



Munich Personal RePEc Archive

Towards digital transformation of coordination mechanisms

Parinov, Sergey

CEMI RAS

June 2021

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/108816/>
MPRA Paper No. 108816, posted 22 Jul 2021 21:54 UTC

Towards digital transformation of coordination mechanisms

Sergey Parinov, CEMI RAS, Moscow

Abstract: The intensity and scale of communication between people, which have grown significantly over the past three decades, have not yet led to comparable in scale improvements in the coordination of the activities of socio-economic agents. One of the reasons is the lack of a full-fledged digital transformation of coordination mechanisms. Therefore, an urgent scientific task is to determine methodological approaches for the full digitalization of coordination processes. Cognitive sciences offer a fundamental description of the processes of socio-economic coordination in the form of a shared mental model of participants in joint activities. This approach made it possible to identify and analyze the main parameters of the basic version of the mechanism for coordinating activities, as well as to determine the possibilities of creating different versions of this mechanism, adapted to various cases of joint activity. It is shown that the traditional market and command coordination mechanisms are representable in terms of the shared mental model, as its particular cases. Analysis of the digitalization directions of the fundamental processes of coordination of activities, which are common for various coordination mechanisms, allows us to consider the consequences of their digital transformation in the form of increasing the efficiency of both these mechanisms and the economy as a whole. The possibility of creating a unified coordination mechanism based on computer technologies was considered, which, on the one hand, could replace the traditional market and command mechanisms, and on the other, could be used to coordinate all types of joint activities, including non-economic ones.

Keywords: digital transformation, activity coordination, mental model, shared mental model, market and command mechanisms of coordination, unified mechanism of coordination

JEL: P0, O1, O3

Перспективы цифровой трансформации механизмов координации

Паринов Сергей Иванович, д.т.н., главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, sparinov@gmail.com

Аннотация: Существенно выросшие за последние три десятилетия интенсивность и масштабы коммуникаций между людьми пока не привели к сопоставимым по масштабам улучшениям в согласовании (координации) деятельности социально-экономических агентов. Одна из причин – отсутствие полноценной цифровой трансформации механизмов координации, что объясняет актуальность поиска методологических подходов для исследования путей решения данной проблемы. Когнитивные науки предлагают фундаментальное описание процессов социально-экономической координации в виде коллективной ментальной модели участников совместной деятельности. Данный подход позволил выявить и проанализировать основные параметры базовой версии механизма согласования деятельности, а также определить возможности создания различных версии этого механизма, адаптированные к различным видам совместной деятельности. Показано, что традиционные рыночный и командный механизмы координации представимы в терминах коллективной ментальной модели, как ее частные случаи. Анализ направлений цифровизации фундаментальных процессов согласования деятельности, которые являются общими для различных механизмов координации, позволяет рассмотреть последствия их цифровой трансформации. В работе обсуждается возможность создания на базе компьютерных технологий единого механизма координации, который, с одной стороны, мог бы заменить традиционные рыночный и командные механизмы, а с другой – мог бы использоваться для согласования всех видов совместной деятельности, включая неэкономические.

Ключевые слова: цифровая трансформация, согласование деятельности, ментальная модель, коллективная ментальная модель, рыночный и командный механизмы координации, единый механизм координации

JEL: P0, O1, O3

1. Введение

В последние десятилетия в экономике и обществе наблюдаются активные процессы цифровизации¹ и цифровой трансформации² различных бизнес-процессов. Как отмечают исследователи (Nielsen, Jordanoski, 2020; Батов, 2021), данные процессы предполагают фундаментальное переосмысление с учетом возможностей современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) принципов функционирования социально-экономических систем, включая их взаимодействие с окружающей средой. В частности, цифровая трансформация означает использование ИКТ для создания эффективной и ориентированной на пользователя экосистемы для производства и предоставления услуг (Nielsen, Jordanoski, 2020). Отмечается, что цифровизация представляет собой «процесс преобразования производственных, экономических и социальных видов деятельности посредством применения цифровых технологий, которые приводят к появлению новых или видоизменению существующих бизнес-процессов, это действие по созданию цифровых продуктов, оказанию цифровых услуг, изменению рабочих процессов, трансформации технологического уклада» (Батов, 2021).

Повсеместные в современной экономике процессы цифровизации и цифровой трансформации не могут не влиять на функционирование экономических механизмов координации. Однако, на данный момент такое влияние можно признать достаточно слабым, т.к. пока не зафиксированы значительные для экономики улучшения в согласовании агентами их совместной деятельности. Сформировавшийся в результате развития ИКТ более высокий уровень информационной связанности между агентами (Паринов 2020а) пока не используется в полной мере в работе механизмов координации. Это может означать, что процессы цифровой трансформации механизмов координации пока носят поверхностный характер.

