

## Концепция экономического индивида с универсальным инструментом координации

С.И. Паринов<sup>1</sup>

**Абстракт:** В современной экономической литературе отмечается, что понимание устройства и моделирование работы коллективных ментальных конструкций (моделей) способствует развитию методов анализа процессов выбора и принятия решений, а также лучшему пониманию процессов эволюции экономических систем. Предлагаемое исследование, развивая эту тему, обосновывает идею, что каждый экономический индивид обладает универсальным инструментом координации (УИК), главным элементом которого являются коллективные ментальные конструкции. Индивиды оптимизируют настройки УИК в целях максимально полного учета деятельности друг друга в целях увеличения выгоды от своей совместной деятельности. УИК с настройками является для участников совместной деятельности общей информационной средой, а также средством определения оптимального содержания их совместной деятельности. Обсуждаются основные блоки и функции УИК как особого вида агентной имитационной модели. Рассмотрены необходимые условия для использования УИК. Из полученных результатов вытекает наличие у индивидов с УИК как содержательной, так и процедурной рациональности. Из этого выводится существование в экономических системах двух видов равновесия.

**Ключевые слова:** микроэкономика, экономическая система, коллективная ментальная модель, процедурная рациональность, координационное равновесие

**Abstract:** The economic literature notes that understanding the structure and modeling the work of shared mental structures (models) helps to improve the analysis of selection and decision-making processes, as well as the processes of evolution of economic systems. The proposed study continues this theme by developing the idea that each economic individual has a universal coordination instrument (UCI), which uses the shared mental structures. Individuals optimize the UCI settings in order to take into account each other's activities as fully as possible in order to increase the benefits from their joint activities. The UCI with settings is a common information environment for participants in joint activities, as well as a means of determining, in a sense, the optimal content of their joint activities. The main blocks and functions of the UCI as a special type of agent-based simulation model are discussed. The necessary conditions for using the UCI are considered. From the results obtained, it follows that individuals with UCI have both substantive and procedural rationality. From this it follows that there are two types of equilibrium in economic systems.

**Keywords:** microeconomics, economic system, shared mental model, procedural rationality, coordination equilibrium

JEL: D01, D02, D23, D47, D50, D70, D8, O12

---

<sup>1</sup> Контактная информация: Паринов Сергей Иванович, д.т.н., к.э.н., главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, e-mail: sparinov@gmail.com, orcid: 0000-0001-8333-2657

## 1. Введение

Полученные в работах (Паринов, 2023а; Паринов, 2023б) результаты позволяют обосновать идею о наличии у каждого экономического индивида универсального инструмента координации, который может быть представлен как особая агентная имитационная модель. Данный инструмент основан на способностях индивидов организовывать между собой различные варианты коммуникаций, которые приводят к возникновению у них коллективной ментальной модели. Коллективная ментальная модель, в свою очередь, делает возможным процессы координации и управления среди участников совместной деятельности, что приводит к формированию из множества индивидов различных организованных структур. Таким образом создаются условия, необходимые для ведения индивидами совместной деятельности. Создание подобных условий логически предшествует и в существенной степени определяет содержание экономической деятельности в узком смысле, когда индивиды фактически реализуют себя в роли «потребителей» и «производителей», когда они оперируют капиталом, создают прибыль и т.п.

В последние десятилетия в когнитивных науках, в социальной психологии и некоторых других областях<sup>2</sup> активно развивается концепция ментальных моделей индивидов (Craik, 1967; Jonker, et al., 2011). Есть примеры использования концепции ментальных моделей и в экономических исследованиях (Mantzavinos, 2004; Mohammed, и др., 2010; Roy & Denzau, 2020). Важность использования коллективных ментальных моделей в экономических исследованиях отмечают в своих работах нобелевские лауреаты по экономике Д. Норт (Denzau & North, 1994), Э. Остром (Ostrom, 2009) и В. Смит (Smith, 2018). В этих работах ментальные модели чаще всего рассматриваются в контексте поведения агентов в условиях сильной неопределенности, обучения, сложности проблем выбора и т.д. (Denzau & North, 1994; Mantzavinos и др., 2004; Ostrom, 2009).

