



Munich Personal RePEc Archive

# Conceptual Model of the Socio-Economic Coordination Mechanisms Design

Parinov, Sergey

CEMI RAS

11 May 2023

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/117347/>  
MPRA Paper No. 117347, posted 18 May 2023 12:24 UTC

# Конструирование механизмов социально-экономической координации: концептуальная модель

Паринов С.И., ЦЭМИ РАН, [sparinov@gmail.com](mailto:sparinov@gmail.com)  
<https://www.researchgate.net/profile/Sergey-Parinov>

Версия 3, 2023-05-11

## Аннотация

В данном исследовании рассматривается проектирование механизмов социально-экономической координации, которое позволяет по сравнению с классической теорией экономических механизмов получать более широкий класс решений, но с потерей возможности использования математических моделей и методов теории экономических механизмов. Определены понятия координирующей деятельности и основные формы координации социально-экономических агентов. Описан фундаментальный процесс координации, присутствующий во всех координируемых системах. На этой методологической основе рассмотрены предпосылки, основы и свойства социально-экономической координации. Предложена концептуальная модель координации, включающая трехэтапный алгоритм проектирования механизма координации. В качестве иллюстраций на основе предложенного алгоритма рассмотрены некоторые известные механизмы координации. С помощью концептуальной модели координации анализируются возможные изменения конструкции и свойств механизмов координации в связи с цифровизацией социально-экономических процессов. Показано, что цифровизация приводит к сближению характеристик базовых форм координации и к унификации их элементов в цифровом виде. Это открывает возможность создания распределенной компьютерной системы, выполняющей функции универсального механизма координации. В качестве одного из направлений дальнейшего развития данного исследования предлагается создание компьютерной агентной имитационной модели экономики и общества со встроенными механизмами координации. Обсуждается возможность создания единой модели и общей теории социально-экономической координации, которые могут служить методологической основой для создания общей теории социально-экономической деятельности.

Ключевые слова: теория экономических механизмов, механизм координации, конструирование механизма координации, концептуальная модель

JEL: P0, O1, O3

# Conceptual Model of the Socio-Economic Coordination Mechanisms Design

Sergey Parinov, CEMI RAS, [sparinov@gmail.com](mailto:sparinov@gmail.com)

2023-05-11

## Abstract

This study discusses the socio-economic coordination mechanism design, which allows, in comparison with the classical mechanism design theory, to obtain a wider class of solutions, but with the loss of the ability to use the mechanism design's mathematical models and methods. The concepts of the coordinating activities and the basic forms of coordination of socio-economic agents are defined. The fundamental coordination process, which is present in all coordinated systems, is described. On this methodological basis the prerequisites, fundamentals and properties of socio-economic coordination are considered. A conceptual model of coordination is proposed, including a three-step algorithm for the coordination mechanism designing. As illustrations, based on the proposed algorithm some of the well-known coordination mechanisms are considered. Using the conceptual model of coordination, possible changes in the design and properties of coordination mechanisms because of the digitalization of socio-economic processes are analyzed. It is shown that digitalization leads to the convergence of the characteristics of basic forms of coordination and to the unification of their elements in digital form. This opens the possibility of creating a distributed computer system that performs the functions of a universal coordination mechanism. As one of the directions for the further development of this study, the creation of a computer agent-based simulation model of economy/society with the embedded coordination mechanisms is proposed. The possibility of creating an unified model and general theory of socio-economic coordination, which can serve as the methodological basis for creating a general theory of the socio-economic activity, is discussed.

Keywords: mechanism design theory, coordination mechanism design, conceptual model

JEL: P0, O1, O3

Notice: the English version of this paper is available at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/117282/>

## Оглавление

<b>1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>7</b>
2.1. Воображаемый порядок и социально-экономическая координация .....	8
2.2. Основная и координирующая деятельность.....	9
2.3. Ключевые характеристики координации .....	11
2.4. Зависимость координации от ИКТ .....	12
2.5. Вычислительные возможности агентов и интенсивность стохастики .....	13
2.6. Общая постановка задачи исследования .....	14
<b>3. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ .....</b>	<b>16</b>
3.1. Определение социально-экономической координации.....	17
3.2. Ментальная модель агента как инструмент координации .....	17
3.3. Влияние характера коммуникаций на координацию.....	18
3.4. Координирующая деятельность и базовые формы координации .....	20
3.5. Фундаментальный процесс координации .....	21
3.5. Условия возможности координации .....	22
3.6. Свойства базовых форм координации.....	24
3.7. Настройки базовых форм координации .....	26
<b>4. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КООРДИНАЦИИ.....</b>	<b>26</b>
4.1. Модель конструирования механизмов координации .....	26
4.1.1. Целевые функции .....	27
4.1.2. Сложность задачи согласования .....	27
4.1.3. Оптимизация конфликтующих целевых функций.....	27
4.1.4. Область определения переменных и базовые формы координации .....	28
4.1.5. Виды основной деятельности агентов.....	29
4.1.6. Алгоритм конструирования механизма координации .....	29
4.2. Примеры мысленной реализации алгоритма .....	31
4.2.1. Пример 1. Производственная деятельность.....	31
4.2.2. Пример 2. Обменная деятельность .....	32
4.2.3. Пример 3. Экономическая деятельность в целом.....	33
4.3. Сравнение с теорией экономических механизмов .....	34
<b>5. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕХАНИЗМА КООРДИНАЦИИ .....</b>	<b>36</b>
5.1. Влияние цифровизации на коммуникации и базовые формы координации .....	37
5.2. Влияние цифровизации на вычисления в ментальных моделях .....	38
5.3. Влияние цифровизации на координирующую деятельность .....	39
5.4. Радикальная цифровая трансформация механизмов координации.....	40
<b>6. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ.....</b>	<b>40</b>
<b>7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>42</b>
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>43</b>
<b>БЛАГОДАРНОСТИ .....</b>	<b>44</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>44</b>

## 1. Введение

Гурвиц и Райтер определяют экономические механизмы, включая децентрализованные, как системы, необходимые для организации и координации экономической деятельности (Hurwicz & Reiter, 2006, с. 14). В теории экономических механизмов нет указаний, что механизмы экономической координации, такие как рынок, иерархия, сеть (Adler, 2001; Powell, 1991; Provan and Kenis, 2008; Weigand at al., 2003) и их гибриды (Ménard, 2004), не

являются частными случаями экономических механизмов. Следовательно, механизм координации в соответствии с определением экономических механизмов (Hurwicz, 1973), должен состоять из «правил ответа» и «правила результата». Кроме этого, как указывает Гурвиц, для этого механизма важен «язык», который используется для обмена информацией: "... в вальрасовском процессе нащупывания язык состоит из цен и количеств, требуемых или поставляемых различными агентами" (Hurwicz, 1973). Там же упоминается, что для конструирования механизма координации необходимо принимать во внимание множество видов общей среды (environment).

Данное описание, в общем, соответствует интуитивному пониманию того, как могут работать механизмы координации. Однако такое описание является существенным упрощением сути координации, т.к. в нем не отражены важные особенности, определяющие содержание, например, таких известных механизмов, как рынок, иерархия и сеть (Adler, 2001; Powell, 1991; Provan and Kenis, 2008; Weigand et al., 2003). В частности, если теория экономических механизмов претендует на полноценное описание механизмов координации, она должна объяснить с единых методологических позиций наблюдаемое в экономике разнообразие процессов и механизмов координации.

В теории экономических механизмов важное место занимает определение правил аукциона и метафора аукциониста, приводящего в действие координирующую функцию механизма: «... любой субъект, наблюдая цены на все товары, определяет свои оптимальные объемы производства и потребления и сообщает их аукционисту; аукционист подсчитывает общее предложение и спрос и сообщает всем субъектам новый вектор цен на все товары ...» (Измалков и др., 2008). Однако более реалистичным является предположение, что специфическая деятельность, благодаря которой координация возникает, выполняется всеми агентами и она является достаточно разнородной. Например, из обзора определений координации (Weigand et al., 2003) следует, что координирующая деятельность может означать: выполнить «структурирование»; осуществить «совместные усилия» или «составление целенаправленных действий»; провести «адаптацию» или «интеграцию» или «акт управления»; выполнить «согласование». Рыночная координация также требует определенной координирующей деятельности от каждого агента, что предполагает сбор и анализ различной рыночной информации, использование метода проб и ошибок или «вальрасовского нащупывания» в поиске наилучшего рыночного действия, и т.д. Важный момент, что координирующая деятельность является индивидуальными затратами агента, величина которых влияет на окончательный размер его выгоды от экономической деятельности.

Традиционная модель экономического механизма игнорирует важные особенности социально-экономической координации. В частности, она не учитывает, что в зависимости от координирующей деятельности механизм координации может выдавать разные характеристики координации. Различия в характеристиках координации при прочих равных условиях проявляются в разной величине выгоды агентов от их деятельности. Например, чем больше участников экономической деятельности могут действовать согласованно, тем выше вероятность получения дополнительной выгоды каждым участником за счет развития их специализации и разделения труда. С другой стороны, чем выше качество координации, измеряемое, например, полнотой учета важных для совместной деятельности агентов факторов, тем выше вероятность роста выгоды агентов от их совместной деятельности. Таким образом, меняя только характеристики координации агенты могут получать больше выгоды от их деятельности. Подробнее эти и другие особенности социально-экономической координации, определяющие постановку задачи для данного исследования, рассматриваются в разделе 2.

Предложенная Гурвицом (Hurwicz, 1973), развитая в работах (Maskin & Sjöström, 2002; Jackson, 2001; Hurwicz & Reiter, 2006) и других, теория экономических механизмов оказала большое влияние на развитие экономической науки и с ее помощью решено много важных практических задач (Измалков и др., 2008). Однако в приложении к анализу и конструированию социально-экономической координации она позволяет рассматривать только частные задачи. Фундаментальной научной проблемой, с которой, на наш взгляд, связано ограниченное применение теории экономических механизмов для конструирования механизмов координации, является отсутствие в экономической теории общего методологического подхода к описанию координации. Почти 30 лет назад авторы исследования по теории координации написали: “Существуют ли фундаментальные процессы координации, происходящие во всех системах с координацией?” (Malone & Crowston, 1994). Таким образом, первым шагом к созданию теории экономических механизмов координации является выявление общей методологической основы для объяснения различных проявлений координации.

Предлагаемое исследование ставит одной из своих целей выявление и описание фундаментального процесса координации, который дает общие методологические основания для анализа различных проявлений координации. В качестве основы этого анализа использован подход из работы (Паринов, 2023), в котором социально-экономическая координация рассматривается как природная способность агентов учитывать деятельность других агентов.

Агенты реализуют свои природные способности учитывать деятельность других агентов через их прямые и/или косвенные коммуникации друг с другом. Инструментом учета деятельности других агентов является сознание агента. Предлагаемое исследование рассматривает сознание агента в виде его индивидуальной и коллективной ментальной модели, представления о которых развиваются в когнитивных науках (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos и др., 2004; Badke-Schaub и др., 2007). Ментальная модель в данном случае является некоторой «вычислительной машиной» в сознании агента, которая на основе получаемой информации определяет содержание его основной деятельности.

В зависимости от возможностей для коммуникаций агенты, благодаря свойствам своих ментальных моделей, имеют следующие способности учитывать деятельность других агентов (Паринов, 2023):

- 1) способность договариваться «кто делает что» при наличии прямых коммуникаций друг с другом;
- 2) способность к стигмергии<sup>1</sup>, если отсутствуют прямые коммуникации, но возможны косвенные; и
- 3) использование общих правил при полном отсутствии коммуникаций по поводу согласования деятельности (это не исключает коммуникации между агентами по другим поводам).

Предлагаемое исследование основывается на гипотезе, что координация социально-экономической деятельности агентов создается в результате использования агентами описанных выше трех разнокачественных способностей их ментальных моделей учитывать деятельность других агентов. Из этой гипотезы вытекает фундаментальный процесс социально-экономической координации, который присутствует в любой координируемой системе. Таким образом, наблюдаемое разнообразие способов и

---

<sup>1</sup> Стигмергия - механизм координации деятельности агентов на основе косвенных коммуникаций, при котором агенты оставляют в окружающей среде следы и метки, стимулирующие дальнейшую активность других агентов (Heylighen, 2016)

механизмов координации является результатом подбора агентами комбинаций, имеющихся у них трех базовых возможностей для учета деятельности других агентов (т.е. базовых форм координации), для получения наилучшего результата от координации. Наилучшие комбинации базовых форм координации определяются особенностями видов координируемой деятельности агентов, различиями в целях агентов и в условиях для реализации деятельности. Данный подход позволяет выявить и проанализировать фундаментальные основы социально-экономической координации, которые рассматриваются в разделе 3.

Рассмотренные фундаментальные основы координации использованы в разделе 4 для создания вербальной версии концептуальной модели социально-экономической координации, включая описание алгоритма конструирования механизмов координации. В качестве иллюстраций, используя предложенные концептуальную модель и алгоритм, были рассмотрены (в упрощенном варианте) процессы конструирования для некоторых хорошо известных механизмов координации. Сравнение предложенной концептуальной модели с классической моделью экономического механизма Гурвица показало, что концептуальная модель дает содержательно более детальное и точное описание экономического механизма для случаев, когда это – механизмы координации. При определенных упрощениях предложенная концептуальная модель механизма координации может быть сведена к классическому описанию экономического механизма.

В разделе 5 рассмотрено одно из возможных приложений концептуальной модели социально-экономической координации: анализ изменения свойств механизма координации в связи с цифровизацией координирующей деятельности. Анализ показал, что цифровизация приводит к улучшению свойств базовых форм координации и к унификации их элементов в цифровом виде. В этих условиях использование базовых форм координации в существенной степени определяется их уникальными характеристиками. Например, использование прямых коммуникаций для совместной деятельности обеспечивает доминирование сотрудничества среди участников. Использование косвенных коммуникаций дает доминирование конкуренции. Использование общих правил при отсутствии коммуникаций означает нейтральный вариант совместной деятельности. Кроме этого, комплексная и глубокая цифровизация открывает возможность создания распределенной компьютерной системы, выполняющей функции универсального механизма координации, единого для всех видов социально-экономической деятельности агентов.

В разделе 6 обсуждаются возможные методологические перспективы создания единой модели и общей теории социально-экономической координации, вкладом в развитие которых являются результаты данного исследования. Сделан вывод о первичности механизмов координации по отношению к экономике, из чего следует, что свойства механизмов экономической координации определяют существенную часть свойств экономики. Обсуждаются методологические последствия включения в научную картину социально-экономического мира деятельности агентов по конструированию механизмов координации: уточнение общей структуры деятельности человека, иерархию мотиваций для максимизирующей деятельности человека и свойств абстрактного социально-экономического человека.