Данную ситуацию можно рассматривать как важный научный вызов, т.к. параметры функционирования механизмов координации в экономике существенно влияют на ее эффективность в целом. Существующий потенциал современных ИКТ не используется должным образом. Есть основания считать, что цифровая трансформация механизмов координации может дать существенное повышение их эффективности, что неизбежно приведет к росту эффективности экономики в целом, и, как следствие, даст дополнительный импульс экономическому развитию.

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Digitization>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_transformation

Полноценная цифровая трансформация, как следует из описания успешных практик проведения цифровизации различных бизнес-процессов (Nielsen, Jordanoski, 2020; Батов, 2021), предполагает фундаментальное переосмысление принципов работы механизмов координации.

Одним из методологических оснований для такого переосмысления является теория координации, текущее состояние которой отражает серия публикаций (Malone, Crowston, 1994; Weigand и др. 2003; Klein, Orsborn, 2009; Scheerer и др. 2014; Crowston и др., 2015). Данная теория определяет процесс координации как акты управления взаимозависимостями между действиями, выполняемыми агентами для достижения своих целей (Malone, Crowston, 1994).

Подчеркивая незавершенность разработки представлений о работе механизмов координации, в литературе представлены вопросы для будущих исследований: «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).

Отмечается также недостаток, который является важным в контексте цифровизации процессов координации: «теория координации мало что может сказать о том, как работают коммуникации и как они должны поддерживаться» (Weigand и др. 2003 стр. 115).

Развитие теории координации понимается следующим образом: «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).

Из подобных замечаний следует, что экономическая наука в целом и теория координации в частности пока не содержат описания фундаментальных процессов координации, которые являются общими для всех скоординированных систем. Кроме этого, препятствием для анализа процессов цифровой трансформации является достаточно поверхностное описание в экономической науке процессов информационных взаимодействий агентов (Паринов, 2002, с. 52), что не позволяет удовлетворительным образом проанализировать влияние ИКТ на механизмы координации.

Для выявления принципов цифровой трансформации механизмов координации необходимо ответить на следующий вопрос: какие коллективные действия выполняют агенты для согласования (координации) своей совместной деятельности, эффективность которых могла бы быть повышена путем их цифровизации? Для ответа на этот вопрос

важно выявить фундаментальные процессы, лежащие в основе всех действующих в экономике механизмов координации.

Важно также учесть, что социально-экономические агенты ведут самые разные виды совместной деятельности и создают для их согласования специализированные механизмы координации, приспособленные к особенностям соответствующих видов деятельности.

Из этого вытекает исходная гипотеза данного исследования: агенты согласуют друг с другом свою совместную деятельность во всех ее видах некоторым единым образом, но для реализации этой процедуры согласования агенты создают и используют различные механизмы координации, которые адаптированы к особенностям специфических видов совместной деятельности и к разным условиям ее осуществления. Специфические механизмы координации необходимы чтобы обеспечивать агентам выгоду от согласования деятельности в разных условиях, превышающую затраты агентов на организацию процесса согласования.

Разобраться в содержании фундаментальных процессов согласования деятельности агентов, а также в принципах создания на их основе различных механизмов координации, помогают когнитивные науки. Последние десятилетия в когнитивных науках развивается понятие «коллективной ментальной модели» как инструмента согласования совместной деятельности людей (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos, North, Shariq, 2004; Badke-Schaub и др., 2007). Авторы отмечают: «главный эффект существования коллективных ментальных моделей (shared mental models) ... состоит в координации индивидуальных деятельностей на поведенческом уровне» (Mantzavinos и др., 2004).

Коллективная ментальная модель образуется из индивидуальных ментальных моделей участников совместной деятельности, которые определяются 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 в коллективную ментальную модель (КММ) 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)

Функционирование КММ в качестве процедуры согласования деятельности соответствует упомянутой выше первой гипотезе нашего исследования в качестве единого

для всех механизмов координации фундаментального процесса согласования. Однако необходимо объяснить: почему недостаточно одного механизма на базе КММ, каким способом агенты создали на базе КММ различные известные механизмы координации и какие у них для этого были мотивации? Эти вопросы рассматриваются в следующих разделах.

Работоспособность КММ прямо зависит от параметров обмена информацией между агентами, ведущими совместную деятельность, а также от качества обработки этой информации в интересах агента, что с учетом возможностей современных ИКТ может быть объектом успешной цифровизации.

Рассмотрение фундаментальных процессов координации социально-экономической деятельности как функционирование КММ дает необходимую методологическую базу для анализа способов полноценной цифровой трансформации соответствующих механизмов. Вместе с этим, наличие цифровой КММ означает появление единого механизма координации, который может заменить собой как командный, так и рыночный механизмы. Поскольку все виды совместной деятельности согласовываются на базе КММ, то единый механизм координации будет работать для всех видов совместной деятельности, осуществляя комплексное и взаимосвязанное согласование всех существующих видов совместной деятельности агентов, включая ее неэкономические виды, в рамках одной системы.