Коммуникации и обмен информацией между участниками совместной деятельности приводят к определенной синхронизации содержания их индивидуальных ментальных моделей в части, относящейся к их совместной деятельности. Таким образом, при выполнении некоторых условий у участников возникает коллективная ментальная модель (Johnson-Laird, 1980; Badke-Schaub и др., 2007; Salas и др., 2005). В литературе коллективные ментальные модели наиболее часто

---

<sup>2</sup> Например, в исследованиях мульти-агентных систем (Hindriks, Riemsdijk, 2009)

определяются как «структуры знаний, которыми обладают члены команды, которые позволяют им формировать точные объяснения и ожидания относительно задачи и, в свою очередь, координировать свои действия и адаптировать свое поведение к требованиям задачи и других членов команды» (Jonker, et al., 2011, p. 133).

Гипотеза о коллективной ментальной модели предполагает, что индивиды обладают способностью отображать наблюдаемый внешний мир в готовую к использованию модель этого мира. Процесс формирования и актуализации такой модели в сознании индивидов происходит автоматически и в определенной степени коллективно с другими индивидами. С помощью этой модели индивиды могут проигрывать (имитировать) в некоторых случаях коллективно различные варианты своих действий в связи с предполагаемыми событиями во внешнем мире. В процессе имитаций они могут оценивать выгоду от своих действий и связанные с этим затраты, а также определять каким образом они могут получить наибольшую выгоду с наименьшими затратами с учетом намерений и возможностей друг друга. На основе этого они могут принимать в определенной степени согласованные решения о наилучшем содержании своей деятельности и фиксировать ответственность за принятые решения. В процессе реализации совместной деятельности они могут сравнивать ожидаемую и фактическую деятельность друг друга, а также менять параметры совместной деятельности, адаптируя их к происходящим и ожидаемым изменениям в условиях для совместной деятельности. Функционирование коллективных ментальных моделей в таком виде включает как процессы координации совместной деятельности, так и процессы ее управления.

Включение в научный анализ концепции коллективной ментальной модели создает условия для исследования влияния на экономическое поведение человека факторов, которые определяют основные направления современного развития экономики и общества. К этим факторам относятся: 1) совершенствование когнитивных возможностей человека в рамках различных ограничений, связанных с нормами и законами человеческого поведения в обществе, 2) совершенствование возможностей ментальных моделей за счет переноса части процессов из сознания людей в компьютерные системы с использованием современных алгоритмов обработки и анализа данных, искусственного интеллекта и т.п.; 3) проверка достоверности информации через анализ обратных связей в процессе сравнения информации в ментальных моделях с реальностью.

Постоянная синхронизация содержания коллективной ментальной модели с реальностью создает обратные связи, которые позволяют агентам сравнивать ожидаемые (вычисленные в ментальной модели) результаты их совместной деятельности с реальными. Если обнаруживаются расхождения, то агенты могут выяснять их причины для исправления ситуации. Коллективный характер формирования ментальной модели позволяет агентам определять способы исправления и улучшения ее содержания в целях приближения ожидаемых результатов от совместной деятельности к фактически получаемым. Поскольку совместная экономическая деятельность является для агентов средством коллективного выживания, то у агентов есть сильные мотивации к улучшению точности коллективных ментальных моделей. Для этого агенты могут менять их конструкцию, правила использования, и/или состав участников совместной деятельности, чтобы предотвращать оппортунистическое поведение отдельных индивидов, намеренное искажение информации и т.п.

Таким образом, коллективная ментальная модель является инструментом, который дан индивидам природой и развивается ими в процессе социальной эволюции и научно-технического прогресса для эффективного взаимного учета деятельности друг друга, независимо от ее вида, в целях координации и управления. По своей сути коллективная ментальная модель имеет прямое отношение к важнейшим процессам, происходящим с индивидами в микроэкономике (рассматриваются индивиды в роли участников совместной экономической деятельности):

- с помощью такой ментальной модели индивиды интегрируют рассеянное знание (Науек, 1945), которое важно для учета индивидуальных возможностей и намерений друг друга в процессе принятия ими индивидуальных решений о содержании их совместной деятельности;
- в коллективной ментальной модели индивиды анализируют собранную информацию, проигрывают возможные варианты их деятельности, оценивают выгоду от различных вариантов их деятельности и индивидуальную ценность ресурсов, которые им требуются; на эти процессы влияют присущие индивидам и ментальным моделям в целом ограниченные когнитивные и вычислительные возможности (Stigler, 1961; Саймон, 1993);