В заключении перечислены возможные направления дальнейших исследований, включая превращение концептуальной модели в компьютерную агентную имитационную модель координации с возможностями эндогенного конструирования механизмов координации. Ожидается, что такая компьютерная модель позволит исследовать как способы совершенствования механизмов координации, так и связанные с этим возможные

изменение свойств экономической системы. Рассмотрено возможное развитие результатов данного исследования для построения общей модели и теории социально-экономической координации. Учитывая особую роль социально-экономической координации в деятельности человека, появление общей теории координации позволяет обсуждать возможность создания единой модели социально-экономического человека и общей социально-экономической теории.

## 2. Постановка задачи исследования

Рассматривая задачу конструирования механизмов экономической координации, логично предположить, что это исследование должно основываться на существующей теории экономических механизмов, поскольку эта теория предлагает достаточно абстрактную модель экономического механизма. См., например, (Измалков и др., 2008). Однако, нельзя не отметить, что в ключевых работах теории экономических механизмов (Hurwicz, 1973; Jackson, 2001; Maskin & Sjöström, 2002; Hurwicz, & Reiter, 2006) термин «механизм координации» не упоминается и координация отдельно не рассматривается, хотя в определенном смысле подразумевается<sup>2</sup>. Можно предположить, что авторы данной теории не видят возможности в рамках предложенного подхода учесть наблюдаемые особенности разнокачественных механизмов экономической координации, наиболее известными примерами которых являются рынок, иерархия, сеть (Adler, 2001; Powell, 1991; Provan and Kenis, 2008; Weigand et al., 2003) и их гибриды (Ménard, 2004).

Вместе с тем, исходный посыл разработки теории экономических механизмов, который Гурвиц сформулировал как «поиск системы, которая в определенном смысле превосходила бы существующую» (Hurwicz, 1973), является в настоящее время чрезвычайно актуальным применительно к существующим механизмам координации. Интуитивно понятно, что механизмы координации в существенной степени основаны на процессах обмена, сбора, обработки и анализа информации. Все информационные процессы в настоящее время радикально видоизменяются под воздействием современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), т. е. под воздействием их виртуализации и цифровизации. Происходящая глубокая и комплексная цифровизация социально-экономических процессов означает неизбежную цифровую трансформацию существующих механизмов координации. Для понимания и управления этими процессами требуется теоретико-методологический аппарат, описывающий фундаментальную природу различных проявлений координации, и позволяющий анализировать направления и методы цифровой модернизации механизмов экономической координации. В этом случае можно будет решать задачи конструирования «цифровых» версий механизмов, которые будут в определенном смысле превосходить действующие механизмы координации.

Для создания такого теоретико-методологического аппарата требуется, в том числе, определить какие особенности процессов и механизмов координации теория экономических механизмов не учитывает или учитывает не полностью. Такой анализ позволяет уточнить постановку задачи данного исследования.

Важно отметить существенную методологическую особенность данного исследования в рассмотрении координации. Предлагаемый подход в некотором смысле находится между, с одной стороны, строго формализованным содержанием теории экономических механизмов, а с другой - достаточно общими представлениями об экономике и обществе,

<sup>2</sup> Например, в (Hurwicz, & Reiter, 2006, с. 14) упоминается, что «механизм, в том числе, децентрализованный, является формальной сущностью, представляющей собой систему для организации и координации экономической деятельности».

развиваемыми в работах Харари (Harari, 2014; 2018), которые представляют собой уточнение и развитие традиционной картины социально-экономического мира. Предлагаемое исследование процессов координации является одновременно как уточнением представлений теории экономических механизмов, так и попыткой проинтерпретировать и детализировать в виде процессов координации введенное Харари представление о «воображаемом порядке». Это возможно, поскольку «воображаемый порядок» Харари представляет собой «... единственный способ, с помощью которого могут эффективно взаимодействовать огромные человеческие массы» (Harari, 2014). Данное понятие и его свойства, как их описывает Харари, имеют много общего со свойствами системы координации социально-экономической деятельности в том виде, как она рассматривается в данном исследовании.

Из сравнения координации с «воображаемым порядком», в частности, следует, что область предлагаемого исследования должна быть расширена на все виды социально-экономической координации. Экономическая координация, в данном исследовании, рассматривается как частный случай социально-экономической координации.

## 2.1. Воображаемый порядок и социально-экономическая координация

Воображаемый порядок возникает таким же способом, как и координация: «Способность создавать воображаемую реальность из слов позволяет множеству незнакомых друг с другом людей работать вместе» (Harari, 2014). Применительно к координации к этому еще нужно добавить, что воображаемая реальность, которая позволяет людям работать вместе, создается в ментальных моделях этих людей за счет обмена информацией, выполняемого разнообразными способами, и превращения в результате этого индивидуальных ментальных моделей в определенном смысле коллективные.

Харари отмечает: «Чтобы сохранить воображаемый порядок, нужны постоянные сознательные усилия» (Harari, 2014). Аналогичное справедливо и для сохранения координации: ее поддержание требует от людей постоянных усилий, которые в данном исследовании рассматриваются как «координирующая деятельность».

Координация, как и воображаемый порядок, возникает и существует только в воображении (сознании) людей. Поскольку она является продуктом их ментальных моделей, которые в процессе их коммуникаций превратились из индивидуальных в коллективные ментальные модели. При этом, хотя координация и является продуктом сознания, но она тесно связана с реальным миром, т. к. в своих ментальных моделях люди оперируют с результатами ментального отражения их общей среды. У Харари на этот счет есть утверждение, что воображаемый порядок укоренен в реальном мире (Harari, 2014).

Харари пишет, что «воображаемый порядок формирует наши желания» (там же). Результатом координации, в свою очередь, является определенное содержание деятельности людей, которое может быть представлено в виде некоторой структуры желаний, связанных с реализацией этой деятельности. Координация, как и воображаемый порядок, субъективна по природе, но охватывает множество взаимодействующих между собой субъектов. У Харари воображаемый порядок «интерсубъективен», т.е. существует «в сообщающемся воображении тысяч и миллионов людей» (там же). Аналогично и координация, которая в виде координирующей деятельности распределена между отдельными людьми, а также между их ментальными моделями.

Рассуждения Харари почему люди, обычно, не замечают, что «воображаемый порядок» существует только в их воображении, позволяют также объяснить почему популярно

сформулированное Хайком мнение, что координация - стихийный процесс, ведущий к возникновению спонтанного порядка (Хайек, 2006). Восприятие координации как возникновение спонтанного порядка по Хайеку соответствует тому, что Харари определил как «вторичные инстинкты, позволяющие миллионам незнакомцев успешно сотрудничать». Данные инстинкты сформировались у людей в результате их приучения «рассуждать определенным образом, действовать в соответствии с определенными стандартами, хотеть конкретных вещей и соблюдать конкретные правила» (Harari, 2014). Выполняя координирующую деятельность механически на основе инстинктов, люди часто не фиксируют какие их действия приводят к координации и от этого у них возникает ощущение возникновения координации как спонтанного порядка.

Харари отмечает, что из интерсубъективности воображаемого порядка следует, что изменить его можно, только разом изменив сознание миллиарда людей (Harari, 2014). Аналогичное можно утверждать для той части процессов координации, которые обслуживают всех участников, например, глобального рынка или системы международного разделения труда. В этой связи повсеместная цифровая трансформация деятельности человека обещает существенное снижение сложности задачи изменения как «воображаемого порядка», так и процессов координации. Цифровизация ментальных моделей людей и перенос в виртуальную среду их коммуникаций открывает возможность поддержания воображаемого порядка и координации с помощью компьютерных алгоритмов, изменение которых для любого количества участников является существенно более простой задачей. Харари писал об этом: «... сетевые алгоритмы могут сформировать некие инструменты для всего человечества, которое будет коллективно владеть всеми данными и управлять будущим развитием жизни» (Harari, 2018).

Необходимо отметить, что Харари также писал и о высоких рисках возможных негативных последствий для экономики и общества от бесконтрольного изменения процессов цифровизации (Harari, 2018). Особое беспокойство вызывают пока слабо изученные последствия использования способностей ИКТ, в частности, искусственного интеллекта в повышении степени связанности и взаимозависимости социально-экономических агентов между собой, что необходимо для совершенствования процессов координации в экономике и обществе. При этих опасениях построение модели социально-экономической координации позволило бы исследовать подобные опасности и помочь найти приемлемые для человечества решения.

Следующие части данного раздела содержат постановку задачи исследования, необходимого для построения модели социально-экономической координации. В них, с одной стороны, выполняется детализация и развитие представлений Харари о воображаемом порядке в духе социально-экономической координации, а с другой - обсуждаются важные аспекты координации, которые не учитываются или учитываются не полностью теорией экономических механизмов.

## 2.2. Основная и координирующая деятельность

Одним из аспектов данного исследования является расширение области анализа по сравнению с содержанием теории экономических механизмов, которая, например, не может описать на базе единой модели все известные механизмы координации. Следовательно, требуется разработать подход, который позволит объяснить с единых методологических позиций наблюдаемое в экономике разнообразие процессов и механизмов координации.

Одной из иллюстраций разнородности существующих представлений об экономической координации является список встречающихся в научной литературе определений координации (Weigand и др., 2003):

- структурирование и облегчение транзакций между взаимозависимыми компонентами;
- совместные усилия независимых субъектов коммуникации для достижения взаимно определенных целей;
- составление целенаправленных действий в более крупные целенаправленные целые;
- действия и решения отдельных участников внутри организации, которые необходимо своевременно адаптировать, чтобы организация в целом могла реализовать свою цель;
- интеграцию и гармоничное согласование индивидуальных трудовых усилий для достижения более широкой цели;
- акт управления взаимозависимостью между действиями, выполняемыми для достижения цели;
- установление согласованности между задачами с целью достижения того, чтобы выполнение отдельных задач было своевременным, в правильном порядке и в нужном количестве.

Этот список примеров определения координации, безусловно, является не полным без упоминания «невидимой руки» рыночной координации, регулирующей баланс спроса и предложения с помощью изменения цен. Еще одним примером координации, явно не упоминаемым в списке выше, являются действия агентов в соответствии с общими правилами, которые разрабатываются, например, инструментами теории экономических механизмов в виде правил проведения аукционов.

При очевидной разнородности отмеченных проявлений экономической координации теория экономических механизмов позволяет описывать те из них, в которых основным принципом действия является выполнение агентами установленных правил (например, предложенных Гурвицом правил «ответа» и «результата»). Примером координации, которую хуже всего объясняет данная теория, является действие сетевого способа координации (Паринов, 2023), в котором основным принципом координации является согласования агентами их деятельности на базе прямых коммуникаций типа «все со всеми».

В качестве первого шага к созданию подхода, который позволит объяснить с единых методологических позиций наблюдаемое в экономике разнообразие процессов и механизмов координации, проведем некоторые уточнения характера деятельности, которую ведут социально-экономические агенты. Выделим в составе социально-экономической деятельности два типа:

1. Основная социально-экономическая деятельность, которая является объектом координации и которая приносит агентам определенную выгоду.
2. Координирующая деятельность, которая представляет собой определенные специфические усилия агентов, необходимые для возникновения координации.

Если первый тип деятельности является очевидным и не требует пояснений, то существование второго типа – часто игнорируется. Примерами координирующей деятельности в списке определений координации, приведенном выше, являются упоминание, что агентам надо выполнить «структурирование»; осуществить «совместные

усилия» или «составление целенаправленных действий»; провести «адаптацию» или «интеграцию» или «акт управления»; выполнить «согласование». Рыночная координация также требует определенной координирующей деятельности от агентов, т.к., в частности, предполагает сбор и анализ различной рыночной информации. При использовании общих правил агенты прилагают определенные усилия для приведения своих действий в соответствии с заданными правилами, отслеживание случаев изменения правил и т.п.

Для описания природы социально-экономической координации важно разделять основную деятельность агентов, которая приносит выгоду, и координирующую деятельность, которая приводит в действие механизмы координации. Об этом Гурвиц и Райтер писали: «... экономическая активность охватывает виды деятельности, которые не являются ни производством, ни потреблением, ни обменом. ... Эти действия включают в себя получение информации, обработку информации и обмен информацией с другими лицами. Ресурсы, используемые в этих видах деятельности, недоступны для использования в производстве или потреблении» (Hurwicz, & Reiter, 2006, с. 15). Деятельность, которая является дополнительной к основной деятельности и которая получила в этом исследовании название координирующей, необходима агентам, чтобы учитывать деятельность других агентов и определять содержание своей основной деятельности. Как и основная, координирующая деятельность, требует постоянных усилий от агентов, т.к. из-за регулярных непредсказуемых изменений в условиях для основной деятельности от агентов требуется поддержание ее в скоординированном состоянии. Координирующая деятельность является затратами, которые уменьшают общую выгоду агентов от их деятельности.

Данное исследование исходит из того, что агенты могут сознательно конструировать и совершенствовать механизмы координации, что является еще одной специфической деятельностью. По аналогии с воображаемым порядком координация – интерсубъективна, т.е. изменениям в способах координации должна предшествовать определенная коллективная деятельность агентов. Коллективное совершенствование механизмов координации означает, что агентам необходимо выполнять еще два типа деятельности, которые тоже являются затратами, уменьшающими общую выгоду агентов: а) деятельность по конструированию и совершенствованию механизмов координации, которая может быть для агентов постоянной во времени; а также б) координация этой коллективной деятельности по конструированию, т.е. координирующая деятельность второго порядка, направленная на согласование деятельности агентов по конструированию механизмов координации. В данном исследовании эти два дополнительных типа деятельности агентов и связанные с ними затраты не учитываются.

Учет различий в основной и координирующей деятельности, который в явном виде отсутствует в теории экономических механизмов, необходим для более полного отражения факторов, формирующих выгоду и затраты агентов, связанные с координацией.

### 2.3. Ключевые характеристики координации

Координация как процесс может иметь различные характеристики. Основными из этих характеристик для данного исследования являются: 1) количество участников, координацию деятельности которых поддерживает заданный механизм; и 2) качество координации, обеспечиваемое заданным механизмом.

Например, в экономической деятельности выгода агентов зависит, в том числе, от углубления их специализации и развития системы разделения труда за счет включения в

экономическую деятельность как можно больше участников. В этих условиях механизмы координации, различающиеся количеством участников, для которых они обеспечивают координацию, дают агентам разную выгоду при прочих равных условиях. Следовательно, конструкция механизма координации, позволяющая ему обеспечивать координацию большего количества участников и дающего за счет этого дополнительную выгоду каждому участнику, является предпочтительнее других.

Другой пример связан с характеристикой «качество координации», которое данный механизм может обеспечить. Пусть качество координации измеряется полной учета важных факторов и условий для совместной деятельности агентов. Чем выше качество координации, обеспечиваемое конструкцией механизма координации, тем выше степень учета в процессе координации имеющихся у агентов возможностей для совместной деятельности и, следовательно, выше вероятность получения агентами дополнительной выгоды от их совместной деятельности.