В следующих разделах обсуждаются: раздел 2 - обзор результатов исследования КММ в качестве инструмента согласования деятельности; раздел 3 – принципы согласования деятельности с помощью КММ; раздел 4 - мотивации агентов для создания механизмов координации и представление рыночного и командного механизмов координации как частных случаев КММ; раздел 5 – направления цифровизации фундаментальных процессов согласования деятельности и ожидаемые результаты цифровой трансформации механизмов координации. В заключении подводятся основные итоги настоящего исследования и обсуждаются некоторые направления дальнейших исследований.

2. Индивидуальные и коллективная ментальные модели как инструмент согласования деятельности

Современная научная литература содержит достаточное количество подтверждений важности коллективных ментальных моделей для совместной

деятельности людей. Одна из областей, где в последние годы эти исследования ведутся наиболее активно, – наука о командной деятельности (Science of Team Science³).

Данная научное направление изучает механизмы командной координации и, в частности, ментальные модели: «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).

За счет непрерывного обмена информацией между участниками у них возникают общие структуры знаний, получившие название «коллективная ментальная модель», позволяющие им, в том числе, координировать свои действия (Jonker и др., 2011). Эти общие структуры знаний, используемые участниками для согласования и координации своей деятельности, возникают на основе индивидуальных ментальных моделей отдельных участников (Badke-Schaub и др., 2007).

В исследованиях командной деятельности ментальная модель определяется 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).

Назначение ментальных моделей определяется следующим образом: «ментальные модели служат трем важнейшим целям: они помогают людям описывать, объяснять и предсказывать события в их среде» (Mathieu и др., 2000, с. 273).

Другие авторы отмечают: «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).

Таким образом, как отмечают исследователи, с одной стороны, существуют индивидуальные ментальные модели участников совместной деятельности, которые в результате информационного обмена между ними определенным образом синхронизируются по содержанию и, таким образом, индивидуальные ментальные модели получают признаки коллективной ментальной модели.

Агенты получают возможность договариваться и принимать коллективные решения за счет синхронизации содержания своих индивидуальных ментальных моделей, содержащих информацию об их возможностях и намерениях, в коллективную

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Science_of_team_science

ментальную модель, отражающую их общие возможности и намерения, а также состояние общей для них среды жизнедеятельности (Badke-Schaub и др., 2007).

Объединяя свои индивидуальные ментальные модели, агенты получают возможность коллективно проигрывать возможные совместные действия (Mathieu и др., 2000, с. 274): «... 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).

Как отмечается в (Salas и др., 2005), координирующими механизмами для эффективной командной работы являются: 1) разработка коллективных ментальных моделей; 2) достижение взаимного доверия; и 3) участие в замкнутой коммуникации.

Коллективная ментальная модель является первичным или фундаментальным способом согласования и поэтому она в том или ином виде присутствует во всех созданных людьми механизмах согласования социально-экономической деятельности.

Дополнительно к описанному выше, существуют некоторые другие исследования особенностей согласования деятельности на базе КММ. Например, похожие вопросы рассматриваются при изучении малых групп (Small Group Research⁴), в исследованиях развития общественных институтов (Denzau, North, 1994), в изучении способов увеличения эффективности совместной деятельности людей в группах (Mathieu и др., 2000), для изучения взаимодействия людей с программными агентами (ботами) (Fan, Yen, 2007), в исследованиях по защите окружающей среды (Jones и др., 2011), политической деятельности (Richards, 2001), и других.

⁴ Журнал с таким названием выпускает издательство SAGE - <https://journals.sagepub.com/home/sgr>

3. КММ как базовый механизм согласования деятельности

В этом разделе работа механизмов (способов) координации рассматривается исключительно с точки зрения создания коллективных ментальных моделей. В тех случаях, когда это применимо, предполагается наличие между агентами взаимного доверия и их участие в замкнутой коммуникации, которые указаны в (Salas и др., 2005) как необходимые условия достижения согласованности деятельности агентов.

Представленные в предыдущем разделе некоторые результаты когнитивных наук по изучению роли и функций КММ позволяют принять гипотезу, что КММ является базовым для всех механизмов координации способом согласования совместной деятельности социально-экономических агентов. Такой подход к объяснению координации претендует на фундаментальность, т.к. он позволяет объяснить с общих позиций работу всех механизмов координации, применяемых для согласования всех видов совместной деятельности агентов. Этому посвящены следующие разделы.

Важной для нашего исследования особенностью КММ является представление механизма согласования как процесса информационного обмена (коммуникаций) между агентами, который позволяет им поддерживать в своей индивидуальной ментальной модели актуальные информационные образы среды жизнедеятельности, намерений и возможностей других агентов, а также использовать эти образы для коллективного проигрывания возможных вариантов совместной деятельности и принятия коллективного решения по поводу выбора лучшего варианта. Подробнее работа КММ рассмотрена в (Паринов 2020б с. 13).