- в этой модели проявляется рациональность индивидов, включая ее ограниченность (Саймон, 1993), а также их оппортунистическое поведение (Уильямсон, 1993);
- в коллективной ментальной модели индивиды конструируют способы координации, организационные структуры и механизмы (Hurwicz, 1973), которые позволяют им повысить полноту учета рассеянного знания в целях максимизации выгоды от их деятельности и минимизировать затраты;
- в этой модели индивиды принимают решения о содержании своей текущей деятельности с учетом намерений и содержания деятельности других участников;
- в коллективной ментальной модели индивиды отслеживают и анализируют изменения и возмущения в условиях для их совместной деятельности, которые требуют от них изменений как в способах координации, так и в содержании их деятельности;
- коллективная ментальная модель выполняет системообразующие функции, поскольку с ее помощью индивиды устанавливают между собой связи и определяют взаимозависимости, которые приводят к формированию из участников совместной деятельности экономической системы некоторого вида;
- это же модель выполняет роль «общего основания» (Klein et al., 2005) участников совместной деятельности и «носителя» рационального экономического порядка (Найек, 1945), созданного и совершенствуемого индивидами в целях повышения эффективности их совместной деятельности.

От коллективной ментальной модели зависит основной для микроэкономической теории процесс: оптимальное распределение ограниченных ресурсов в реализации неограниченных потребностей индивидов. В частности, конструкция такой модели определяет в какой степени ограниченные ресурсы распределяются между индивидами в соответствии с максимальной индивидуальной ценностью этих ресурсов.

Превращение концепции коллективной ментальной модели в научный инструментарий и интеграция представлений об этой модели в экономическую теорию обещают существенное развитие для микроэкономики. Поскольку ментальная модель является прямо ненаблюдаемой сущностью, возникающей и существующей в сознании индивидов, то первоочередной задачей является ее описание и моделирование (Denzau & North, 1994).

Естественной ассоциацией процессам функционирования коллективной ментальной модели является имитационное моделирование: «Ментальная модель создается ... и может быть использована аналогично компьютерным моделям, позволяя человеку мысленно исследовать и тестировать различные возможности, прежде чем действовать» (Jones et al., 2011, p. 5). Исходя из этого, данное исследование рассматривает коллективную ментальную модель как особый класс коллективных агентно-ориентированных имитационных моделей, в которых агенты сами актуализируют в модели свои информационные образы. Саймон писал, что если «знания и вычислительные мощности лица, принимающего решения, строго ограничены, тогда мы должны различать реальный мир и восприятие его и рассуждения о нем субъекта» (Simon, 1986, p. 280). Поэтому в данном исследовании в модельном представлении агентов, использующих коллективные ментальные модели, предложено раздельное представление «реальности», которое включает представление общей среды для совместной деятельности индивидов и существующих в этой среде условий для их деятельности, а также представление ментального отражения «реальности», которое соответствует содержанию ментальных моделей этих агентов.

Одной из проблем для построения имитационной модели для ментальной модели является описание режимов ее работы при разных вариантах коммуникаций между индивидами. В данном исследовании эта проблема рассматривается для всех основных вариантов коммуникаций: прямые, косвенные и отсутствие коммуникаций. От выбранного варианта коммуникаций между индивидами зависит полнота учета важных для их совместной деятельности факторов, а также связанный с этим размер затрат. Чем выше полнота учета, тем выше вероятность получения индивидами большей выгоды от их деятельности. С другой стороны, чем выше полнота учета, тем больше затраты на коммуникации и обработку информации, что снижает общий размер ожидаемой выгоды. Для достижения максимальной общей выгоды рациональные индивиды решают задачу оптимизации, одна часть которой связана с подбором комбинаций вариантов коммуникаций, а другая с настройками и конфигурированием коллективной ментальной модели.

Для отражения комплексного характера применения коллективной ментальной модели в сочетании с определенными вариантами коммуникаций введено понятие универсального инструмента координации и управления. Для краткости далее термин «управление» опускается. Термин «координация» в рамках данного исследования

подразумевает также и «управление». В соответствии с этим, далее используется термин «универсальный инструмент координации».