Для экономической деятельности эти две характеристики механизма координации непосредственно влияют на размер выгоды агентов. С учетом стремления агентов максимизировать выгоду данные характеристики целесообразно рассматривать как переменные целевой функции в модели конструирования механизма координации. Модель механизма социально-экономической координации, учитывающая подобные характеристики, по сравнению с представлениями теории экономических механизмов позволит более полно проанализировать взаимозависимости между результатами основной деятельности агентов и характеристиками механизма, которым она координируется.

#### 2.4. Зависимость координации от ИКТ

Размер выгоды агентов, как результат их основной деятельности, традиционно представляется как некоторая производственная функция, аргументами которой являются различные экономические ресурсы и факторы. Результат координирующей деятельности (КД) агентов, который состоит из определения или уточнения содержания их основной деятельности, является, в том числе, функцией от характеристик ИКТ. Роль ИКТ заключается в обеспечении агентов средствами обмена, сбора, обработки и анализа информации как о деятельности других агентов, так и об условиях для их деятельности в целом. Исходя из этого, в составе КД можно выделить две основные компоненты:

- 1) коммуникации с другими агентами для получения актуальной информации об условиях для их основной деятельности; и
- 2) определение на основе этой информации содержания их основной деятельности, и ее динамическая корректировка при изменении условий.

Первая компонента КД определяется текущими возможностями технологий обмена информацией, которые задают для каждого отдельного агента три основных состояния его коммуникаций со всеми остальными потенциальными участниками основной деятельности:

- а) возможны прямые коммуникации;
- б) прямые коммуникации невозможны, но возможны косвенные; и
- в) коммуникации невозможны.

Предположим, что для каждого участника совместной деятельности (назовем его «наблюдателем») все остальные агенты в каждый данный момент времени распределены между тремя группами с перечисленными выше состояниями коммуникаций.

Наблюдатель имеет прямые коммуникации с одной группой агентов, косвенные с другой группой и не имеет коммуникаций со всеми остальными. Природные способности человека договариваться при прямых коммуникациях, наблюдать при косвенных, и использовать общие правила при отсутствии коммуникаций позволяют наблюдателю получать и использовать информацию, которая ему необходима для определения содержания своей деятельности с агентами из всех трех групп, независимо от общего количества агентов-участников. Различия в возможностях для обмена информацией с агентами из трех разных групп определяют различия в характеристиках координации совместной деятельности наблюдателя с участниками из соответствующих групп.

Стремление агентов максимизировать выгоду от основной деятельности проявляется в этом контексте как поиск Парето оптимального распределения всех участников совместной деятельности между тремя группами, различающихся состоянием коммуникаций. В результате распределения для каждого агента-наблюдателя в соответствующих группах должны находиться те агенты, размер выгоды от совместной деятельности с которыми при соответствующем способе координации не может быть увеличен без уменьшения общей величины выгоды. Дополнительной возможностью увеличения выгоды является также минимизация затрат на КД, которая рассматривается ниже.

Модель механизма координации, которая учитывает существование данных вариантов коммуникаций, позволяет объяснять различия в характеристиках координации и создает условия для объяснения с единых методологических позиций описанной в литературе разнородности проявления координации. Подобный учет влияния возможностей для коммуникаций дополняет и развивает представления о роли процессов обмена информацией, которые используются в теории экономических механизмов.

## 2.5. Вычислительные возможности агентов и интенсивность стохастики

Отмеченная выше вторая компонента КД отвечает за определение (вычисление) содержания основной деятельности агентов на основе информации, полученной от первой компоненты КД. Выполнение второй компонентой КД своих функций зависит от двух факторов:

- 1) интенсивности непредсказуемых изменений (стохастики) в условиях для деятельности агентов, т.к. такие изменения могут обесценивать информацию, используемую в процессе вычислений;
- 2) вычислительные возможности агентов, которые определяют минимально необходимое количество времени для переработки потоков поступающей информации в решения о содержании основной деятельности агентов.

Непредсказуемые изменения (фактор 1 выше) могут разрушить уже достигнутую координацию или сделать бессмысленным текущие расчеты агентами содержания своей деятельности. В такой ситуации агенты должны повторять процедуру вычисления содержания их деятельности с самого начала. Высокая интенсивность подобных стохастических событий, не позволяющая агентам при имеющихся вычислительных возможностях (фактор 2 выше) получать решение о содержании их деятельности, означает невозможность достижения координации.

Интенсивность стохастики (непредсказуемых изменений), как и вычислительные возможности агентов, в заданный момент времени являются для агентов экзогенными параметрами. Однако для достижения координации агенты могут регулировать

количество и качество информации, которую они используют для вычисления содержания основной деятельности. Упрощая информацию, используемую в ментальных моделях, агенты могут снизить необходимое для вычислений время до приемлемых величин и, таким образом, обеспечить координацию основной деятельности и получение выгоды от нее. Подробнее это рассматривается в следующем разделе.

Стремление агентов максимизировать выгоду в данном случае проявляется в поиске допустимого уровня упрощения информации. Степень упрощения в данном случае определяется двумя условиями: а) при заданном упрощении координация еще возможна, и основная деятельность приносит агентам выгоду; б) потери определенной величины выгоды за счет упрощения анализируемой информации являются минимально необходимыми, т.е. еще большее упрощение снижает выгоду, а меньшая степень упрощения не позволяет достичь координации.

Соотношение между вычислительными возможностями агентов и интенсивностью стохастичности определяет условия возможности/невозможности координации. Данное условие прямо не учитывается в теории экономических механизмов.

## 2.6. Общая постановка задачи исследования

Как уже отмечалось выше, данное исследование представляет собой попытку соединить идею Харари о воображаемом порядке, который управляет деятельностью людей, с представлениями теории экономических механизмов, которые описывают как конструировать некоторые виды экономических регулирующих механизмов. В отличие от этих двух концепций данное исследование предполагает более полный и детальный учет особенностей координации, часть из которых рассмотрена в этом разделе выше.

Координация, как и «воображаемый порядок», существует и реализуется в сознании человека (социально-экономического агента). Разнородные способы координации объединяются в сознании человека в единую систему представлений об условиях для его деятельности. Человек использует эту систему чтобы определить содержание различных видов его социально-экономической деятельности в целях получения максимальной выгоды<sup>3</sup>. В когнитивных науках подобные системы в сознании человека обозначаются понятием «ментальная модель» (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos и др., 2004; Badke-Schaub и др., 2007). Изменения в процессах координации, как и изменения воображаемого порядка, требуют единообразного изменения сознания людей, точнее, определенной синхронизации содержания ментальных моделей всех участников.

В связи с этим требует исследования функции ментальных моделей в качестве инструмента координации, а также возможности синхронного изменения ментальных моделей всех участников совместной деятельности. Важно также отметить, что сосуществование в ментальной модели человека различных способов координации означает теоретическую возможность единого методологического описания социально-экономической координации.

Требует исследования возможность разделения основной и координирующей деятельности человека. При этом основная деятельность обеспечивает получение агентами определенной ожидаемой выгоды, а координирующая связана с использованием ментальных моделей и создает условия для первой. Подобное разделение позволяет

---

<sup>3</sup> В данном случае под социально-экономической деятельностью подразумевается активность, дающая ее участникам выгоду, величина которой, в том числе, зависит от характеристик координации.

анализировать связанные с координацией факторы, которые определяют, с одной стороны, величину выгоды агентов от основной деятельности, а также – их затраты на координацию, которые уменьшают данную выгоду. В такой постановке конструирование механизма координации может быть определено как решение задачи одновременной максимизации выгоды от основной деятельности и минимизации затрат на координацию.

Конструирование механизма координации как решение оптимизационной задачи требует определить параметры соответствующей целевой функции. Исходя из рассмотренных выше характеристик механизмов координации, агенты могут максимизировать связанную с координацией выгоду за счет:

- а) развития специализации и системы разделения труда, которые становятся возможны за счет увеличения количества участников совместной деятельности;
- б) повышения полноты учета в процессе координации важных для совместной деятельности и увеличивающих выгоду от нее факторов, что является повышением качества координации;
- в) снижения затрат на координацию, если это не приводит к ухудшениям предыдущих параметров и соответствующему снижению выгоды.

Требуют исследования существующие взаимозависимости между этими тремя параметрами целевой функции задачи конструирования механизма координации. Для этого необходимо учесть влияние на эти параметры используемых агентами в процессе координации допустимых вариантов коммуникаций (прямые коммуникации, косвенные и отсутствие коммуникаций). В частности, должны быть определены характерные для каждого варианта коммуникаций границы допустимых значений параметров «а» и «в» целевой функции, а также различия в размере и способе формирования затрат агентов на координацию (параметр «с»).

Требуют анализа условия возможность или невозможность координации. В этом контексте важным ограничением являются вычислительные возможности агентов, которые определяют какой сложности задачи согласования могут решаться в их ментальных моделях, а также сколько времени агентам требуется на это. При решении задачи оптимизации для конструирования механизма координации необходимо учитывать соотношение между типичным количеством времени, которое требуется агентам для определения в некотором смысле оптимального содержания их деятельности, и интенсивностью непредсказуемых критических изменений (стохастики) в условиях для их деятельности, которые, если случаются, требуют начать решение задачи согласования заново. В этом контексте необходимо исследовать возможности ИКТ и компьютерных технологий улучшать вычислительные возможности агентов, а также существующие у агентов возможности снижения влияния стохастики на процессы координации.

Обсуждаемая в этом разделе исследовательская задача, которая должна быть решена для построения модели конструирования механизма социально-экономической координации, имеет важный методологический аспект. Существующая разнородность научных представлений о координации при том, что человек умеет системно объединять в своем сознании все способы координации, можно определить как научную проблему, которая выражается двумя исследовательскими вопросами:

- 1) Можно ли описанные в литературе разнородные способы координации рассматривать с единых методологических позиций как различные реализации общей теоретической модели социально-экономической координации?

2) Как конструировать и совершенствовать не отдельные способы координации, что в какой-те мере позволяет как теория экономических механизмов, так и некоторые другие подходы, а всю систему координации в экономике и обществе?

Рассмотрение этих вопросов в данном исследовании представляется важным как для экономической теории, так и практики. Результаты соответствующих исследований, если они будут позитивными, позволят, с одной стороны, восполнить некоторые пробелы в понимании природы социально-экономической координации и получить более полное представление о функционировании экономики и общества, а с другой – создать инструменты для проектирования и конструирования более совершенных механизмов социально-экономической координации, в том числе, с помощью их цифровой трансформации. Выработка единых методологических позиций для объяснения различных видов координации создает условия для появления общей теории социально-экономической координации. С учетом особого места, которое координация занимает в деятельности человека, а также ее важность для функционирования экономики и общества, представление разнокачественных процессов координации как частных случаев единой теоретической модели, в том числе, означает определенный пересмотр и уточнение существующей картины социально-экономического мира.

В следующих разделах рассматривается реализации данной исследовательской задачи, включая анализ фундаментальных основ социально-экономической координации, на основе которых построена концептуальная модель координации, а также предложена концепция алгоритма конструирования механизма социально-экономической координации.

### 3. Фундаментальные основы социально-экономической координации

В данном разделе более детально и полно, чем в предыдущем, рассматриваются основные свойства социально-экономической координации, включая уточнение определения что является координаций, а также описание фундаментального процесса координации, присутствующего во всех координируемых социально-экономических системах. Учет этих фундаментальных основ координации необходим для построения ее единой теоретической модели, которая будет справедлива для всех наблюдаемых проявлений координации.

В (Паринов, 2022в) было показано, что цифровизация процессов, лежащих в основе социально-экономической координации, меняет некоторые ее свойства. Поэтому в данном разделе, в том числе, обсуждается возможное изменение свойств координации под влиянием цифровизации.

Координация присуща любой деятельности людей, которая явно или неявно является совместной или коллективной. Поэтому рассматриваемые в этом разделе фундаментальные основания координации являются общими для социально-экономической деятельности в целом. Далее будем рассматривать участников такой деятельности как социально-экономических агентов, отдельно оговаривая чисто экономические случаи.

В данном исследовании рассматривается только первичная координация, объектом которой является непосредственно деятельность агентов. Первичная координация может создавать вторичную координацию между результатами деятельности агентов, которая в данном исследовании не рассматривается.

Объектом координации является только та социально-экономическая деятельность, координация которой дает участникам дополнительную выгоду от их совместной деятельности. Это требование является интуитивно очевидным, т.к. оно позволяет исключить вопросы о координации социально-экономической деятельности, выгода каждого участника которой не зависит от деятельности остальных. Данное ограничение также позволит в следующем разделе рассматривать конструирование механизмов координации как задачу максимизации выгоды от совместной деятельности агентов.

### 3.1. Определение социально-экономической координации

Возьмем за основу определение координации из работы (Паринов, 2023). В уточненном виде данное определение координации выглядит следующим образом:

*Социально-экономической координацией является взаимный учет агентами прошлой, текущей или предполагаемой деятельности других агентов.*

Это определение основано на гипотезе, что агенты в зависимости от возможностей для обмена информацией друг с другом используют данные им природой способности учитывать деятельность других агентов в следующих базовых формах (Паринов, 2023):

- на основе прямых коммуникаций вида «все со всеми» договариваться с другими агентами как действовать согласованно, а также поддерживать эти договоренности во времени;
- на основе косвенных коммуникаций принимать решение о своей деятельности на основе наблюдений за деятельностью других агентов, что описано в литературе как способность к стигмергии<sup>4</sup>;
- при отсутствии коммуникаций действовать на основе общих для всех правил поведения, включая заранее определенные роли, традиции или привычки (рутины).

### 3.2. Ментальная модель агента как инструмент координации

Сознание агента выполняет функцию учета деятельности других агентов. Будем, как это принято в когнитивных науках, называть соответствующую часть сознания агента ментальной моделью. «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).

Ментальная модель как научная метафора является достаточно разработанной в различных научных дисциплинах (Johnson-Laird, 1980; Mantzavinos и др., 2004; Badke-Schaub и др., 2007). В частности, предложены математические описания ментальных моделей для компьютерного анализа социально-экономических систем (Fan и Yen, 2007; Stuit и др., 2007; Sayama и др., 2011). См. обзор в (Паринов, 2020, с. 6–11). Данные результаты в целом создают хорошую основу для использования метафоры ментальной модели агентов в данном исследовании как на концептуальном уровне, так в составе будущих математических моделей процессов экономической координации.

Ментальная модель агента обладает определенными вычислительными возможностями, которые включают в себя методы обработки данных, аналитики, построения прогнозов и т.п. Вычислительные возможности ментальной модели позволяют агенту на основе анализа имеющейся информации определять наилучшие варианты своей основной

<sup>4</sup> См. описание стигмергии в (Elliott, 2006; Marsh and Onof, 2008; Elliott, 2016; Heylighen, 2016).