Агенты, как участники совместной деятельности, могут иметь как прямые коммуникации друг с другом (прямой обмен информацией вида «все со всеми»), так косвенные. Коммуникации между агентами являются косвенными, если они опосредованы производимыми агентами модификациями окружающей среды (Marsh, Onof, 2008). Согласование деятельности, основанное на косвенных коммуникациях между агентами, получило название «стигмергия» (stigmergy⁵): агенты наблюдают за изменениями во внешней среде, производимыми другими агентами, и принимают решение о собственных действиях. Действия агентов в этом случае являются в определенной степени согласованными (Marsh, Onof, 2008; Elliott, 2016).

Как отмечается в (Паринов 2020б с. 4), возможность использовать КММ дана агентам природой, но применение данной возможности ограничено рядом факторов.

⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Stigmergy>

Вместе с тем, агенты могут видоизменять КММ, создавая ее вторичные версии, с целью ослабления действия ограничивающих факторов.

Согласование деятельности агентов требует определенного времени, которое расходуется на информационные обмены между агентами, обновления содержания их КММ, проигрывание в КММ вариантов возможных действий, и принятие агентами коллективного решения. За это же время в состоянии системы, в рамках которой агенты осуществляют свою деятельность, происходят непредвиденные (стохастические) изменения в условиях их совместной деятельности. Если агенты не обновляют содержание КММ с требуемой регулярностью, то стохастические изменения в системе постепенно обесценивают ее текущее содержание.

Данная ситуация означает наличие двух основных переменных, влияющих на согласование деятельности в КММ:

(а) скорость вычислений (CS) для перехода в согласованное состояние для группы агентов ведущих совместную деятельность;

(б) интенсивность (скорость) стохастических изменений (SI), обесценивающая содержание информационных обменов между агентами ведущими совместную деятельность.

Для успешной координации необходимо чтобы скорость вычислений CS, которой агенты располагают в КММ, была достаточной для обработки в реальном времени последствий от потока стохастических изменений SI. В противном случае успешное согласование деятельности невозможно.

Процесс координации считается успешным, если выигрыш агентов от координации покрывает затраты на координацию, а также убытки от периодов нескоординированной деятельности, если такие случаются.

Свойства среды жизнедеятельности человека таковы, что при использовании КММ в базовой версии, которая дана агентам от природы, успешное согласование возможно только для небольшого количества агентов, ведущих совместную деятельность (Паринов 2020б с. 15).

При прочих равных условиях, рост количества участников совместной деятельности приводит к росту размеров и сложности КММ, что ведет к увеличению времени для принятия коллективных решений и уменьшает вероятность достижения агентами скоординированного состояния (Паринов 2020б с. 16).

Каждый участник, как и среда жизнедеятельности сама по себе, являются источниками постоянных непредсказуемых изменений, появление которых означает

необходимость пересогласования совместной деятельности. Поэтому при росте числа участников возрастает интенсивность непредсказуемых изменений.

Таким образом, увеличение количества координирующих агентов приводит к снижению переменной CS и росту переменной SI .

Эти переменные зависят от некоторых параметров, на значения которых агенты могут влиять:

(а) переменная «стохастические изменения» SI зависит от параметров:

- интенсивность природной стохастики (SIn), которая означает, что стохастические изменения являются естественным свойством среды жизнедеятельности агентов; их интенсивность может быть частично уменьшена за счет познания законов природы (развитие научного знания о природе);
- интенсивность поведенческой стохастики ($S Ib$), означающая, что одни агенты своим поведением могут создавать для других агентов непредсказуемые изменения в системе; интенсивность стохастических изменений этого вида может быть уменьшена путем уменьшения количества некоординируемых агентов;

(б) переменная «скорость вычислений» CS также зависит от двух параметров:

- текущий уровень развития ИКТ (CSt), который определяет верхнюю границу имеющихся у агентов возможностей в обмене информацией и в скорости ее обработки;
- степень упрощения задачи согласования деятельности в КММ (CSs), что позволяет агентам пожертвовать точностью согласования, но сократить длительность процесса согласования.

Изменение параметров SIn и CSt могут происходить в результате развития науки и ИКТ. Достижения в этих областях обычно бывают достаточно редкими событиями, могут занимать много времени и требовать большого количества ресурсов (Паринов 2020б). Однако современный уровень развития Интернет, мобильной связи и других ИКТ как раз является примером существенного изменения параметра CSt .

В настоящее время агенты получили технические условия, существенно поднимающие верхнюю границу возможностей для обмена информацией и ее обработки. И эти возможности, при прочих равных условиях, агенты могут использовать для: а) увеличения количества агентов, находящихся в состоянии успешной координации; б) уменьшения степени упрощения согласования деятельности (параметр SCs) без снижения количества агентов в состоянии успешной координации.