Имитационная модель для ментальной модели является частью модели универсального инструмента координации. В модели универсального инструмента координации задача оптимизации общей выгоды рассматривается как процедура подбора настроек, которые обеспечивают наилучший для участников некоторого вида совместной деятельности учет распределенной информации при минимальных затратах. Использование участниками совместной деятельности общих настроек универсального инструмента координации рассматривается в данном исследовании как применение ими некоторого способа координации.

Целью данной статьи является общее концептуальное описание модели универсального инструмента координации, включая процессы его формирования и функционирования при всех основных вариантах коммуникаций, в том числе в виде определенного способа координации. В следующем разделе представлено общее описание этого инструмента. Раздел 3 посвящен описанию процессов формирования и функционирования универсального инструмента координации при основных вариантах коммуникаций, и включает обсуждение реальных экономических примеров. В разделе 4 обсуждается связь результатов исследования с некоторыми математическими моделями экономики. В разделе 5 подводятся основные итоги исследования и перечисляются возможные направления его развития.

## 2. Универсальный инструмент координации

В формировании, актуализации и функционировании коллективной ментальной модели (КММ) ключевую роль играют коммуникации между участниками совместной деятельности. «Улучшение коммуникационных связей приведет к эволюции ментальных моделей связанных людей, которые будут сближаться, а не расходиться, поскольку они продолжают учиться непосредственно у мира» (Denzau & North, 1994, с. 10). Исходя из самых общих представлений об индивидах (социально-экономических агентах) и среде их совместной деятельности примем, что между агентами могут существовать следующие основные варианты коммуникаций:

- 1) Прямые коммуникации, т.е. «живое» общение между членами команды и в других малых группах, при которых координация их деятельности возникает как результат договоренностей между участниками. Таким образом, как правило,

взаимодействуют участники совместной деятельности в небольших фирмах и компаниях, которым присуща сетевая форма организации. На прямых коммуникациях также основаны иерархические организации, в которых интенсивность коммуникаций искусственно уменьшена за счет передачи исполнителями прав принимать решение о содержании своей деятельности менеджерам (Паринов, 2023а).;

- 2) Косвенные коммуникации, опосредуемые изменениями в общей среде. В экономике наиболее известным примером использования косвенных коммуникаций является рыночная деятельность, в процессе которой агенты приходят к координации в результате нащупывания<sup>3</sup> наилучшего содержания своей деятельности методом проб и ошибок, производя изменения в общей рыночной среде.;
- 3) Предшествующие коммуникации, которые позволяют агентам заранее создавать статичные КММ для координации текущей совместной деятельности без использования коммуникаций. Координация в этом случае происходит в результате нащупывания агентами лучшего варианта деятельности без текущих коммуникаций и без прямого влияния других участников. Такая статичная КММ может, например, содержать некоторые общие для всех правила и выполнять роль экономических институтов с координирующими функциями.

Этот перечень вариантов коммуникаций является полным и исчерпывающим, т.к. для любого заданного участника совместной деятельности способы его коммуникаций со всеми остальными участниками, независимо от их общего количества и индивидуальных характеристик, могут быть только из этого списка.

Использование агентами перечисленных вариантов коммуникаций сопровождается определенными затратами на координацию, которые уменьшают размер ожидаемой выгоды от их совместной деятельности. Например, агенты, тратя время на коммуникации, теряют определенный размер выгоды от своей совместной деятельности, которую они могли бы создать за это время. В этом смысле затраты на координацию близки по содержанию к понятию «транзакционные издержки» (Коуз, 1995; Уильямсон, 1996).

---

<sup>3</sup> Имеется в виду нащупывание по Вальрасу (Walrasian tatonnement). См., например, объяснение этого понятия в (Hurwicz, Reiter, 2006).

## 2.1. Определение универсального инструмента координации

Рациональные агенты ради получения большей выгоды от совместной деятельности стремятся в процессе координации полнее учесть важные факторы, информация о которых распределена между ними. В данном исследовании, следуя Парето, выгода рассматривается как относительное понятие, которое определяется в сравнении двух или нескольких наборов благ, являющихся результатами деятельности агентов. Агенты обладают способностью определять, что один набор результатов деятельности является более выгодным или предпочтительнее другого.