деятельность с учетом деятельности других агентов. Учет в ментальной модели агента деятельности других агентов состоит из обработки информации, получаемой из общей среды, а также ментальное проигрывание различных вариантов его деятельности в целях определения наилучшего (в определенном смысле и в текущих условиях) содержания его собственной деятельности.

Гурвиц и Райтер пишут: «Мы считаем, что стоимость наблюдения является возрастающей функцией точности, с которой необходимо наблюдать за окружающей средой, и мы считаем, что стоимость коммуникации является возрастающей функцией размера сообщений, которые должны быть обработаны участниками.» (Hurwicz, & Reiter, 2006, с. 22). С учетом этих отмеченных факторов естественно предположить, что возможности ментальных моделей заведомо ограничены. Они не позволяют обрабатывать большое количество информации, объемы которой резко возрастают, если агент ведет деятельность с большим количеством участников. Ментальные модели агентов, обычно, не справляются с анализом сложных взаимозависимостей, которые могут возникать между деятельностями большого количества разных агентов.

Развитие ИКТ в последние десятилетия породило новый тренд: комплексная цифровизация социально-экономических процессов, включая цифровую трансформацию способов использования ментальных моделей (Паринов, 2022в). Это означает появление возможностей для использования агентами внешних по отношению к их сознанию аналитических и вычислительных ресурсов современных компьютерных технологий в целях более полного учета деятельности других агентов. Цифровизация является потенциальным источником улучшения вычислительных возможностей ментальных моделей.

### 3.3. Влияние характера коммуникаций на координацию

В общем случае агенты получают в свои ментальные модели информацию, необходимую для учета деятельности других агентов, одновременно двумя способами: 1) напрямую от других агентов, т.е. через прямые коммуникации; 2) наблюдением за изменениями в общей среде, т.е. через косвенные коммуникации. Для случая, когда между агентами коммуникации полностью отсутствуют, означающий что у агентов отсутствует актуальная информация для учета деятельности других агентов, ментальные модели агентов могут принимать решения на основе имеющихся у агентов предположений о деятельности других агентов. Например, на основе предположений, что другие агенты при отсутствии коммуникаций действуют на основе общих правил.

Ментальная модель агента для приведенных выше трех способов получения информации работает в качестве инструмента координации следующим образом:

1. В случае прямых коммуникаций агенты могут в реальном времени обмениваться информацией о своих возможностях и намерениях для их совместной деятельности. Координация, как учет возможностей и намерений агентов, включает анализ каждым агентом информации о том, что он может дать и что он хочет от других агентов по отношению к их совместной деятельности. Прямой обмен информацией между агентами позволяет им поддерживать в ментальных моделях друг друга свои актуальные информационные образы. Это приводит к синхронизации содержания определенной части ментальных моделей участников.

Такая синхронизация содержания 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). В результате синхронизации содержания индивидуальных ментальных моделей агентов в их сознании формируется в определенной степени коллективная ментальная модель. Коллективная ментальная модель используется агентами для совместного проигрывания возможных вариантов деятельности и коллективного выбора наилучшего решения о содержании деятельности каждого. Как отмечается, «главный эффект существования коллективных ментальных моделей ... состоит в координации индивидуальных деятельностей на поведенческом уровне» (Mantzavinos и др., 2004).

2. В случае косвенных коммуникаций каждый агент индивидуально актуализирует содержание своей ментальной модели в процессе наблюдения за изменениями в общей среде, включающей следы деятельности других агентов. Используя свои индивидуальные ментальные модели, агенты самостоятельно определяют содержание своей деятельности и реализуют ее. Следы деятельности агентов остаются в общей среде и отражаются в ментальных моделях друг друга. Методом проб и ошибок агенты на основе косвенных коммуникаций находят такое содержание своей деятельности, которое наилучшим образом соответствует ожиданиям (спросу) других агентов. Именно так работает «стигмергия» (Elliott, 2006; Marsh and Onof, 2008; Elliott, 2016; Heylighen, 2016).

Цифровизация и виртуализация общей среды, посредством которой агенты осуществляют косвенные коммуникации, с одной стороны, упрощает для агентов процессы отслеживания происходящих изменений, которые им требуется учесть при выборе содержания своей деятельности. С другой – в виртуальной среде в сравнении с традиционной агенты могут существенно более полно, точно и своевременно выражать изменения в своих возможностях и намерениях, которые должны быть учтены другими участниками. Как уже отмечалось, развитие ИКТ меняет характер коммуникаций агентов, сближая характеристики прямых и косвенных коммуникаций. Как следствие, это уменьшает различия в функционировании ментальных моделей для этих двух вариантов коммуникаций.

3. При отсутствии коммуникаций агенты выбирают из хранящихся в ментальных моделях общих правил те, которые наиболее подходят для выполнения текущего вида деятельности. При этом агент использует раздел ментальной модели, который собирает, хранит и обновляет общие правила, применимые к его деятельности. Соблюдение участниками общих правил порождает определенную координацию деятельности.

При цифровизации ментальной модели и виртуализации коммуникаций общие правила могут, при необходимости, обновляться с более высокой частотой и агенты могут достаточно оперативно переходить на использование новых правил. Точность выполнения агентами общих правил, если действия агентов происходят в виртуальной общей среде, может контролироваться компьютерными алгоритмами и цифровыми интерфейсами. В результате подобных изменений координация на основе общих правил может превратиться из самого консервативного метода в достаточно гибкий и эффективный, позволяя агентам динамически реагировать на изменения в условиях для совместной деятельности с минимальными затратами. В этом случае свойства координации на основе общих правил в какой-то степени приближаются к свойствам координации на основе прямых или косвенных коммуникаций.

Эти три способа работы ментальных моделей в качестве инструмента координации позволяют агентам достигать координации основной деятельности следующим образом:

- За счет прямых и/или косвенных коммуникаций агент получает из общей среды и от других агентов информацию, которая формирует и актуализирует в его сознании ментальную модель существующих и ожидаемых условий для его деятельности;
- Используя эту ментальную модель, агент анализирует и мысленно проигрывает возможные варианты своей деятельности. В зависимости от характера коммуникаций этот анализ может быть коллективным или индивидуальным. По результатам этого анализа агент принимает решение о содержании своей деятельности, которая учитывает деятельность других агентов в следующих вариантах:
  - как результат прямого договора между ними «кто делает что»;
  - как результат наблюдений и анализа полученной информации о прошлой деятельности других агентов, или о следах этой деятельности, оставленными агентами в общей среде (стигмергия);
  - как результат предположения, что все другие агенты действуют согласно установленным общим правилам.

В ментальной модели агента эти разнокачественные способы коммуникаций и учета деятельности других агентов являются частью единой системы принятия решения о содержании основной деятельности агента.

Цифровизация коммуникаций существенно меняет зависимость характеристик координации от того, какой вариант коммуникаций агенты используют. Прямые и косвенные цифровые коммуникации происходят в одной и тоже виртуальной среде и на основе похожих программных технологий. В виртуальной среде основное отличие прямых коммуникаций в том, что они являются адресными, а косвенные нет. Однако и косвенные коммуникации с помощью, например, программных средств автоматического отслеживания появления информации, соответствующей профилю интересов агента, могут функционально быть очень похожими на прямые коммуникации. Общие правила, которые используются агентами при отсутствии коммуникаций, в цифровой среде могут достаточно легко меняться агентами, динамически подстраиваясь под изменение условий в их деятельности, и практически мгновенно становятся известны всем участникам, независимо от их количества.

#### 3.4. Координирующая деятельность и базовые формы координации

Использование агентами ментальных моделей для определения содержания своей основной деятельности в данном исследовании интерпретируется как выполнение ими некоторой координирующей деятельности (КД). С помощью КД, содержание которой зависит от используемых агентами возможностей для коммуникаций с другими агентами, агенты учитывают основную деятельность других агентов, что приводит к возникновению между всеми агентами координации их основной деятельности.

Определим рассмотренные выше три варианта использования агентами их ментальных моделей как базовые формы социально-экономической координации:

- 1) Договорная форма координации, которая возможна, если агенты имеют прямые коммуникации типа «все со всеми». В этом случае КД проявляется как взаимное согласование агентами на базе коллективной ментальной модели их совместной деятельности при условии, что по итогам согласования все участники самостоятельно принимают решение о содержании своей деятельности;
- 2) Стигмергия, если между агентами возможны только косвенные коммуникации. При данной форме координации КД означает самостоятельное принятие агентами

решений о содержании своей деятельности на основе наблюдения за деятельностью друг друга;

- 3) Общие правила, если между агентами отсутствуют любые коммуникации. Эта форма предполагает КД по выбору релевантных общих правил, в соответствии с которыми агенты определяют содержание своей основной деятельности.

Обсуждение некоторых общих вопросов, связанных с базовыми формами координации, вынесено в дополнительный материал #1<sup>5</sup>. В частности, в этом материале рассмотрено: а) как общая среда и имеющиеся в этой среде у агентов возможности для коммуникаций влияют на координирующую деятельность (поведение); б) почему можно выделить только три формы координирующей деятельности (поведения) и почему эти три формы являются базовыми; в) какие количественные и качественные характеристики имеют базовые формы координирующей деятельности (поведения).

Целью агентов в выполнении КД является получение ими (с учетом их затрат на КД) большей выгоды от их основной деятельности. Однако если координация не обеспечивает использования важных для совместной деятельности факторов или возможностей агентов, то выгода агентов от основной деятельности может оказаться меньше, чем могла бы быть. Очевидно, что существует прямая связь между характеристиками КД и размером выгоды агентов от их основной деятельности.

Стремление агентов к получению максимальной выгоды от их совместной деятельности, известное в теории рационального выбора как максимизирующее поведение агентов, мотивирует их к поиску одной наиболее подходящей, или комбинации из базовых форм координации, которые при прочих равных условиях позволяют получить от их основной деятельности более высокую выгоду или осуществлять координацию с меньшими затратами.

Будем называть способами или механизмами координации, найденные агентами методом проб и ошибок, отдельные базовые формы координации или их комбинации, которые дают агентам наибольшую выгоду от их деятельности и поэтому используются на постоянной основе. Примеры представления наблюдаемых разнокачественных процессов координации (рынок, иерархия и сеть) в виде комбинаций базовых форм приведены в (Паринов, 2023).

### 3.5. Фундаментальный процесс координации

Понятие базовых форм координации как трех вариантов использования ментальных моделей для трех вариантов коммуникаций, позволяет определить фундаментальный процесс координации, который присутствует в каждой базовой форме, в каждом образующем из базовых форм способе или механизме координации, а также в координируемой социально-экономической системе:

*Фундаментальный процесс координации заключается в превращении индивидуальных ментальных моделей агентов, на основе которых они определяют содержание своей основной деятельности, в коллективные ментальные модели.*

Каждый агент, используя первые две базовые формы координации (договорная и стигмергия), формирует и регулярно актуализирует на основе соответствующих коммуникаций содержание своей ментальной модели. При использовании третьей базовой

<sup>5</sup> Дополнительный материал #1 - [https://drive.google.com/file/d/1NLmMDVjv9MRS62XOZoOqLtSqAicauL\\_f/](https://drive.google.com/file/d/1NLmMDVjv9MRS62XOZoOqLtSqAicauL_f/)

формы (общие правила) из-за отсутствия коммуникаций актуализация содержания ментальной модели не происходит. В этом случае агент использует в ментальной модели предположения о деятельности других агентов. Во всех трех случаях ментальная модель агента приобретает характер коллективной модели, т.к. в его индивидуальной ментальной модели информационные образы других агентов формируются и обновляются либо на основе поступающей информации, либо на основе предположений об их деятельности и/или намерениях.

Данный фундаментальный процесс координации позволяет агентам учитывать при определении содержания своей деятельности возможности и намерения всех других агентов. Подобный взаимный учет агентами деятельности друг друга создает эффект координации их совместной деятельности. Результаты фундаментального процесса координации могут проявляться, т.е. становятся наблюдаемыми, в разных формах, что зависит от характера наиболее заметной в его составе базовой формы координации.

Рассмотрим примеры проявления фундаментального процесса координации в наиболее известных способах экономической координации: рынок, иерархия и сеть.

**Рынок.** Фундаментальный процесс координации, который превращает индивидуальные ментальные модели агентов в коллективные, в случае рыночной координации проявляется следующим образом: агенты наблюдают за деятельностью других агентов в общей среде и регулярность этих наблюдений придает ментальным моделям агентов характер коллективных, т.к. обеспечивает актуализацию в ментальных моделях рыночных информационных образов друг друга.

**Иерархия.** Для иерархической координации, которая основана на использовании договорной базовой формы координации (Паринов, 2023), фундаментальный процесс реализуется в зависимости от роли агента «исполнитель» или «руководитель». В наиболее простом случае агент-исполнитель имеет прямые коммуникации только с его руководителем. Ментальная модель обоих становится коллективной в результате появления в ней информационных образов друг друга. Кроме этого, руководитель может иметь прямые коммуникации с несколькими другими исполнителями. Тогда ментальная модель руководителя является коллективной со всеми его исполнителями и, таким образом, через ментальную модель руководителя ментальные модели исполнителей также становятся в определенной степени связанными.

**Сеть.** Фундаментальный процесс в сетевом способе координации проявляется наиболее заметно, т.к. этот способ основан на прямых коммуникациях типа «все со всеми» между участниками совместной деятельности. Такой режим обмена информации обеспечивает постоянную актуализацию информационных образов агентов в ментальных моделях друг друга и придает этим моделям характер коллективных.

### 3.5. Условия возможности координации

Ранее введенное предположение, что координация повышает выгоду каждого участника совместной деятельности, создает мотивации агентов к КД и к поддержанию координации. Однако наличие у агентов стремления к координации не гарантирует возникновение координации. Для этого требуется выполнение некоторых дополнительных условий как одномоментно, так и в динамике:

- a) Для возникновения координации ментальная модель агента должна получать актуальную и достаточно полную информацию об участниках и условиях совместной деятельности;
- b) Если выполнено «а», то вычислительные возможности ментальной модели агента должны быть достаточны для определения содержания его деятельности, которое позволит ему получить дополнительную выгоду и покрыть расходы на КД;
- c) Если выполнено «b», то вычислительные возможности ментальной модели агента должны позволять ему определять содержание его деятельности быстрее, чем непредсказуемые возмущения в условиях совместной деятельности нарушат выполнение «а».

Условия «а» - «b» являются достаточно очевидными. Из них следует, что координация невозможна, если у участников совместной деятельности отсутствуют необходимые характеристики коллективной ментальной модели. Условие «с» является более сложным, поэтому рассмотрим его подробнее.

