятельности, которая может принимать различные конфигурации в зависимости от вида совместной деятельности агентов, условий для реализации этой деятельности, и действующих ограничений на поиск вариантов совместной деятельности. Разработка такой полноценной общей теории является важным научным вызовом, т.к. предварительный анализ показывает значимые последствия для развития экономики и общественных институтов от совершенствования механизмов координации, в частности, путем их цифровой трансформации. Общая теория необходима для более глубокого понимания влияния развития механизмов координации на свойства социально-экономических систем. В частности, она позволит более детально проанализировать как возможности, так и последствия конструирования для экономики и общества единого механизма координации.

Главные задачи общей теории социально-экономической координации:

1. Определение механизма координации, который позволяет заданному агенту получить максимальный суммарный выигрыш от видов его совместной деятельности при существующих условиях и ограничениях. Это подразумевает создание условий для отдельного агента, при которых его возможности и намерения позволяют ему получить максимальный выигрыш от его совместной деятельности с другими агентами.
2. Определение наилучшей организации процессов координации для заданной социально-экономической системы, представляющей собой 4-х уровневую структуру координируемых и координирующих видов деятельности, при существующих в ней условиях и ограничениях на совместную деятельность агентов. Это подразумевает создание условий для социально-экономической системы в целом, которые позволяют получить максимальный совокупный выигрыш от совместной деятельности всех агентов.

Литература

Власова Н.Ю., Молокова Е.Л. Механизмы координации стейкхолдеров рынка высшего образования: теоретические подходы к идентификации // Управленец. 2019. Т. 10. №2. С. 21–30. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-2-3. <http://upravlenets.usue.ru/images/78/3.pdf>

Дементьев, В. Е., Евсюков, С. Г., & Устюжанина, Е. В. (2017). Гибридные формы организации бизнеса: к вопросу об анализе межфирменных взаимодействий. *Российский журнал менеджмента*, 15(1).

Паринов С.И. (2020). Общая теория согласования социально-экономической деятельности. // Электронный препринт Соционет, с. 35. [Parinov, S. (2020a). General theory of socio-economic activity coordination. Preprint at Socionet, pp. 35. In Russian] <https://socionet.ru/publication.xml?h=repec:rus:frzyhd:1>

Паринов С.И. (2002). К теории сетевой экономики. Новосибирск, ИЭОПП СО РАН, с. 165. [Parinov, S. (2002). Towards a theory of the networked economy. Novosibirsk, IEIE SB RAS, pp. 165. In Russian] <https://play.google.com/books/reader?id=O1vmIgAAAEAJ>

Полтерович, В. М. (2018). К общей теории социально-экономического развития. Часть 1. География, институты или культура?. Вопросы экономики, (11), 5-26.

Ходаков, В. Е., Соколова, Н. А., & Кирийчук, Д. Л. (2014). О развитии основ теории координации сложных систем. Проблемы інформаційних технологій, (2), 12-21. <http://epr.kntu.net.ua/136/1/02.pdf>

Adler, P. S. (2001). Market, hierarchy, and trust: The knowledge economy and the future of capitalism. // *Organization science*, 12(2), 215-234. <http://www-bcf.usc.edu/~padler/research/MHT-2.pdf>

Badke-Schaub, P., Neumann, A., Lauche, K., & Mohammed, S. (2007). Mental models in design teams: a valid approach to performance in design collaboration?. // *CoDesign*, 3(1), 5-20.

Crowston, K., Rubleske, J., & Howison, J. (2015). Coordination theory: A ten-year retrospective. // In *Human-computer interaction and management information systems: Foundations* (pp. 134-152). <https://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1079&context=istpub>

Elliott M. (2016) Stigmergic Collaboration: A Framework for Understanding and Designing Mass Collaboration. // In: Cress U., Moskaliuk J., Jeong H. (eds) *Mass Collaboration and Education. Computer-Supported Collaborative Learning Series*, vol 16. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-13536-6_4

Elliot, M. (2006). Stigmergic collaboration: The evolution of group work. *M/C Journal*, Vol. 9, 2. <http://journal.media-culture.org.au/0605/03-elliott.php>

Heylighen, F. (2016). Stigmergy as a universal coordination mechanism I: Definition and components. *Cognitive Systems Research*, 38, 4-13.

Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental models in cognitive science. *Cognitive science*, 4(1), 71-115.

Malone, T. W., & Crowston, K. (1994). The interdisciplinary study of coordination. // *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 26(1), 87-119. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/174666.174668>

Mantzavinos, C., North, D. C., & Shariq, S. (2004). Learning, institutions, and economic performance. *Perspectives on politics*, 2(1), 75-84. <https://philarchive.org/archive/MANLIA-3>

Marsh, L., & Onof, C. (2008). Stigmergic epistemology, stigmergic cognition. // *Cognitive Systems Research*, 9(1-2), 136-149. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/10004/1/3z2fx4r7prqwob3vfdq.pdf>

Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). The influence of shared mental models on team process and performance. // *Journal of applied psychology*, 85(2), 273.

Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor no more: A 15-year review of the team mental model construct. // *Journal of management*, 36(4), 876-910.

Parinov, S., & Antonova, V. (2019). Global Scholarly Collaboration. In *Connecting the Knowledge Commons—From Projects to Sustainable Infrastructure: The 22nd International Conference on Electronic Publishing—Revised Selected Papers* (p. 57). OpenEdition Press.

Parinov, S., & Antonova, V. (2016). End of Publication? Open access and a new scholarly communication technology. arXiv preprint arXiv:1608.05505.

Powell, W. W. (1991). Neither market nor hierarchy: Network forms of organization. *ThFr91*, 265-276. <http://habibisir.lecture.ub.ac.id/files/2016/09/Neither-Market-Nor-Hierarchy-Network-Forms-of-Organizations.pdf>

Provan, K. G., & Kenis, P. (2008). Modes of network governance: Structure, management, and effectiveness. *Journal of public administration research and theory*, 18(2), 229-252. <https://pdfs.semanticscholar.org/4d1f/4ffdf8359be1c17773fc0ce63f223a844b9b.pdf>

Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a “big five” in teamwork? // *Small group research*, 36(5), 555-599.

Weigand, H., van der Poll, F., & de Moor, A. (2003). Coordination through communication. In *Proceedings of the 8th International Working Conference on the Language-Action Perspective on Communication Modelling*. Tilburg, The Netherlands. <https://pure.uvt.nl/ws/portalfiles/portal/517398/LAP2003poll.pdf>