Повышение полноты учета требует больше коммуникаций между участниками, что повышает затраты на координацию и снижает фактический размер ожидаемой выгоды. Таким образом, величина выгоды от совместной деятельности и размер затрат на координацию являются взаимозависимыми величинами. Следовательно, для получения максимальной выгоды от совместной деятельности за счет ее координации агентам необходимо определить оптимальную комбинацию вариантов коммуникаций, а также конфигурацию КММ, которые для заданного вида совместной деятельности дадут оптимальное соотношение между, с одной стороны, полнотой учета важных факторов, определяющей максимальный размер ожидаемой выгоды, а с другой – минимальным размером затрат на достижение этой полноты учета (Паринов, 2023б).

Данные возможности агентов можно интерпретировать, как наличие у них универсального инструмента координации (УИК). УИК представляет собой присущие каждому агенту способности конструировать для заданного вида совместной деятельности варианты коммуникаций с другими участниками, и подбирать конфигурацию КММ. Эти действия обеспечивают агентами при прочих равных условиях максимальную выгоду от их совместной деятельности. Данный инструмент, с одной стороны, является индивидуальным, т.к. с его помощью каждый участник совместной деятельности самостоятельно<sup>4</sup> определяет содержание своей индивидуальной деятельности. С другой стороны, этот инструмент является коллективным, т.к. в принятии решения о содержании деятельности отдельного агента через КММ участвуют другие агенты.

Для возникновения координации и ее поддержания во времени агенты должны выполнить в УИК следующие действия (Паринов, 2023в):

---

<sup>4</sup> Исключая иерархически организованную совместную деятельность, в которой агенты исполнители делегировали право определять содержание своей деятельности агентам руководителям (Паринов, 2023а).

- 1) формирование и актуализация содержания КММ с помощью всех вариантов коммуникаций;
- 2) проигрывание (имитация) в КММ различных вариантов возможной деятельности с учетом ожидаемой деятельности других агентов, включая получение индивидуальных оценок ожидаемой выгоды и ценности ресурсов, необходимых агенту для его деятельности;
- 3) согласование или нащупывание вариантов совместной деятельности, и выбор лучшего варианта;
- 4) перевод лучшего варианта в практическую реализацию, включая фиксацию ответственности за его исполнение;
- 5) мониторинг реализации совместной деятельности, наказание за нарушения, и поддержание совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на возмущения.

Элино́р Остро́м по результатам эмпирических исследований институциональных структур выделяет похожий список функций, названный «принципами дизайна» институтов (Ostrom, 2009, с. 259).

Выбор и настройка вариантов коммуникаций, с помощью которых агенты информационно наполняют КММ и актуализируют ее содержание, получил в данном исследовании название «интерфейс» УИК. На основе собранной с помощью «интерфейса» информации агенты в КММ генерируют и проигрывают возможные варианты деятельности. В процессе этого они определяют в некотором смысле наилучший вариант деятельности. Часть УИК, в которой агенты выполняют эти действия, получила название «вычислитель». Таким образом, конструкция УИК рассматривается, как состоящая из «интерфейса» и «вычислителя», которые имеют ряд настраиваемых параметров. На вход «интерфейса» УИК поступает информация об условиях для деятельности агентов, а на выходе из «вычислителя» УИК – содержание деятельности каждого агента, учитывающее деятельность других агентов.

## 2.2. Необходимые условия для универсального инструмента координации

Самым общим условием для возникновения координируемой совместной деятельности является наличие у агентов общих намерений и возможностей для коммуникаций (Cohen et al., 1997). Кляйн и др. также отмечали, что «критериями совместной деятельности являются намерение сторон работать вместе и их работа взаимозависима» (Klein et al., 2005, p. 6). В работе (Klein et al., 2005) для описания

условий возникновения координации в совместной деятельности введено понятие «общее основание» (common ground): «Одним из ключевых аспектов совместных действий является процесс поиска общего основания для обеспечения координации» (Klein et al., 2005, p. 37). Для появления у участников совместной деятельности общих оснований, согласно (Klein et al., 2005, p. 37), требуется:

- 1) совместимость типов знаний, убеждений и предположений, которые важны для совместной деятельности, включая знание ролей и функций, стандартных процедур и т. д.;
- 2) наличие механизма, который приводит состояния участников к общему основанию: подготовка, контроль и поддержание, выявление и устранение поломок;
- 3) основной договор (basic contract), обязывающий участников совместной деятельности постоянно проверять и корректировать общее основание.