На способности агентов координировать свою деятельность влияет стохастическая природа общей среды и самих агентов. В условиях для совместной деятельности, включая состояния самих агентов, с определенной частотой происходят непредсказуемые изменения (возмущения). В этих условиях для возникновения и поддержания координации критичным является соотношение между вычислительными возможностями агентов и интенсивностью потока возмущений. Вычислительные возможности определяют количество времени, которое требуется агентам для анализа входного потока информации и принятия решения о содержании своей деятельности в ментальных моделях. Среди всех возможных возмущений для поддержания координации критичными являются возмущения в условиях для совместной деятельности, которые обесценивают уже достигнутую агентами координацию и требуют выполнить координацию заново (Паринов, 2020 с. 15–17). Далее будем рассматривать только критичные возмущения.

Таким образом, координация возможна, если временной интервал между критичными возмущениями - больше количества времени, которое требуется агентам для решения задачи согласования. Для возникновения координации агентам требуется достигать согласованного состояния быстрее, чем наступает следующее критичное возмущение, которое потребует заново согласовать деятельность.

Координация невозможна, если непредсказуемые изменения в общей среде обесценивают содержание ментальных моделей участников деятельности быстрее, чем агенты, используя имеющиеся у них вычислительные возможности, успевают принять решение о содержании своей деятельности, а также получить выгоду от деятельности.

Экономический характер совместной деятельности, который учитывает выгоду от деятельности в сравнении с затратами на нее, добавляет некоторые дополнительные условия. Длительность согласованной деятельности, которая определяется временным интервалом с момента ее начала и до момента ее прерывания критическим возмущением, должна быть достаточной, чтобы полученные за это время выгоды от совместной деятельности превысили затраты на нее. Иначе, координация деятельности не имеет экономического смысла.

Среди случаев, когда координация возможна, можно выделить ситуации, когда КД является успешной. Для этого необходимо длительное превышение выгоды от совместной скоординированной деятельности агентов над расходами, которые включают как расходы

на координацию, так и на основную деятельность<sup>6</sup>. Для экономической деятельности успешность КД означает устойчивое превышение доходов от основной деятельности над суммарными расходами. Для неэкономической деятельности это – устойчивое приближение агентов в процессе их совместной деятельности к поставленным целям, несмотря на случающиеся возмущения, нарушающие ее согласование. См. примеры в (Паринов, 2021, с. 20).

### 3.6. Свойства базовых форм координации

Рассмотрим успешность координации для каждой из базовых форм в зависимости от двух характеристик: а) максимально возможное количество участников основной деятельности; и б) максимально возможное качество координации, измеряемое полнотой учета возможностей и намерений агентов в их совместной деятельности.

Если для некоторого вида основной деятельности агенты получают дополнительную выгоду от развития специализации и разделения труда, то увеличение количества участников совместной деятельности является одним из ключевых факторов повышения выгоды агентов от их совместной деятельности. Экономическая деятельность как раз является таким видом. В экономике агенты получают дополнительную выгоду от увеличения количества участников, т.к. это позволяет развивать специализацию и разделение труда. Для использования этого фактора увеличения выгоды при конструировании механизма координации необходимо знать характеристику каждой базовой формы координации: ее верхний допустимый порог в количестве участников, при котором возможна успешная координация.

Вторая характеристика - качество координации - в данном исследовании рассматривается как полнота координации, которое может обеспечить соответствующая форма. В литературе также встречается определение качества координации как «цена анархии», которая измеряет, насколько эффективность системы деградирует из-за эгоистического поведения её агентов (Christodoulou, и др., 2009). В контексте данного исследования понятие «полнота координации» является более адекватной характеристикой качества координации, т.к. она связана со свойствами ментальных моделей агентов и измеряет степень учета возможностей и намерений участников процессе координации в их совместной деятельности. В процессе координации по разным причинам агенты могут не полностью учитывать (или не учитывать вообще) разные важные факторы. Такая ситуация означает существование возможной упущенной выгоды. Упущенная выгода возникает из-за недополучения участниками совместной деятельности выгоды по сравнению с ее возможными значениями, если бы информация о возможностях и намерениях агентов была учтена в ментальных моделях агентов полностью. Например, чем меньше в процессе координации учитываются полезные для совместной деятельности возможности ее участников, тем в меньшей степени используется потенциал агентов для увеличения выгоды, и наоборот.

Рассмотрим эти две характеристики, определяющие успешность координации, совместно. Увеличение количества участников повышает вероятность получения агентами дополнительной выгоды за счет развития системы разделения труда. Повышение полноты координации означает повышение вероятности получения участниками дополнительной выгоды от более полного использования в совместной деятельности их индивидуальных потенциалов. Подробный анализ взаимосвязей между выгодой от координации и этими

<sup>6</sup> Для сравнения, в (Weigand, и др., 2003) успешной считается координация, когда удовлетворены ее участники

характеристиками вынесен в дополнительный материал #2<sup>7</sup>. Анализ показал, что три базовые формы координации обладают следующими свойствами:

- договорная форма позволяет достигать высокой полноты координации и получать за счет этого дополнительную выгоду, но для небольшого количества (малой группы) участников совместной деятельности;
- стигмергия позволяет с меньшей полнотой и с появлением в результате этого у агентов упущенной выгоды координировать совместную деятельность существенно большего, чем договорная форма, но ограниченного количества участников совместной деятельности;
- форма, основанная на общих правилах, имеет самую низкую полноту координации и, соответственно, самый большой размер упущенной выгоды, но количество участников не ограничено.

При прочих равных условиях свойства этих базовых форм взаимодополняют друг друга. Одни базовые формы позволяют координировать неограниченное количество агентов (общие правила), а другие (договорная форма) – достигать максимальную полноту координации. Присущее социально-экономическим агентам максимизирующее поведение заставляет агентов искать комбинации базовых форм координации и их настроек, которые позволят им получить суммарно максимально возможный выигрыш от совместной деятельности как за счет увеличения участников, так за счет повышения полноты координации. Относительно некоторого заданного агента каждая из базовых форм координации дает агенту возможность учитывать деятельность разных групп агентов с разным уровнем полноты координации. Действуя вместе эти три базовые формы позволяют агенту координировать его деятельность со всеми существующими агентами, независимо от их количества.

Использование агентами перечисленных базовых форм координации подразумевает разный уровень затрат агентов на координирующую деятельность. Гурвиц и Райтер писали: «... при оценке механизмов не следует избегать рассмотрения реальных затрат на создание, эксплуатацию и поддержание институтов, необходимых для существования и функционирования этих механизмов» (Hurwicz, & Reiter, 2006, с. 15).

В этом исследовании затраты агентов, связанные с использованием базовых форм координации, измеряются по степени использования коммуникаций. Очевидно, что самой низкозатратной базовой формой является использование общих правил, т.к. коммуникации здесь отсутствуют, а агентам достаточно знать правила и следовать им. Базовой формой с самыми высокими затратами является договорная, т.к. в этом случае от агентов требуется поддерживать прямой постоянный информационный обмен по типу «все со всеми». Использование стигмергии характеризуется средними затратами, т.к. традиционно косвенные коммуникации требуют от агентов существенно меньше усилий, чем прямые.

Следовательно, способом снижения затрат на координацию при прочих равных условиях является использование в механизме координации менее затратных базовых форм. При конструировании механизма координации выполнение этого правила означает: везде, где можно использовать форму «общие правила», затем стигмергию, и в последнюю очередь – договорную форму.

<sup>7</sup> Дополнительный материал #2 - <https://drive.google.com/file/d/134-1UnOH9s5-bDMCbvAtz1WPhMNFyyaa/>

### 3.7. Настройки базовых форм координации

Базовые формы координации допускают определенные настройки, которые позволяют использовать базовые формы в разных режимах в зависимости от вида координируемой основной деятельности и условий для ее осуществления.

Настройками договорной формы являются:

- выбор средств для прямых коммуникаций, например, использование визуально-речевых коммуникаций, или коммуникаций в виртуальной среде, и др.;
- способ организации коллективной ментальной модели, например делегирование прав от исполнителей к руководителям принимать решение о содержании деятельности и создание таким образом иерархического способа координации (см. доп. материал #2<sup>8</sup>);
- поддержка ментальной модели в сознании каждого агента, или создание отчужденной от сознания агентов виртуальной версии коллективной модели; и т.п.;
- определение особых условий, при которых данная форма применяется агентами, например, агенты определяют, что они используют договорную форму координации только при существенном повышении интенсивности возмущений, или при возникновении ситуаций, когда требуется максимально возможная полнота координации, и т.п.

К настройкам стигмергии относится специальная организация общей среды, например создание сигнальной системы, особых меток и других приспособлений, снижающих затраты на косвенные коммуникации и/или повышающие информативность косвенных коммуникаций, а также особые условия применения этой формы.

Настройками формы, основанной на общих правилах, являются способы обновления правил и доведения информации об измененных правилах до агентов, а также условия применения данной формы.

Более полное описание возможных настроек базовых форм координации, представленное в виде общей схемы координирующей деятельности, см. в (Паринов, 2021, сс. 13–19).

## 4. Концептуальная модель координации

Построим вербальную версию концептуальной модели координации, описывающей множество понятий и связей между ними, а также определяющей смысловую структуру и отдельные элементы координирующей деятельности агентов. Целью создания концептуальной модели координации является системное представление фундаментальных принципов координации, основанных на них правил конструирования механизмов координации, а также описание основных функциональных возможностей модели. Вербальная версия такой концептуальной модели является основой для построения в будущем математических моделей социально-экономической координации.

### 4.1. Модель конструирования механизмов координации

---

<sup>8</sup> там же

В этом разделе обсуждаются отношения между концепциями, а не математическими величинами. Поэтому при обсуждении отношений между концепциями не рассматриваются вопросы важные для математического моделирования. Например, не рассматриваются вопросы совпадения единиц измерения сравниваемых понятий и т.п.

#### 4.1.1. Целевые функции

Агенты конструируют механизмы координации, чтобы с их помощью получать от основной деятельности больше выгоды. Выше было рассмотрено, что координация позволяет получать дополнительную выгоду от экономической деятельности за счет:

1. Увеличения количества участников совместной деятельности. Это означает получение агентами дополнительной выгоды от вовлечения в совместную деятельность как можно больше участников за счет углубления специализации и развития системы разделения труда (СРТ).

2. Повышения качества координации, что в данном исследовании рассматривается как стремление агентов к наиболее полному использованию своего потенциала и полной самореализации в совместной деятельности. Этот способ увеличения выгоды связан с полной координации, повышение которой является индивидуальным желанием каждого агента максимально полно использовать для получения выгоды свои возможности и намерения. Чем полнее в процессе координирующей деятельности учитываются возможности и намерения агентов в их совместной деятельности друг с другом, тем выше вероятность получения за счет этого каждым из них дополнительной выгоды.

Будем рассматривать эти два способа повышения выгоды как две целевые функции для концептуального описания задачи создания в определенном смысле оптимального механизма координации.

#### 4.1.2. Сложность задачи согласования

Введем понятие сложности для задачи согласования, которая решается агентом в ментальной модели в целях определения оптимального содержания его основной деятельности. Чем выше сложность задачи согласования, тем более высокие вычислительные возможности требуются агенту для ее решения в условную единицу времени. Имеющиеся у агентов вычислительные возможности ограничивают сложность задач согласования, при решении которых может быть достигнута успешная координация.

Определим сложность задачи согласования как функцию от следующих переменных:

- а) количество участников основной координируемой деятельности;
- б) полнота координации, которая зависит от точности/подробности информационных образов агентов в ментальных моделях участников деятельности;
- в) интенсивность возмущений в условиях для совместной деятельности.

Увеличение значений любой из этих переменных ведет к росту сложности задачи согласования.

#### 4.1.3. Оптимизация конфликтующих целевых функций

Предполагаем, что агенты стремятся одновременно использовать все имеющиеся у них способы повышения выгоды. Однако целевые функции, соответствующие этим способам, конфликтуют друг с другом. Например, стремление агентов к расширению масштабов

деятельности означает, при прочих равных условиях, рост сложности задачи согласования из-за увеличения количества ее участников и соответствующего увеличения количества информации, которую требуется анализировать. При ограниченных вычислительных возможностях ментальных моделей агентов, начиная с достижения некоторого количества участников, дальнейший рост количества участников и увеличение сложности задачи согласования начинает превышать имеющиеся у агентов вычислительные возможности.

Интуитивно понятно, что быстрое наращивание вычислительных возможностей является для агентов достаточно сложной и затратной задачей. Однако есть более простой способ: агенты могут менять и подстраивать сложность задачи согласования под имеющиеся у них вычислительные возможности. Например, за счет снижения точности/подробности информационных образов агентов, т.е. снижением полноты координации. При увеличении количества участников сохранение сложности задачи согласования на уровне, который соответствует вычислительным возможностям, возможно за счет уменьшения полноты координации, и наоборот. Таким образом, сложность задачи согласования может поддерживаться на требуемом уровне.

При выборе значений переменных целевых функций агентам необходимо следить за поддержанием сложности задачи согласования на уровне, не превышающем их вычислительные возможности, т.к. это является условием получения выгоды от основной деятельности как таковой. Данное условие задает ограничение на область выбора переменных целевой функции. При выполнении этих ограничений получение максимальной выгоды за счет координации может быть достигнуто подбором значений переменных «количество участников» и «полнота координации». Таким образом, задача конструирования механизма координации представляет собой одновременную оптимизацию двух конфликтующих целевых функций в общей области определения переменных.

#### 4.1.4. Область определения переменных и базовые формы координации

Значениями целевой функции задачи конструирования механизма координации является величина выгоды  $Y$  от деятельности агентов. Выгода  $Y$  возникает в результате основной деятельности, которая становится возможной благодаря координирующей деятельности агентов. Координирующая деятельность осуществляется агентами на основе базовых форм координации в рамках ограничений, рассмотренных выше.

Поскольку производственная функция основной деятельности, описывающая как именно агенты создают выгоду, в данном исследовании не рассматривается, то для упрощения примем предположение, что величина выгоды  $Y$  является некоторой заданной функцией от двух переменных: 1) количество участников основной деятельности ( $N$ ); и 2) степень полноты координации ( $P$ ) участников основной деятельности. Выше было отмечено, что между значениями переменных  $N$  и  $P$  есть зависимость, которая определяет их область определения: из множества пар значений  $N$  и  $P$  допустимы только те, при которых величина выгоды  $Y$  больше нуля, т.е. в этом случае координация является успешной.

С учетом этого упрощения выгода  $Y$  определяется характеристиками базовой формы координации  $BF_i$ , которая используется агентами для координации. Характеристики базовой формы определяют допустимые значения количества участников  $N$ , качества координации  $P$ , и создаваемой выгоды  $Y$ . Как установлено выше каждая базовая форма координации  $BF_i$ , где  $i$  – номер базовой формы координации, имеет свои верхние допустимые границы для количества участников и полноты координации ( $\bar{N}_i$  и  $\bar{P}_i$ ). Базовая форма  $BF_i$  применяется для координации определенного количества участников

$N_i \leq \bar{N}_i$ , обеспечивает некоторый уровень полноты координации  $P_i \leq \bar{P}_i$  и позволяет получить выгоду  $Y_i \leq \bar{Y}_i$ . Фактические величины  $N_i$  и  $P_i$  определяют фактический размер выгоды  $Y_i$ .