Изменение параметра S_{Ib} реализуется как следствие улучшений по остальным вариантам.

Параметр CSs . Из всех перечисленных выше вариантов достижения агентами условий успешной координации наиболее доступным для реализации является вариант изменения этого параметра, т.е. упрощение задачи согласования. Агенты могут увеличить скорость вычислений в КММ через упрощение задач согласования, что, при прочих равных условиях, позволяет обеспечить успешное согласование деятельности для существенно большего количества агентов.

Изменяя параметр CSs , агенты могут создавать различные варианты вторичных КММ, отличающихся степенью упрощения решаемой в КММ задачи согласования. Исходная КММ, в которой нет упрощения, является первичной или базовой.

Упрощение задачи согласования может быть реализовано как для случая, когда агенты согласовывают свою деятельность на основе прямых коммуникаций, так для случая косвенных коммуникаций.

В общем случае, упрощение задачи согласования может быть реализовано множеством способов и это, с одной стороны, создает условия для существования в экономике некоторого разнообразия механизмов координации, а с другой – позволяет обсуждать принципы развития существующих механизмов или конструирования новых механизмов координации с заранее заданными свойствами.

Определение общих принципов упрощения задачи согласования и создание таким образом теоретической модели построения вторичных версий КММ не рассматривается в данном исследовании. Некоторые из возможных вариантов упрощения задачи согласования состоят в следующем:

1. Упрощение информационных образов агентов, которыми они представляют другим агентам свои возможности и намерения по поводу их совместной деятельности. Это может иметь форму стандартизации, например, отнесение себя к определенной профессии или заданным функциональным требованиям. Информационные образы агентов в КММ могут иметь разную степень точности/подробности, и разную частоту актуализации.

2. Уменьшение количества информационных образов в КММ при неизменном количестве участников совместной деятельности. Это может быть реализовано делегированием прав от одних агентов (исполнители) другим (менеджеры) на согласование деятельности. В этом случае, исполнители не участвуют в согласовании деятельности, т.к. менеджеры представляют их возможности и намерения в составе своих собственных информационных образов. Информационный образ менеджера, который

используется в КММ, представляет в агрегированном виде информационные образы всех исполнителей, которые выполняют команды данного менеджера.

В обоих примерах агенты упрощают задачу согласования и повышают тем самым скорость вычислений CS, что позволяет достигать согласованности действий для достаточно больших групп агентов. Однако, при этом возникают расхождения между реальным состоянием агентов и их информационными образами в КММ. Накопление данных расхождений до некоторого критического уровня может приводить к тому, что согласованная деятельность не даст ожидаемых результатов.

4. Мотивации агентов и способы представления рыночного и командного механизмов координации как частных случаев КММ

Рассмотрим примерную историческую реконструкцию процесса эволюции способов согласования деятельности, начиная с момента, когда в экономической системе агентов уже достаточно много, но они могут использовать для согласования своей деятельности только возможности, данные им от природы, т.е. базовый вариант КММ.

Ожидаемые агентами экономические выгоды от развития их специализации и связанного с этим расширения системы разделения труда⁶ создают у агентов мотивации к включению в согласованную деятельность максимальное возможное количество агентов. Вместе с тем, текущие для экономической системы значения переменных SI и CS определяют верхний предел количества агентов, для которых КММ в ее базовом виде может обеспечить успешную координацию. В обычных условиях, это достаточно небольшое количество агентов.

Для получения максимально возможных выгод от расширения масштабов совместной деятельности агенты ищут наилучшие варианты упрощения задачи согласования в КММ исходя из следующих критериев:

- 1) успешное согласование деятельности неограниченного количества агентов (например, всех имеющихся в экономической системе агентов), что означает создание варианта КММ максимально защищенного от воздействия стохастических изменений;
- 2) минимизация потерь от недосогласованности деятельности агентов, которая возникает из-за расхождений между реальным состоянием агентов и содержанием их информационных образов, используемых в КММ;

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Division_of_labour

3) минимизация затрат на создание и поддержание вторичных вариантов КММ, что означает максимизацию выгоды от согласования деятельности.

В идеале, агенты должны путем упрощения задачи согласования (параметр CSs) создать вариант КММ, который обеспечит успешную координацию для всего множества потенциальных участников совместной деятельности с минимально возможным уровнем недосогласованности и максимально возможным размером выгоды от согласования деятельности.

Из экономической истории известно, что до определенного момента таким способом согласования был командный (иерархический) механизм координации, который затем был дополнен рыночным механизмом.