Отметим, что осуществление совместной деятельности при разных вариантах коммуникаций по-разному зависит от полноты выполнения перечисленных общих оснований. Требования к наличию общих оснований являются максимальными при прямых коммуникациях, уменьшаются при косвенных коммуникациях и при действиях агентов на основе общих правил, т.е. при отсутствии коммуникаций. Однако наличие определенных общих оснований у участников совместной деятельности (Klein et al., 2005) является необходимым условием использования УИК. Кроме этого, для возникновения координируемой совместной деятельности можно выделить еще ряд требований, без выполнения которых УИК не приводит к координации:

- a) Для возникновения и поддержания координации КММ агентов должна содержать актуальную и достаточно полную информацию об участниках и условиях их совместной деятельности;
- b) Если выполнено «а», то должен существовать хотя бы один вариант совместной деятельности, ожидаемая выгода агентов от которого превышает их расходы, а вычислительные возможности агентов должны быть достаточны для нахождения с помощью КММ этого варианта;
- c) Если выполнено «b», то вычислительные возможности агентов должны позволять им определять содержание их совместной 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 и/или у их КММ отсутствуют необходимые характеристики. 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).

Для возникновения и поддержания координации важным является соотношение между вычислительными возможностями агентов и интенсивностью потока возмущений. Среди всех возможных возмущений в условиях для совместной деятельности критичными являются такие, которые обесценивают уже достигнутую агентами координацию и требуют выполнить координацию заново. В свою очередь, вычислительные возможности агентов определяют количество времени, которое им требуется для анализа входного потока информации и принятия решения о содержании своей деятельности в КММ.

Описанная выше конструкция УИК при наличии необходимых условий приводит к координации, если вычислительные возможности агентов соответствуют сложности задачи учета деятельности друг друга, которая, в свою очередь, зависит от интенсивности возмущений и от количества информации, которую агентам необходимо проанализировать в КММ.

### 2.3. Универсальный инструмент координации как имитационная модель

Решение задачи оптимизации настроек и параметров УИК требует создания соответствующей модели. В целях построения абстрактной модели УИК предлагается использовать очевидную ассоциацию функционирования КММ, которая является важнейшей частью УИК, с имитационным моделированием (Jones et al., 2011, p. 5). В литературе встречаются примеры описания КММ как агентных имитационных моделей (Fan и Yen, 2007; Stuit и др., 2007; Sayama и др., 2011), которые в сравнении с данным исследованием не учитывают различия работы КММ при разных вариантах коммуникаций и описывают функции КММ достаточно упрощенно.

В предлагаемом исследовании УИК, состоящий из блоков «интерфейс» и «вычислитель», рассматривается как особый класс коллективных агентно-ориентированных имитационных моделей, в которых агенты сами актуализируют свои

информационные образы. В данной модели выделяются два уровня взаимодействия агентов: 1) модельное представление «реальности», которое включает представление общей среды для совместной деятельности агентов, а также существующих в этой среде условий для их деятельности; 2) модельное представление ментального отражения «реальности», которое соответствует содержанию КММ.

Ментальное отражение «реальности», т.е. второй уровень модели УИК, создается функционированием «интерфейса». Некоторые характеристики КММ, например, полнота учета важных для совместной деятельности факторов, определяется настройками «интерфейса». Содержание второго уровня модели УИК можно рассматривать как некоторую рекурсию содержания первого уровня, т.к. ментальное отражение реальности должно обладать определенной точностью. «Ментальные модели, как правило, являются функциональными, а не полными или точными представлениями реальности. Ментальная модель — это упрощенное представление реальности, позволяющее людям взаимодействовать с миром. Из-за когнитивных ограничений невозможно и нежелательно представить каждую деталь, которую можно найти в реальности» (Jones et al., 2011, p. 6).

Точность этой рекурсии определяется возможностями блока «интерфейс». Однако текущие вычислительные возможности в блоке «вычислитель» определяют способность агентов обработать и проанализировать полученную информацию. С учетом этого будем считать, что верхнюю границу полноты ментального отражения реальности определяют текущие вычислительные возможности агентов и другие ограничения блока «вычислитель» в целом.

### 3. Формирование и функционирование универсального инструмента координации

В разделе рассматривается реализация функций «интерфейса» и «вычислителя» УИК при всех основных вариантах коммуникаций, а также соответствующие экономические примеры.