Для каждой  $BF_i$  область определения переменных  $N_i$  и  $P_i$  задается условием, что сложность задачи согласования  $CC_i$  соответствует вычислительным возможностям  $CP$  агентов. Для простоты примем, что вычислительные возможности  $CP$  во всех случаях и у всех агентов одинаковые.

#### 4.1.5. Виды основной деятельности агентов

Использование базовых форм координации зависит от особенностей основной социально-экономической деятельности. Например, особенностью экономической деятельности является то, что она состоит из четырех относительно независимых этапов: производство, распределение, обмен и потребление. Каждый из которых, с точки зрения координации, имеет определенную специфику и поэтому требует особого механизма координации (Паринов, 2023). Далее будем рассматривать следующие важные особенности социально-экономической деятельности, которые иллюстрируются примерами из экономической деятельности агентов:

1. Деятельность требует максимально большого количества участников. Например, участники производства товаров в экономике выигрывают от развития специализации и расширения системы разделения труда за счет включения в эту деятельность всех существующих участников глобальной экономики.
2. Деятельность требует максимально полной координации. Например, осуществление деятельности в экстремальных условиях и динамично меняющейся среде. В ответ на интенсивный поток возмущений от участников требуется использовать все свои возможности, чтобы оперативно находить оптимальные решения «кто делает что и в какой последовательности» и, таким образом, поддерживать деятельность в скоординированном состоянии и получать от нее выгоду.
3. Деятельность требует одновременного выполнения предыдущих случаев 1 и 2. Например, распределение и обмен благ в экономике. Будем рассматривать эти оба вида деятельности как процесс обмена, т.к. процессы распределения в экономике представляют собой обмен созданных благ на деньги, а процессы обмена - обмен денег на требуемые блага. Процессы обмена в экономике, с одной стороны, требуют участия всех действующих лиц в экономике, т.к. это обеспечивает использование выгод, создаваемых системой разделения труда в целом. С другой стороны, процессы обмена в традиционном виде требуют переговоров (торга) между продавцами и покупателями, по результатам которого устанавливаются цены. Интересы участников в таком торге должны быть представлены максимально полно, что эквивалентно требованию максимально полной координации для данного вида деятельности. Таким образом, деятельность по обмен благ в экономике является примером одновременного выполнения случаев 1 и 2. Иначе высока вероятность, что агенты не получают максимальную выгоду от обменной деятельности.

#### 4.1.6. Алгоритм конструирования механизма координации

Определим механизм координации как набор базовых форм координации и их настроек, которые позволяют получить максимальную выгоду от основной деятельности некоторого заданного вида. Используемые в конструкции механизма координации базовые формы определяют верхний предел для значений  $\bar{N}$ ,  $\bar{P}$  и  $\bar{Y}$ . Таким образом, задача

конструирования механизма координации состоит в выборе одной или нескольких базовых форм, которые в сочетании дают агентам максимальный  $\bar{Y}$  для заданного вида основной деятельности агентов.

Для существующих механизмов координации агенты подобрали оптимальный набор базовых форм координации методом проб и ошибок (Паринов, 2023). В общем случае задача выбора оптимального набора базовых форм начинается с определения первой подходящей базовой формы координации: для значений переменных  $N_i$  и  $P_i$ , заданных видом основной деятельности, выбирается базовая форма  $BF_i$ , сложность задачи согласования  $CC_i$  которой соответствует вычислительным возможностям  $CP$  агентов. Если несколько базовых форм удовлетворяют ограничению на  $CC_i$ , то выбирается та из них, которая дает максимальную выгоду  $\max Y_i(N_i, P_i)$ .

Данное начальное правило определения оптимальной конструкции механизма координации имеет некоторые дополнения:

- Координирующая деятельность связана с определенными затратами  $C$  агентов. В самом простом случае эти затраты можно измерить количеством времени, которое агенты тратят на координирующую деятельность. Чем больше затраты времени агента на координирующую деятельность, тем меньше остается времени, которое агент может потратить на основную деятельность, создающую выгоду  $Y$ . Поэтому одним из способов повышения величины выгоды  $Y$  является снижение затрат агентов  $C$  на координирующую деятельность.
- Использование выбранной на начальном этапе базовой формы координации может означать для агентов появление упущенной выгоды. Следовательно, еще одним способом повышения величины выгоды  $Y$  является поиск агентами возможностей для использования упущенной выгоды, если она возникает.

В зависимости от вида основной деятельности, который устанавливает требования к максимальным верхним границам количества участников  $\bar{N}$  и полноты координации  $\bar{P}$ , определение максимальной верхней границы выгоды  $\bar{Y}$  возможно с помощью следующего алгоритма, представляющего конструирование механизма координации в три последовательных этапа:

1. Для заданного вида основной деятельности, определяющего значений переменных  $N$  и  $P$ , поиск базовой формы координации  $BF_i$  и ее настроек, удовлетворяющей  $N \leq \bar{N}_i$ , и  $P \leq \bar{P}_i$  и дающей максимальное значение  $\bar{Y}$ . См. пример 1 в следующем разделе.
2. Снижение затрат на координацию частичной и временной заменой формы, выбранной на этапе 1, на менее затратные, если это дает итоговый рост  $Y$ . Это достигается использованием совместно с выбранной на этапе 1 базовой формой координации менее затратных базовых форм и их определенных настроек. В этом случае механизм координации создается как последовательная комбинация нескольких разных базовых форм координации, как минимум одна из которых является более затратной, чем другие. См. пример 2 в следующем разделе. Данный этап конструирования является не обязательным, т.к. для заданного вида основной деятельности может не существовать вариантов менее затратных форм, которые дадут рост выгоды  $Y$ .
3. Повышение полноты координации за счет использования параллельно с уже созданным на этапах 1 или 2 основным механизмом координации дополнительных механизмов координации, если основная координация является неполной. Неполная координация создает упущенную возможность получения агентами более высокой выгоды от их

деятельности. Создание дополнительных механизмов координации, которые используются параллельно с основным, осуществляется по алгоритму, соответствующему этапам 1 и 2. См. пример 3 в следующем разделе. Данный этап конструирования не является обязательным, т.к. для основного механизма координации может не существовать дополнительных механизмов, которые дают рост суммарной выгоды  $Y$ .

Таким образом, при конструировании механизма координации, который максимизирует выгоду для заданного вида основной деятельности, определяются:

- наиболее подходящая базовая форма координации и ее настройки, максимизирующие выгоду агентов от координируемой деятельности;
- оптимальное дополнение основной базовой формы другими менее затратными базовыми формами, для создания их последовательной комбинации, минимизирующей затраты агентов на координацию;
- оптимальный набор параллельных механизмов координации, которые максимизируют полноту учета возможностей и намерений агентов по отношению к их совместной деятельности в результате чего агенты получают дополнительную выгоду.

Предложенный алгоритм конструирования оптимальной системы из механизмов координации обеспечивает формирование комбинации базовых форм, которые дают для заданного вида основной деятельности максимальную выгоду и обеспечивают:

- выполнение требований к максимальному количеству участников и полноте координации, задаваемых видом основной деятельности;
- выполнение требования к успешности координирующей деятельности, которое означает балансировку текущей сложности задачи согласования и вычислительных возможностей.

Полученная таким образом оптимальная система взаимосвязанных механизмов координации, созданных по данному алгоритму, имеет оптимальность по Парето для получения выгоды за счет рассмотренных выше способов. Для оптимальной конструкции системы механизмов координации увеличение выгоды по одному из способов должно сопровождаться снижением общей суммарной выгоды.

## 4.2. Примеры мысленной реализации алгоритма

Проведем мысленный эксперимент по воображаемому конструированию некоторых существующих механизмов координации, используя предложенный выше алгоритм. Для этого рассмотрим микроуровневое описание процессов координации для некоторых видов основной экономической деятельности из (Паринов, 2023).

### 4.2.1. Пример 1. Производственная деятельность

Специфической особенностью производственной экономической деятельности является создание агентами экономических благ для их обмена на деньги. Эта деятельность требует участия максимального количества агентов ( $N \rightarrow \max$ ), т.к. это позволяет развивать систему разделения труда и специализацию агентов, что дает каждому участнику дополнительную выгоду. Поэтому данный вид деятельности иллюстрирует первый случай в приведенном выше списке особенностей социально-экономической деятельности.

Примем предположение, что потенциальных участников экономики очень много. Тогда для выполнения условия  $N \rightarrow \max$ , которое справедливо для производственной деятельности, требуются базовые формы «общие правила» и/или «стигмергия». Однако форма «общие правила» не может быть использована, т.к. производственная деятельность предполагает коммуникации между агентами для обмена реакциями на действия друг друга, а «общие правила» этого не предполагают. Следовательно, условие  $\max Y_i (N_i, P_i)$  для производственной деятельности может выполнено только с помощью форма «стигмергия». И это форма должна быть выбрана на первом этапе алгоритма дизайна механизма координации.

Для получения  $\max Y_i (N_i, P_i)$  от использования стигмергии агенты создают различные настройки. В том числе выполняют организацию косвенных коммуникаций через общую рыночную среду. Для этого агенты представляют в этой общей среде свои информационные образы в виде произведенных ими товаров. Материализация информационных образов агентов в виде товаров на рынке позволяет им сохранять требуемую сложность задачи согласования практически независимой от количества участников рынка. Регулировка сложности задачи согласования возможна как за счет сужения/расширения зоны контакта агента в общей среде, что позволяет ему регулировать количество участников, с которыми он поддерживает косвенные коммуникации, так и за счет изменения детальности и частоты обновления своих информационных образов, представленных в виде товаров на рынке (Паринов, 2023).

Второй этап алгоритма – повышение выгоды за счет снижения затрат на координацию. Менее затратной по сравнению с стигмергией является форма «общие правила». Для снижения затрат на координацию агенты стремятся заменить стигмергию на общие «правила» во всех рыночных ситуациях, когда косвенные коммуникации между ними не обязательны. Поэтому в реальной экономике действие рыночной координации поддерживается большим количеством правил, определяющих, например, стандарты представления информации о товарах, требования к продаваемым на рынке товарам, и т.п.

Третий этап алгоритма - повышение выгоды увеличением полноты координации. Координация на базе стигмергии, по определению, характеризуется достаточно низкой полнотой учета возможностей и намерений агентов. Следовательно, стигмергия оставляет неиспользованные резервы в возможностях и намерениях агентов по отношению к их производственной деятельности. Эти резервы могут быть использованы созданием дополнительной производственной деятельности, координируемой базовой формой с более высокой полнотой координации, чем стигмергия. Подробнее эта ситуация рассмотрена в примере 3 ниже.

Регулируя количество участников, затраты на координацию и полноту координации в целях максимизации выгоды от основной деятельности, агенты настраивают механизм координации производственной деятельности на базе стигмергии до состояния оптимальности по Парето. В этом состоянии увеличение выгоды по любому из возможных вариантов приводит к снижению общего размера выгоды.

#### 4.2.2. Пример 2. Обменная деятельность

Обменная деятельность состоит в обмене агентами созданных благ на деньги, а также обмен денег на блага. Эта деятельность относится к виду 3, в описании которого выше рассмотрены как раз особенности обменной деятельности. Процессы обменов в традиционном виде предполагают переговоры (торг) между продавцами и покупателями по поводу цены и других параметров сделки. Координация в форме переговоров

предполагает достаточно высокую полноту координации. Для этого лучше всего подходит базовая форма координации «договорная». Таким образом, на первом этапе алгоритма необходимо выбрать договорную базовую форму координации.

Однако, когда требуется координация большого количества участников, использование договорной базовой формы означает очень большие затраты. Для снижения затрат на координацию на втором этапе алгоритма выбирается менее затратная форма, которая будет работать в комбинации с договорной формой. В этой комбинации договорная форма обеспечивает координацию необходимого качества, но она применяется ограниченное время и в определенных ситуациях. В дополнение к ней применяется другая менее затратная форма, которая за счет ее особого применения не ухудшает координацию в целом, но позволит снизить общие затраты на координацию и получить в итоге более высокую выгоду от основной деятельности.

Для включения всех участников СРТ в процессы координации обменов агенты создали комбинацию из договорной формы и стигмергии. Агенты, как это делается при стигмергии, помещают в общую среду участников СРТ информацию об их предложениях по обменов. Данная информация содержит сведения на каких условиях и, в частности, по каким ценам, агенты хотят совершить акт обмена. На основе этой информации из всех участников СРТ выявляются потенциальные участники обмена. Когда потенциальные участники обмена определены, то, предполагая, что их немного, параметры обмена агенты согласовывают с ними в договорной форме. В результате использования комбинированного процесса координации из стигмергии и договорной формы, согласование обменов, с одной стороны, включает всех участников СРТ и это дает агентам дополнительную выгоду. С другой стороны, договорная часть этого процесса координации позволяет агентам получить выгоду от достаточно высокой полноты координации при согласовании параметров обменных операций (Паринов, 2023).

Третий этап алгоритма - повышение выгоды увеличением полноты координации - в данном случае может не требоваться, т.к. участие договорной формы в данном механизме координации может не оставлять резервов.

#### 4.3.3. Пример 3. Экономическая деятельность в целом

Как было отмечено в примере 1 выше, использование базовой формы стигмергия в процессе координации производственной деятельности характеризуется определенной упущенной выгодой, что означает существование резервов для появления дополнительной производственной деятельности и связанных с ней дополнительных процессов координации. Использование таких резервов означает для агентов возможность получения дополнительной выгоды от их основной деятельности. В этих целях они, реализуя третий этап алгоритма конструирования механизма координации, создают дополнительную производственную деятельность, которая оказалась не задействована или не востребована при согласовании их производственной деятельности на базе стигмергии. Для получения дополнительной выгоды в этом случае необходимо для координации дополнительной производственной деятельности использовать механизмы, который обеспечивает более полный учет возможностей и намерений агентов, чем стигмергия. Такими являются механизмы координации на базе договорной формы, как, например, сетевой и иерархический способы координации (Паринов, 2023).

В результате этого в экономике появляется множество дополнительных процессов производственной деятельности, которые координируются на основе договорной базовой

формы. Возникающие таким образом дополнительные процессы координации связаны с основным процессом координации, т.к. используют упущенную стигмергией выгоду.