Командный механизм согласования как вариант КММ

Командная или иерархическая форма координации возникает, когда большая часть участников совместной деятельности (исполнители) делегируют небольшому числу агентов (менеджерам) право создавать и использовать КММ без прямого участия исполнителей в принятии решений о содержании их коллективной деятельности. В этих условиях скорость вычислений (CS) не падает пропорционально росту участников совместной деятельности, т.к. базовая КММ используется только небольшой группой менеджеров. Дополнительно, упрощение информационных образов агентов-исполнителей за счет их стандартизации в виде наборов служебных обязанностей и определенных профессиональных требований также повышает CS. Таким образом, удастся существенно увеличить количество агентов ведущих согласованную деятельность при сохранении работоспособной КММ. Это позволяет им получать дополнительные выгоды от роста участников совместной деятельности.

Делегирование прав может создавать многоуровневые иерархии КММ агентов. Исполнители делегируют свои возможности координации менеджерам и исполняют их команды. Группы менеджеров могут образовывать уровни в иерархии, делегируя свои права на согласование менеджерам более высокого уровня. Таким образом, могут возникать иерархии КММ менеджеров разного уровня, что уменьшает размерность задачи согласования до размеров задачи координации между менеджерами одного уровня иерархии.

Данный способ позволяет частично контролировать и уменьшать потери от расхождений между реальным состоянием агентов и содержанием их информационных

образов, используемых в КММ, т.к. в случае необходимости менеджеры могут в большей степени учитывать индивидуальные возможности и намерения агентов-исполнителей.

Успешно функционирующие в экономике иерархические организации различного рода являются подтверждением, что затраты на создание/поддержание этого специфического вида КММ являются приемлемыми, что позволяет получать от его применения существенные экономические выгоды.

Однако, командный механизм имеет определенные рамки применения и не может обеспечивать согласование деятельности для всех существующих в глобальной экономике агентов (Паринов 2020б с. 26).

Рыночный механизм согласования как вариант КММ

Рыночный механизм координации сконструирован для согласования деятельности всех существующих в глобальной экономике агентов за счет максимально возможного упрощения задачи согласования на базе косвенных коммуникаций. Согласование деятельности в данном случае является стигмергией.

В рамках этого способа согласования агенты воплощают свои намерения и возможности в форме спроса и предложения товаров и услуг. Агенты создают свой информационный образ для согласования деятельности в КММ путем производства товара или предложения услуги, которые выставляются на рынок. Таким образом они модифицируют окружающую среду, изменения в которой отслеживаются и интерпретируются всеми агентами.

Рынок товаров и услуг, в данном случае, выполняет роль той части КММ, в которой информационные образы агентов собраны вместе. Ценовые сигналы, которыми обмениваются продавцы и покупатели, необходимы для согласования их деятельности. Согласование происходит в тот момент, когда продавец обменивает свой товар на ресурс поддержания жизнедеятельности.

Переводя свои намерения в форму товаров и услуг агенты существенно упрощают свои информационные образы, что значительно повышает скорость вычислений CS. Кроме этого, информационные образы в такой товарной форме в существенно меньшей степени, чем образы агентов в ментальной форме, подвержены изменениям под действием стохастики. После того, как агенты передали их в КММ, т.е. они стали доступны на рынке, эти «материализованные» образы агентов уже мало зависят от изменения состояния самих агентов. КММ в таком виде лучше защищены от влияния стохастики.

По причине использования косвенных коммуникаций из согласования в «рыночной» КММ исключается производственная деятельность. Агенты на основе наблюдений за изменениями в информационных образах других агентов (товаров), а также в среде жизнедеятельности в целом (на рынке и в экономике), анализируют намерения и возможности (спрос и предложение) других агентов. Исходя из этого они самостоятельно принимают решение какие товары производить. Таким образом, они выполняют самостоятельно ту часть процесса согласования, в которой агентам необходимо договориться кто делает что для получения коллективного результата. Затем, агенты представляют другим агентам свои информационные образы в виде произведенных товаров и договариваются с ними о размере ресурса для поддержания жизнедеятельности в обмен на произведенные товары.

В этих условиях рыночная КММ, в сравнении с базовой, а также с командной, является максимально защищенной от воздействия стохастики, что позволяет ей обеспечить успешную координацию для, практически, любого количества агентов.

Очевидно, что подобное упрощение информационных образов агентов имеет негативные проявления, которые известны как кризисы перепроизводства. Если выставленный товар не покупается, то предложение к совместной деятельности соответствующего агента остается не реализованным. Если структура выставленных на рынок товаров перестает в массовом порядке соответствовать спросу, то это означает, что в рыночной КММ накопились существенные отличия от реального состояния экономической системы.

Командный и рыночной варианты КММ были сконструированы агентами чтобы включить в совместную деятельность как можно больше участников, чем позволяет базовая версия КММ. Они обеспечивают приемлемый для общества компромисс между выигрышем экономики от расширения системы разделения труда и потерями общества на обеспечение функционирования этих механизмов, включая потери от упрощения задачи согласования, которые проявляются как неточное или неполное согласование деятельности агентами в экономике и, как следствие, неполное использование потенциала членов общества.