#### 3.1. Блок «интерфейс»

Блок «интерфейс» в составе модели УИК отвечает за формирование и актуализацию содержания КММ с помощью коммуникаций. Рассмотрим принципы формирования КММ у участников совместной деятельности при всех основных вариантах коммуникаций, включая прямые коммуникации, косвенные и предыдущие коммуникации, которые позволяют агентам вести совместную деятельность в

отсутствие коммуникаций. Гибридные коммуникации, когда агенты используют комбинации основных вариантов коммуникаций (Паринов, 2023а), не рассматриваются.

Таблица 1. Формирование КММ при основных вариантах коммуникаций

Прямые коммуникации
<p>Прямые коммуникации представляют собой межперсональный обмен информации без посредников по типу «все со всеми». За счет этого участники совместной деятельности поддерживают в сознании друг друга актуальное представление о текущих возможностях, намерениях и текущем содержании деятельности друг друга. Таким образом, в режиме прямых коммуникаций в блоке «интерфейс» каждый отдельный агент напрямую передает в КММ и получает из КММ информацию, которая требуется участникам совместной деятельности для вычисления содержания своей деятельности, учитывающей ожидаемую деятельность друг друга.</p>
Косвенные коммуникации
<p>При косвенных коммуникациях агенты оставляют в общей среде следы своей деятельности и/или определенные метки, которые считываются и анализируются другими агентами для учета возможностей и намерений друг друга по отношению к совместной деятельности. Процесс формирования КММ при косвенных коммуникациях предполагает создание агентами в общей среде некоторой сигнальной системы (Klein et al., 2005). Создаваемые агентами на базе сигнальной системы следы деятельности или метки имеют, как правило, стандартизованное оформление, что позволяет снижать затраты агентов на распознавание и анализ информации, полученной через косвенные коммуникации. Полученная информация накапливается в индивидуальных ментальных моделях агентов и обновляется в результате постоянного мониторинга агентов за изменениями в общей среде. Таким образом на базе косвенных коммуникаций содержание индивидуальных ментальных моделей агентов частично синхронизируется и за счет этого ментальные модели агентов приобретают свойства КММ.</p>
Предыдущие коммуникации / отсутствие текущих коммуникаций
<p>При отсутствии коммуникаций агенты могут действовать в определенной степени согласованно, если они используют КММ, созданный в результате предшествующих прямых и/или косвенных коммуникаций между ними. Такой КММ, предназначенный для использования в отсутствие текущих коммуникаций, является статичным, т.к. не может динамически актуализироваться, когда агенты его используют. Как правило,</p>

такой КММ представляет собой фиксированный набор общих правил или алгоритмов поведения, или заданный план действий, а также явные или неявные нормы, заданные поведенческие роли и инструкции, культурные общепринятые установки, и другие институты с координирующими функциями. Для простоты будем все такие случаи называть координацией деятельности агентов на основе общих правил. Актуализация таких статичных КММ возможна, но может требовать больших затрат времени и ресурсов. Примером является сложность процесса совершенствования существующих институциональных структур.

### 3.2. Блок «вычислитель»

В блоке «вычислитель» абстрактной модели УИК происходит определение содержания совместной деятельности агентов на основании текущего содержания КММ. Это реализуется агентами с помощью следующих функций «вычислителя»:

- 1) модельные имитации возможных вариантов деятельности, оценка ожидаемой выгоды агента и индивидуальной ценности ресурсов, необходимых для его совместной деятельности;
- 2) согласование или нащупывание взаимоприемлемых вариантов совместной деятельности, выбор лучшего варианта и перевод его в практическую реализацию.

Рассмотрим, как блок «вычислитель» выполняет эти функции при трех основных вариантах коммуникаций между агентами. Блок «вычислитель» также отвечает за поддержание совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на возмущения, но в данной статье в целях упрощения эта часть функций не рассматривается. См. полное описание в (Паринов, 2023в).

#### 3.2.1. Определение возможных вариантов деятельности

Для определения возможного содержания своей совместной деятельности агенты индивидуально выполняют модельные имитации (проигрывание) в КММ. Допустимые варианты деятельности определяются в виде заданного начального множества. В процессе модельных имитаций каждый отдельный агент на основе информации, содержащейся в КММ, учитывает ожидаемую деятельность других участников совместной деятельности. Анализируя в КММ варианты деятельности агенты оценивают ожидаемую выгоду от соответствующей деятельности.