Стремление агентов к повышению выгоды от их основной деятельности за счет совершенствования характеристик процессов координации формирует в экономике систему механизмов координации, которая имеет следующую структуру:

1. Основной механизм координации для экономики в целом, который использует стигмерию для согласования производства благ и комбинацию из договорной формы и стигмергии для согласования обменов (еще есть процесс для согласования потребления общественных благ, который мы не рассматриваем).
2. Дополнительные механизмы координации первого уровня, созданные для реализации агентами их намерений и возможностей, которые остались не учтенными в рамках основного механизма координации на основе стигмергии. Эти дополнительные механизмы используют иерархический или сетевой способ координации, т.к. это дает более полную координацию, чем стигмергия. Такие дополнительные механизмы применяются только для координации производственной деятельности, т.к. они используют упущенную выгоду стигмергии.
3. Дополнительные механизмы координации второго уровня, созданные для реализации агентами их намерений и возможностей, которые остались не учтенными в их деятельности на первом уровне. Резервы для возникновения этого второго уровня возникают, если в качестве дополнительных механизмов координации первого уровня используется иерархический способ. Иерархический способ координации не полностью учитывает возможности и намерения агентов, что создает упущенную выгоду. Механизмы координации 2-го уровня компенсируют эту упущенную выгоду, если они используют сетевую координацию, которая обеспечивает более качественную координацию, чем иерархический способ.

Подробнее описание системы процессов экономической координации приведено в (Паринов, 2023).

#### 4.3. Сравнение с теорией экономических механизмов

Гурвиц предложил следующее, ставшее классическим, общее описание экономического механизма: «Механизм задает правила, согласно которым, учитывая информацию, доступную ему в данный момент времени, участник отправляет сообщения другим. Информация состоит из ранее полученных сообщений, а также некоторых (прямых) сведений об окружающей среде и называется правилами ответа, поскольку они управляют ответом сообщения на ранее полученные сообщения. ... Чтобы обеспечить переход от диалога к решениям и действиям, механизм должен также иметь правило результата, которое определяет, какие действия должны быть предприняты с учетом хода диалога» (Hurwicz, 1973).

Сравним описание экономического механизма, данное Гурвицом, с предлагаемой в данном исследовании концептуальной моделью механизма координации. Для этого, обобщая описанное в предыдущих разделах, представим механизм координации как систему из двух основных частей, названных «интерфейс» и «вычислитель».

1. Интерфейс механизма координации представляет собой совокупность средств, методов, правил коммуникаций и обмена информацией между агентами. Интерфейс отвечает за то,

чтобы в результате прямого обмена информации и/или косвенного, а также при отсутствии коммуникаций, агенты имели в своих ментальных моделях информацию о текущих условиях для их основной деятельности. Эта часть механизма координации создает для каждого агента (наблюдателя) условия, позволяющие ему учитывать деятельность остальных агентов в экономике и для взаимодействия с ними на этой основе. Интерфейсная часть механизма, в том числе, выполняет синхронизацию характеристик данных, которыми обмениваются агенты. Например, обеспечивает одинаковую степень упрощения и форму представления информационных образов агентов. Благодаря этому ментальные модели агентов получают свойства коллективной, что дает каждому отдельному агенту возможность координировать деятельность с одной группой агентов на основе договорной базовой формы координации, с другой – в форме стигмергии, с остальными – на основе общих правил. Интерфейс как способ обмена информацией сконструирован так, чтобы дать агентам максимальную выгоду от их основной деятельности.

2. Вычислитель механизма координации представляет собой способы вычисления агентами содержания своей основной деятельности. Вычисления выполняются в ментальных моделях агентов на основе информации, полученной от интерфейсной части механизма координации. Характеристики получаемой информации, включающие количество и разнообразие данных, а также скорость их изменения во времени, определяют сложность задачи согласования, которая должна быть решена в ментальной модели агентов. Стремление агентов получить максимальную выгоду от их основной деятельности требует решения задачи согласования за максимально короткое время. Однако ментальные модели имеют ограниченные вычислительные возможности. Упрощение информационных образов агентов позволяет привести уровень сложности задачи согласования в соответствие вычислительными возможностями агентов.

Целью конструирования оптимального механизма координации является создание первой части механизма (интерфейса) так, чтобы, удовлетворяя ограничениям второй части (вычислителя), обеспечить агентам максимальную выгоду от их основной деятельности. При этом ограничением «вычислителя» является требование, чтобы сложность задачи согласования не превосходила вычислительные возможности. Максимизация выгоды агента от основной деятельности осуществляется «вычислителем» за счет определения значений трех переменных: 1) количество участников основной деятельности; 2) качество (полнота) координации; и 3) размер затрат на координацию.

Классическому описанию механизма в большей степени соответствует вторая часть механизма координации «вычислитель». Объясняя концепцию экономического механизма Гурвиц и Райтер пишут: «... мы презентуем "алгоритмический процесс" или "машину", которая принимает в качестве входных данных набор агентов, набор возможных сред, распределение между агентами информации о среде, и целевую функцию, которая выражает желаемые результаты действия» (Hurwicz & Reiter, 2006, с. 18). Аналогичное происходит в «вычислителе»: агенты в своих ментальных моделях анализируют информацию, доступную им в данный момент времени, и на этой основе определяют содержание своей деятельности, информация о которой становится доступной другим агентам. Эта часть работы ментальной модели соответствует введенному Гурвицом понятию «правила ответа». Ментальная модель также обеспечивает принятие решения агентом о содержании его основной деятельности, что соответствует «переходу от диалога к решениям и действиям» и введенному Гурвицом понятию «правило результата» (Hurwicz, 1973).

При определенном сходстве в рассмотренных описаниях, разработанная в данном исследовании концепция «вычислителя» в составе механизма координации предлагает более детальное объяснение как получаемая агентами информация превращается в координацию социально-экономической деятельности.

Первая часть механизма координации («интерфейс») также подразумевается в описании экономического механизма Гурвица, поскольку он «задает правила». Это неявно предполагает, что обмен информацией происходит на основе базовой формы координации «общие правила» и, возможно, стигмергии, т.к. у Гурвица используется понятие «окружающая среда». В классическом описании экономического механизма также упоминается «переход от диалога к решениям», где «диалог» соответствует базовой договорной форме координации.

Можно предположить, что неявно в классическом описании подразумевается использование в экономическом механизме всех трех базовых форм координации, но игнорируется возможность подбора оптимальных комбинаций базовых форм для максимизации выгоды от основной деятельности.

В общем предложенная в данном исследовании концептуальная модель дает содержательно более детальное и точное описание природы экономического механизма для случаев, когда это - механизм координации. Упрощениями концептуальная модель механизма координации может быть сведена к классическому описанию экономического механизма. При этом остается открытым вопрос о возможности аналитического модельного представления механизмов координации, в том числе, в игровой постановке. На наш взгляд, очевидным способом моделирования функционирования механизмов экономической координации является компьютерное агентное имитационное моделирование.

## 5. Цифровая трансформация механизма координации

Концептуальная модель механизма социально-экономической координации, в частности, позволяет проанализировать возможные способы использования ИКТ для цифровизации координирующей деятельности, а также возможные последствия этого, проявляющиеся в виде изменений как в отдельных механизмах, так и в структуре системы процессов экономической координации в целом. Подобный анализ является актуальной современной задачей, т.к. происходящая в настоящее время глубокая и комплексная цифровизация деятельности человека, и связанная с этим постепенная цифровая трансформация экономических механизмов и институтов определяют одно из важнейших современных направлений развития экономики и общества.

При рассмотрении фундаментальных основ координации (раздел 3) отмечалось, что одним из результатов комплексной цифровизации координирующей деятельности является постепенное стирание некоторых качественных различий между базовыми формами координации. Этот процесс является следствием цифровой унификации, которая происходит, с одной стороны, в результате переноса коммуникаций в цифровую виртуальную среду, а с другой, вследствие приобретения элементами координирующей деятельности цифровой формы (Паринов, 2022в).

Рассмотрим влияние цифровизации на две части механизма координации, описанные в предыдущем разделе: 1) «интерфейс», задающий условия для коммуникаций между агентами; 2) «вычислитель», отвечающий за определение содержания основной деятельности агентов.

### 5.1. Влияние цифровизации на коммуникации и базовые формы координации

Первая часть механизма координации «интерфейс», представляющий собой совокупность средств, методов и правил обмена информацией между агентами, существенно меняет свои свойства в результате цифровизации соответствующих процессов и переноса их в виртуальную общую среду.

Современный уровень развития ИКТ позволяет агентам в виртуальной среде сохранять интенсивность прямых коммуникаций, необходимых для использования базовой договорной формы, не хуже, чем в реальной среде. С учетом отсутствия в виртуальной среде географических ограничений на коммуникации, и с появлением средств коллективных электронных коммуникаций в виде мессенджеров и социальных сетей, виртуальная среда дает агентам существенно более удобные и менее затратные возможности для обмена информацией, чем это возможно в реальной среде.

Для стигмергии, используемой, например, в рыночном механизме координации, цифровизация приводит к существенному изменению характеристик косвенных коммуникаций. В виртуальной среде агентам существенно проще, чем в реальной, оставлять следы деятельности или специально подготовленные метки, а также выполнять их отслеживание и анализ. Подобные косвенные коммуникации в цифровой форме позволяют существенно увеличить интенсивность информационных обменов между агентами, а также неограниченно повышать информативность оставляемых в виртуальной общей среде следов и меток. Таким образом, характеристики косвенных коммуникаций в виртуальной среде приближаются к характеристикам прямых коммуникаций. Сами коммуникации в этом случае требуют от агентов существенно меньших затрат по сравнению с выполнением аналогичных действий в реальной среде.

Улучшение характеристик и определенная цифровая унификация прямых и косвенных коммуникаций в виртуальной среде (Паринов, 2022в) дает агентам возможность с меньшими затратами, чем в реальной среде, менять форму коммуникаций с прямых на косвенные, и обратно.

Для базовой формы координации «общие правила», которая работает без коммуникаций между участниками, цифровизации и виртуализации общей среды также существенно меняет ее свойства. В этом случае информация об изменении общих правил может достаточно быстро становиться доступна всем участникам. Использование участниками определенных правил, в соответствии с требованиями вида деятельности и ситуации, может контролироваться компьютерными алгоритмами и цифровыми интерфейсами, позволяя агентам динамически реагировать на изменения в условиях для совместной деятельности. Под воздействием цифровизации базовая форма координация «общие правила» превращается из самого консервативного метода в достаточно гибкий и эффективный, оставаясь при этом наименее затратной.

Цифровизация сближает характеристики всех базовых форм координации, приближая их к наилучшим значениям. Это означает, что уменьшаются различия в их характеристиках, которые определяют выбор той или иной формы в процессе конструирования механизма координации для заданного вида социально-экономической деятельности.

Общим итогом цифровизации коммуникаций и базовых форм координации является превращение интерфейсной части механизма координации в распределенную компьютерную систему. Такая компьютерная система может подбирать для каждого

индивидуального агента наборы базовых форм координации и их настроек, которые оптимизированы под специфику вида основной деятельности агента и имеющиеся у него вычислительные возможности, с целью определения содержания его основной деятельности для получения максимальной выгоды.

Прямые коммуникации между агентами обеспечивают постоянную актуализацию их информационных образов в ментальных моделях друг друга, что превращает ментальные модели из индивидуальных в коллективные. Превращение интерфейсной части механизма координации в компьютерную систему предполагает, что ментальные представления информационных образов агентов превращаются в цифровые образы, которые отчуждены от сознания агентов и являются элементами некоторых информационных систем. Аналогичное происходит и с информационными образами, которые агенты создают и отчуждают в традиционную общую среду для выполнения косвенных коммуникаций. Перенос косвенных коммуникаций в общую виртуальную среду предполагает, что агенты создают и актуализируют в этой среде свои цифровые информационные образы.

Цифровая трансформация информационных образов агентов в объекты некоторой компьютерной системы приводит к ситуации, когда агент с помощью компьютерных интерфейсов может поддерживать в этой системе свой цифровой образ в максимально полном и актуальном виде. Компьютерные алгоритмы этой виртуальной среды создают варианты информационного образа агента, отличающиеся, например, степенью их упрощения, для использования в задачах согласования со всеми участниками СРТ и для всех видов его основной деятельности. В частности, таким образом создается существенно более эффективный способ превращения индивидуальных моделей в коллективные, что является фундаментальным процессом координации.

## 5.2. Влияние цифровизации на вычисления в ментальных моделях

Вторая часть механизма координации «вычислитель» отвечает за определение содержания основной деятельности агентов. Цифровизация «вычислителя», в первую очередь, связана с цифровой трансформацией ментальных моделей агентов.

Ментальные модели агентов в результате цифровизации в существенной степени отчуждаются от сознания агента и становятся цифровыми объектами в единой для всех агентов виртуальной среде. Аналогично, как и для интерфейсной части механизма координации, процесс цифровизации «вычислителя», т.е. ментальных моделей, означает создание распределенной компьютерной системы. Алгоритмы этой системы обеспечивают достижение согласования между деятельностью отдельных агентов.

Для этого компьютерная система выполняет необходимые для определения оптимального содержания деятельности агента процессы обработки и анализа имеющейся информации. Алгоритмы согласования деятельности агентов в зависимости от вида совместной деятельности агента подбирают варианты зависимостей между информационными образами (например, представляя их в виде иерархической структуры), а также определяют оптимальную степень упрощения информационных образов, необходимую для решения задачи согласования. 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. 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.

Подобная цифровизация «вычислителя» увеличивает вычислительные возможности агентов, которые являются одним из ключевых ограничений для конструирования механизмов координации.

### 5.3. Влияние цифровизации на координирующую деятельность

Координирующая деятельность агентов использует обе части механизма координации для достижения координации и поддержания ее во времени.

Как результат цифровизации обеих частей механизма координации происходит цифровая трансформация КД, которая проявляется как унификация ее элементов и уменьшение разнообразия элементов координирующей деятельности. Например, вследствие сближения свойств базовых форм координации «договорная» и «стигмергия» происходит слияние соответствующих элементов координирующей деятельности (Паринов, 2022в).

Для отдельного агента такая цифровая трансформация КД существенно упрощает ему процесс согласования его деятельности. Цифровизация позволяет ему использовать одинаковые действия для согласования различных видов его совместной деятельности, что в традиционном случае требует от агента более сложных и разнообразных действий. В результате унификации координирующие действия агента сводятся к: 1) получению агентом информации из виртуальной и реальной среды; 2) актуализации его информационного образа в компьютерной системе согласования; 3) принятию решения о практической реализации вариантов совместной деятельности, предлагаемых ему системой согласования. Все остальные элементы координирующей деятельности, в данном случае, могут выполняться программно-компьютерными алгоритмами.

Сближение характеристик базовых форм координации в процессе их цифровизации за счет приближения их к одинаковым наилучшим значениям означает появление серьезных преимуществ у базовой формы «общие правила». Использование этой базовой формы координации, при прочих равных условиях, требует меньше всего затрат. В такой ситуации для агентов становится выгодным использование цифрового варианта формы «общие правила» вместо договорной формы и стигмергии.