5. Цифровая трансформация базовой КММ и возможные последствия

Необходимым условием полноценной цифровой трансформации механизмов координации является цифровизация работы базовой КММ в целях использования потенциала современных ИКТ (параметр CSt) для повышения скорости вычислений

(переменная SC) в КММ. Ожидается, что применение текущих вычислительных и аналитических мощностей современных компьютерных систем, а также возможностей цифровых коммуникаций позволит существенно повысить средний уровень скоординированности совместной деятельности агентов в экономике.

С учетом содержания процесса согласования в КММ, описанного в предыдущих разделах, возможна цифровизация его основных элементов и процедур:

1. Полное превращение информационных образов агентов в цифровые объекты. Агенты представляют и обновляют свои намерения и возможности для совместной деятельности с помощью компьютерных интерфейсов. Поддерживаемые таким образом цифровые образы существуют в компьютерной системе и к ним применимы все возможности современных ИКТ.

Цифровизация информационных образов агентов существенно упрощает процедуры их обработки и распространения среди всех агентов, заинтересованных в совместной деятельности, а также позволяет программным образом модифицировать их с целью создания наилучших условий для согласования различных видов совместной деятельности.

Возможности программной модификации цифровых образов позволяют реализовать упрощение информационных образов агентов (параметр CSs) в виде динамической и адаптивной процедуры, которая определяет степень упрощения задачи согласования в зависимости от условий совместной деятельности некоего заданного агента с остальными участниками совместной деятельности. Такая процедура может подстраивать параметры согласования деятельности для каждого агента индивидуально, в зависимости от его персональных возможностей и намерений.

В этом случае компьютерная система, обеспечивая заданному агенту наилучшие возможные условия для согласования его деятельности с разными группами агентов, генерирует необходимый для этого набор вторичных КММ. Созданные таким образом вторичные КММ являются для агента своего рода параллельными подпространствами для его совместной деятельности разных видов и с разными группами агентов (Паринов 2002, с. 108).

2. Создание распределенной онлайн-компьютерной системы для сбора цифровых образов агентов в единую систему и представление агентам онлайн-сервисов для манипуляций с этими образами в виде цифровой КММ. Такая возможность позволит агентам использовать в полной мере потенциал ИКТ при согласовании ими всех видов своей деятельности.

3. Использование мощностей современных компьютеров для увеличения скорости вычислений в КММ, в том числе за счет компьютерного решения задачи поиска наилучшего варианта совместной деятельности на основе информационных образов агентов.

4. Создание компьютерной системы мониторинга изменений в образах агентов, в среде жизнедеятельности или в других параметрах КММ с целью обеспечения динамического пересчета наилучшего варианта совместной деятельности агентов. Это позволит улучшить поддержание деятельности агентов в согласованном виде при возникновении различных возмущений.

Подобная цифровизация базовых процессов КММ, являющиеся общими для всех механизмов координации, приведет к цифровой трансформации этих механизмов и к существенному изменению их содержания по сравнению с текущим состоянием. Это позволяет создать механизм координации в виде интерактивной реалистичной динамической имитационной модели с активными агентами и цифровыми двойниками объектов среды жизнедеятельности агентов (Паринов 2020б с. 32).

Как результат, все существующие в экономике агенты получают доступ к глобальной компьютерной КММ. Это система позволяет агентам поддерживать актуальность своих информационных образов в реальном времени. Компьютерная КММ выполняет индивидуальную подстройку их информационных образов в зависимости от условий для согласования совместной деятельности с различными группами агентов.

Поскольку цифровая трансформация выполнена для первичной КММ, то созданная в результате компьютерная КММ может выполнять согласование всех видов деятельности социально-экономических агентов, а не только экономической.

Описанная цифровая трансформация механизмов координации имеет важные системные последствия для экономики и общества. Компьютерная генерация наборов информационных образов агента, обеспечивающих ему создание вторичных КММ для согласования деятельности со всеми группами агентов, позволяет в рамках единой системы создавать варианты КММ, аналогичные командному и рыночному механизмам координации. Это означает возможность создания единого глобального механизма координации, который может заменить рыночный и командный механизмы в их традиционном виде.

Создание единого глобального механизма координации вместо рыночного и командного имеет ряд явных преимуществ:

- экономика получает единый адаптивный механизм координации вместо нескольких разных;

- компьютерные технологии повышают эффективность работы КММ;
- программные интерфейсы действуют как регулирующие институциональные структуры;
- агенты получают лучшие шансы на максимальную самореализацию, поскольку их потенциальными партнерами являются все остальные агенты в глобальной экономике.