В условиях сближения характеристик базовых форм координации их использование в существенной степени определяется их уникальными свойствами. Для договорной формы таким уникальным свойством является коллективный характер деятельности или коллективное творчество участников, которое, обычно, определяется термином «сотрудничество». Для стигмергии уникальным свойством является максимальное проявление индивидуальных качеств агентов, которое достаточно точно соответствует понятию «конкуренция». Уточним, что в данном случае понятия «сотрудничество» и «конкуренция» определяют всего лишь доминирующий характер отношений между агентами, т.к. в реальности эти два типа отношений, как правило, присутствуют в деятельности агентов одновременно, но в разных пропорциях.

Уникальным свойством формы «общие правила» является исключение влияния фактора близости и/или конфликта интересов агентов на их основную деятельность. Таким образом, деятельность агентов на основе формы координации «общие правила» является нейтральной, т.к. в ней в явном виде отсутствует как сотрудничество, так и конкуренция.

Как результат, следствием цифровизации координирующей деятельности является появление мотиваций для использования базовой формы координации «общие правила»

во всех случаях, кроме ситуаций, когда вид деятельности и/или условия ее выполнения требуют наличия сотрудничества либо конкуренции агентов.

#### 5.4. Радикальная цифровая трансформация механизмов координации

Сближения характеристик базовых форм координации в результате цифровизации в сочетании с превращением механизма координации в компьютерную систему позволяет рассмотреть теоретическую возможность создания единого механизма координации для всех видов социально-экономической деятельности агентов. Принципиальная возможность существования единого механизма координации вытекает из рассмотренной в разделе 3.5 гипотезы о существовании фундаментального процесса координации, происходящего во всех координируемых системах. Закономерным результатом цифровизации этого фундаментального процесса координации и связанной с ним координирующей деятельности агентов является появление механизма координации всей социально-экономической деятельности людей в виде глобальной распределенной компьютерной системы координации.

Детали конструкции единого механизма координации, его свойства и характер работы еще предстоит исследовать (Паринов, 2022в). Однако уже сейчас понятно, что создание и использование единого глобального механизма координации вместо существующих отдельных имеет ряд явных преимуществ:

- экономика и ее участники 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 максимально возможным качеством.

Подобная распределенная глобальная компьютерная система координации поддерживает координирующую деятельность человека, которая является основой всех видов согласования между социально-экономическими агентами. В таком виде данная компьютерная система может выполнять согласование всех видов деятельности социально-экономических агентов, а не только экономической. Для отдельного агента это означает возможность взаимосвязанного и системного согласования всех видов его деятельности, включая экономическую, научную, общественно-политическую, образовательную, обеспечение безопасности и т.п. Компьютерная система единого механизма координации позволяет человеку полнее согласовать и лучше увязать все его различные виды деятельности между собой ради достижения поставленных целей. Это создает уникальные возможности для наилучшего использования имеющегося у человечества потенциала для экономического и общественного развития.

## 6. Методологические перспективы

Построенная в данном исследовании концептуальная модель описывает фундаментальный процесс координации, который присутствует во всех способах и механизмах координации. Это позволяет рассматривать данный результат как вклад в построение

общей теории социально-экономической координации, которая объясняет с единых методологических позиций наблюдаемое разнообразие способов координации. Сформированные на основе такой теории принципы и алгоритмы конструирования механизмов координации могут обеспечивать системное создание и динамическое изменение механизмов координации как для разных отдельных видов деятельности человека (например, экономической, социальной, политической и т.п.), так и для социально-экономической деятельности в целом.

Перспектива создания общей теории социально-экономической координации позволяет рассмотреть возможные методологические последствия подобных изменений для научной картины социально-экономического мира. Рассмотрим некоторые отдельные моменты на примере экономической деятельности.

С учетом того, что координирующая деятельность на базе механизмов координации создает условия для основной экономической деятельности, то из этого следует, что в отношениях между координацией и экономикой первичной является координация. Экономика «вложена» в систему механизмов координации и ее свойства частично определяются свойствами этих механизмов. Совершенствуя механизмы координации, мы создаем новые возможности экономического роста и развития. В этом контексте возможна постановка вопроса о существовании конструкции механизма координации, который является идеальным для экономики, страны, и человечества.

Теоретическая возможность сознательного и возможно децентрализованного конструирования механизмов координации для больших сообществ (например, человечества в целом) приводит к необходимости уточнить структуру социально-экономической деятельности человека в самом общем виде. Имея в виду сознательное коллективное конструирование механизмов координации, общая деятельность человек содержит следующие уровни:

1. основная экономическая деятельность, благодаря которой человек поддерживает свою жизнедеятельность;
2. координирующая деятельность для основной, создающая условия для получения человеком выгоды от его основной деятельности;
3. деятельность по конструированию и совершенствованию механизмов координации;
4. координирующая деятельность для совершенствования механизмов координации.

Каждый уровень в этой структуре, начиная со второго, основывается на ментальном отражении людьми условий для их деятельности, которые определяют содержание ментальных моделей участников деятельности. Превращение индивидуальных ментальных моделей в коллективную означает формирование достаточно полной «карты» условий для деятельности и среды, в которой люди ведут свою деятельность. Таким образом у участников возникает вложенная структура ментальных представлений, каждый следующий уровень которой включает ментальную «карту» предыдущего уровня. В этом случае «карта» существующих условий на каждом следующем уровне представляет собой частичную рекурсию «карты» предыдущего уровня.

Предполагая наличие общей модели социально-экономической координации, можно сделать некоторые уточнения в абстрактной модели экономического человека (*homo economicus*), касающиеся его максимизирующего поведения. Можно выделить три последовательных этапа в максимизирующем поведении человека:

- а) Человек создает механизмы координации как необходимые условия для получения максимальной выгоды от основной деятельности.

- b) Человек анализирует условия, сформированные на этапе «а», для определения содержания своей основной деятельности, чтобы получить максимум выгоды в границах, определенных конструкцией механизма координации.
- c) Человек реализует выбранное на этапе «б» содержание основной деятельности так, чтобы получить от этого максимальную выгоду.

Первичность процессов координации по отношению к экономической деятельности позволяет определить иерархию свойств социально-экономического человека:

- Первичное свойство человека, позволяющее ему вести совместную деятельность с другими людьми;
- Вторичные свойства, которые определяют возможности человека вести конкретный вид деятельности. Например, свойства человека, позволяющие ему вести экономическую деятельность, научную деятельность, движение в трафике и т.п., включая деятельность по созданию/использованию механизмов координации;
- Третичные свойства, определяемые механизмом координации, который используется для согласования конкретного вида деятельности. Например, рыночный механизм координации требует от человека свойств, описанных как рыночное поведение.

В литературе приводится следующий набор свойств экономического человека (Автономов, 2022): неограниченность потребностей; действие предпочтений и ограничений; способность к оценке; наличие мотиваций; использование информации и проявление рациональности. С учетом рассмотренного выше, данные свойства можно отнести к первичным, т.к. они перечисляют качества людей, которые проявляются в самых различных видах совместной деятельности, а не только экономической. Для полноты картины свойств экономического человека, приведенные в (Автономов, 2022) свойства должны быть добавлены вторичными и третичными свойствами, т.е. свойствами человека ведущего именно экономическую деятельность и регулируемую одним из механизмов экономической координации.

Рассмотренные в этом разделе методологические перспективы, появляющиеся в результате представления процессов социально-экономической координации теоретической единой моделью, создают, на наш взгляд, условия для методологической интеграции всех социально-экономических наук. Единая теоретическая модель координации позволяет рассматривать социально-экономический мир как систему представлений о свойствах социально-экономического человека, ведущего различные виды совместной деятельности, содержание которой согласованно между собой различными, также взаимосвязанными, механизмами координации. На этой методологической основе может быть создана единая модель социально-экономического человека и единая социально-экономическая теория.

## 7. Заключение

Представленная концептуальная модель социально-экономической координации имеет разнообразные направления дальнейшего развития и множество способов ее практического приложения. Одним из наиболее востребованных в настоящее время направлений развития данного подхода, обещающего важные как теоретические, так и прикладные результаты, является исследование влияния на процессы координации происходящей в настоящее время глубокой и комплексной цифровизации всех социально-экономических процессов. Цифровизация координирующей деятельности открывает теоретическую возможность создания и использования универсального глобального

механизма координации, в полной мере использующего возможности современных ИКТ и компьютерных технологий (Паринов, 2022).

Предложенная концептуальная модель координации может стать методологической основой для создания математической модели механизмов координации, реализованной, например, как компьютерная агентная имитационная модель. Такая модель может стать инструментом для исследования свойств экономической системы со встроенными механизмами координации, включая анализ сценариев цифровой трансформации координирующей деятельности и возможных социально-экономических последствий от совершенствования процессов координации.

Создание агентной имитационной модели позволит, в частности, получить ответ на важный для современного общества вопрос: как на основе современных ИКТ можно перестроить механизмы координации совместной деятельности людей, чтобы они обладали более высоким коэффициентом полезного действия (Паринов, 2002, с. 115–117)? Дополнительно к этому, компьютерные эксперименты с подобной моделью позволят детально исследовать теоретическую возможность создания на базе ИКТ единого адаптивного механизма координации, который подстраивается под индивидуальные условия совместной деятельности для отдельных участников. Такая перспектива цифровизации процессов координации обещает радикальное изменение привычного миропорядка.

Полученные в данном исследовании результаты имеют важное методологическое значение. Построенная концептуальная модель описывает фундаментальный процесс координации, который присутствует во всех способах и механизмах координации. Это позволяет рассматривать данный результат как вклад в построение общей теории социально-экономической координации, которая объясняет с единых методологических позиций наблюдаемое разнообразие способов координации. Сформированные на основе такой теории принципы и алгоритмы конструирования механизмов координации могут обеспечивать системное создание и динамическое изменение механизмов координации для разных видов деятельности человека (например, экономической, социальной, политической и т.п.).

Перспектива получить возможность описывать процессы социально-экономической координации единой теоретической моделью создает условия для методологической интеграции социально-экономических наук. Единая теоретическая модель координации позволяет представить социально-экономический мир как единую систему различных видов совместной деятельности человека, которые увязаны между собой различными, также взаимосвязанными, механизмами координации. Из данных представлений вытекает возможность создания единой модели социально-экономического человека и единой социально-экономической теории.

## Дополнительные материалы

#1. Основные элементы концептуальной модели координации на микроуровне - [https://drive.google.com/file/d/1NLmMDVjv9MRS62XOZoOqLtSqAicauL\\_f/](https://drive.google.com/file/d/1NLmMDVjv9MRS62XOZoOqLtSqAicauL_f/)

#2. Основные характеристики базовых форм координирующего поведения - <https://drive.google.com/file/d/134-1UnOH9s5-bDMCbvAtz1WPhMNFyyaa/>

## Благодарности

Автор выражает благодарность Константину Сониному, участникам семинара «Неизвестная экономика» (Елена Владимировна Устюжанина, Виктор Евгеньевич Дементьев и другие) за комментарии и обсуждение, которые помогли сделать данный текст лучше.

## Литература

Автономов В. (2022). В поисках человека. Очерки по истории и методологии экономической науки. Издательство Института Гайдара, с. 680.

Измалков С., Сонин К., Юдкевич М. Теория экономических механизмов // Вопросы экономики. 2008. № 1. С. 4–26.

Паринов С.И. (2002). К теории сетевой экономики. - Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. - 168 с.

Паринов С.И. (2020). Общая теория согласования социально-экономической деятельности: коллективные ментальные модели. // Препринт MPRA, с. 35.  
[https://mpra.ub.uni-muenchen.de/112147/1/MPRA\\_paper\\_112147.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/112147/1/MPRA_paper_112147.pdf)

Паринов, С.И. (2021). Основания общей теории социально-экономической координации. Препринт MPRA. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/110667/>

Паринов, С.И. (2022а). Экономическая координация как результат координирующего поведения агентов. Препринт MPRA. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/112190/>

Паринов, С.И. (2022б). Координирующее поведение агентов: уточнение содержания и структуры процессов координации в экономике. Журнал Цифровая экономика, 2(18), 2022. DOI: 10.34706/DE-2022-02-01

Паринов, С.И. (2022в). Новые подходы к совершенствованию механизмов координации. Журнал Форсайт, 16(4), 82–89. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.4.82.89, <https://foresight-journal.hse.ru/data/2022/12/14/1715772093/8-Паринов-82-89.pdf>

Паринов, С.И. (2023). Микроуровень процессов экономической координации. Вопросы экономики. 2, 127-144. DOI: 10.32609/0042-8736-2023-2-127-144 (полный текст авторской версии доступен на [https://www.researchgate.net/publication/368323194\\_Micro\\_level\\_of\\_economic\\_coordination\\_processes](https://www.researchgate.net/publication/368323194_Micro_level_of_economic_coordination_processes))

Хайек, Ф.А.фон. (2006). Право, законодательство и свобода: Современное понимание либеральных принципов справедливости и политики / Ф.А.фон Хайек / [пер. с англ. Б.Пинскера и А.Кустарева под ред. А.Куряева].-М.:ИРИСЭН, 2006.-644 с.

Adler, P. S. (2001). Market, hierarchy, and trust: The knowledge economy and the future of capitalism. *Organization science*, 12(2), 215-234.

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.

Christodoulou, G., Koutsoupias, E., & Nanavati, A. (2009). Coordination mechanisms. *Theoretical Computer Science*, 410(36), 3327-3336.

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>

Harari, Y. N. (2014). *Sapiens: A brief history of humankind*. Random House (цитируется по русскому перевод: Харари, Ю. Н. (2020). *Sapiens. Краткая история человечества*. Litres.).

Harari, Y. N. (2018). *21 Lessons for the 21st Century*. Random House (цитируется по русскому переводу: Харари, Ю. Н. (2020). *21 урок для XXI века*. Litres).

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

Hurwicz, L. (1973). The design of mechanisms for resource allocation. *The American Economic Review*, 63(2), 1-30.

Hurwicz, L., & Reiter, S. (2006). *Designing economic mechanisms*. Cambridge University Press.

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

Jackson, M. O. (2001). A crash course in implementation theory. *Social choice and welfare*, 18(4), 655-708.

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

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>

Maskin, E., & Sjöström, T. (2002). Implementation theory. *Handbook of social Choice and Welfare*, 1, 237-288.

Ménard, C. (2004). The economics of hybrid organizations. *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 160 (2004), 1–32.

- Powell, W. W. (1991). Neither market nor hierarchy: Network forms of organization. *ThFr91*, 265-276.
- 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.
- Sayama, H., Farrell, D. L., & Dionne, S. D. (2011). The effects of mental model formation on group decision making: An agent-based simulation. *Complexity*, 16(3), 49-57.
- Stuit, M., Szirbik, N., & Wortmann, H. (2007). Building agent-based simulations using structural and process mental models. In *Ninth International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC 2007)* (pp. 267-274). IEEE.
- 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.