Использование компьютерной КММ может также способствовать системной цифровой трансформации общественных институтов, т.к. позволяет согласовывать все виды деятельности, а не только экономические.

Агенты, как члены общества, ведут различную неэкономическую совместную деятельность, которая тоже требует согласования. К этому, в частности, относится: а) деятельность по формированию формальных и неформальных норм и правил, т.е. создание и развитие институциональных структур, необходимых для функционирования экономики и общества; б) деятельность по развитию функций государства и общества; в) деятельность по развитию самих механизмов координации; и т.д. Все эти неэкономические виды совместной деятельности могут быть согласованы с помощью единого механизма координации, что создает уникальную возможность для комплексного и взаимосвязанного согласования в рамках одной системы всех существующих видов совместной деятельности агентов, включая экономическую деятельность.

5. Заключение

Согласование деятельности в том или ином виде предшествует любым социально-экономическим действиям агентов. Поэтому параметры функционирования механизмов координации в экономике существенно влияют на ее эффективность в целом. Потенциал современных ИКТ позволяет улучшить работу механизмов координации, но пока он не используется в полной мере. Цифровая трансформация механизмов координации является необходимым условием повышения их эффективности, что неизбежно приведет к росту эффективности экономики в целом, и, как следствие, даст дополнительный импульс экономическому развитию.

Рассмотренные подходы к выявлению базовых процессов согласования деятельности в виде КММ, а также проанализированные возможности их цифровизации, создают необходимую методологическую базу для дальнейших исследований и разработки практических методов цифровой трансформации механизмов координации.

Дальнейшие исследования и разработки на этой базе, с одной стороны, позволяют искать ответ на вопрос: как на основе современных ИКТ можно было бы перестроить механизмы координации совместной деятельности, чтобы они были более эффективными?

С другой, универсальность КММ в качестве инструмента согласования всех видов совместной деятельности социально-экономических агентов позволяет рассматривать идею создания на базе ИКТ единого адаптивного механизма координации, который подстраивается под индивидуальные условия совместной деятельности для отдельных участников.

В целом, данные направления исследований позволяют лучше представить свойства пост-цифрового этапа развития экономики и общества, основной особенностью которого является цифровая трансформация механизмов общественного развития и связанных с этим возможных изменений общественного порядка.

Литература

Батов, Г. Х. (2021). Организационные императивы цифровой экономики. // Цифровая экономика, 5 апреля 2021. [Batov G. (2021) Organizational imperatives of the digital economy // Digital Economy Journal, April 5, 2021. In Russian] <http://digital-economy.ru/stati/organizatsionnye-imperativy-tsifrovoj-ekonomiki>

Паринов С.И. (2020a). Влияние развития коммуникаций на свойства экономики. // Журнал Цифровая экономика, н. 9, с. 21-28. [Parinov, S. (2020b). The influence of communication development on the economy properties. // Digital Economy Journal. In Russian] DOI: 10.34706/DE-2020-01-02

Паринов С.И. (2020б). 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>

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/МНТ-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>

Denzau, A. T., & North, D. C. (1994). Shared mental models: ideologies and institutions. // *Kyklos*, 47(1), 3-31. <http://ecsocman.hse.ru/data/957/750/1216/9309003.pdf>

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

Fan, X., & Yen, J. (2007). Realistic cognitive load modeling for enhancing shared mental models in human-agent collaboration. // *Proceedings of the 6th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems* (p. 60). ACM.

<http://www.cs.ucf.edu/~gitars/cap6671-2011/Papers/fan-humanagent.pdf>

Jones, N., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. // *Ecology and Society*, 16(1).

<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art46/main.html>

Jonker, C., van Riemsdijk, M., & Vermeulen, B. (2011). Shared mental models. A conceptual analysis. // *Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems VI*, 132-151.

Klein, D., & Orsborn, A. (2009). Concatenate coordination and mutual coordination. // *Journal of economic Behavior & organization*, 72(1), 176-187.

<http://econfaculty.gmu.edu/klein/PdfPapers/KleinOrsbornJEBO.pdf>

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>

Marsh, L., & Onof, C. (2008). Stigmergic epistemology, stigmergic cognition. // *Cognitive Systems Research*, 9(1-2), 136-149. <https://mpra.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.

Richards, D. (2001). Coordination and shared mental models. // *American Journal of Political Science*, 259-276. <http://plouffe.fr/simon/OEIS/citations/ajps2.pdf>

Nielsen, M.M., & Jordanoski, Z. (2020). Digital transformation, governance and coordination models: A comparative study of Australia, Denmark and the Republic of Korea. // *The 21st Annual International Conference on Digital Government Research*.

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

Scheerer, A., Hildenbrand, T., & Kude, T. (2014). Coordination in large-scale agile software development: A multiteam systems perspective. // *In 2014 47th Hawaii international conference on system sciences* (pp. 4780-4788). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6759189>