Для экономической деятельности в процессе проигрывания ее возможных вариантов агент дополнительно определяет индивидуальную ценность ресурсов, произведенных другими агентами, которые ему необходимо получить в процессе распределения результатов экономической деятельности между всеми агентами. Индивидуальную ценность ресурсов агент определяет как возможность получить, используя данные ресурсы в своей деятельности, выгоду определенного размера. Чем больше ожидаемая выгода от варианта действий, тем выше ценность для агента ресурсов, необходимых ему для реализации этого варианта.

Создаваемые варианты совместной деятельности агентов содержатся в КММ и доступны для анализа всем участникам соответствующей совместной деятельности. Таким образом агенты могут анализировать «чужие» варианты, в которых предусмотрено их участие. Способ попадания в КММ «чужих» вариантов зависит от варианта коммуникаций между агентами и рассматривается в следующем разделе.

В блоке «вычислитель» каждый агент из множества допустимых определенным образом выбирает вариант его совместной деятельности, который имеет лучшие оценки ожидаемой выгоды, вычисленные на базе текущего содержания КММ. Одновременно агент оценивает для лучшего варианта индивидуальную ценность ресурсов, которые ему необходимы для реализации этого варианта.

### 3.2.2. Выбор лучшего варианта совместной деятельности

Выбор в КММ лучшего варианта среди множества созданных агентами вариантов совместной деятельности выполняется следующими процедурами:

- 1) обмен мнениями и предложениями между участниками по поводу содержания совместной деятельности;
- 2) достижение договоренности или согласия всех агентов по поводу лучшего варианта их совместной деятельности.

Рассмотрим, как эти процедуры реализуются при основных вариантах коммуникаций.

Таблица 2. Выбор лучшего варианта при прямых коммуникациях

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
При прямых коммуникациях обмен мнениями и предложениями является наблюдаемым и хорошо изученным процессом. Агенты в форме «живого» общения обмениваются, созданными в КММ, вариантами их совместной деятельности,

включая предложения по улучшению существующих вариантов деятельности. Таким образом агенты могут как предлагать изменения в варианты других агентов, так и предлагать новые варианты для анализа остальными участниками.

*Достижение договоренности*

Получение согласия всех участников совместной деятельности по поводу выбора лучшего варианта совместной деятельности происходит в процессе обмена мнениями и предложениями. Согласие всех агентов с выбором определенного варианта их совместной деятельности в качестве лучшего происходит под влиянием двух факторов. С одной стороны, существует стремление каждого агента получить максимальную выгоду от его совместной деятельности. С другой – агенты стремятся ограничить рост затрат на координацию, вызываемый, в частности, ростом количества времени, потраченного на поиск и согласование лучшего для всех варианта.

Саймон, развивая идеи Стиглера (Stigler, 1961), проанализировал ситуации, когда затраты на поиск информации могут превышать выгоду от нахождения лучшего варианта (Саймон, 1993). В таких случаях у агентов возникает мотивация выбирать не лучшие, а удовлетворительные решения. Аналогичные рассуждения об издержках поиска решения применимы и к рассматриваемой ситуации. Рост размера ожидаемой участниками совместной деятельности выгоды от продолжения ее согласования сопровождается соответствующим ростом количества времени, потраченного на согласование и, как следствие, ростом затрат на координацию. Рост затрат на координацию снижает ожидаемую полную выгоду агентов. Агентам выгодно соглашаться с реализацией приемлемого или удовлетворительного, а не лучшего варианта деятельности, т.к. продолжение согласования текущего варианта в целях получения агентом большей выгоды требует дополнительного времени, что делает лучший вариант менее выгодным, чем приемлемый текущий.

Для экономической деятельности размер выгоды агента зависит, в том числе, и от результатов распределения ресурсов, которые требуются агентам для их деятельности. Поскольку от результатов распределения ресурсов зависит конечная выгода агента от его деятельности, то процесс согласования агентами варианта экономической деятельности включает одновременное согласование распределения ресурсов, создаваемых участниками совместной деятельности. При прямых коммуникациях достижение договоренности в процессе согласования содержания

деятельности всех участников и согласование распределения ресурсов между ними происходит одновременно. Затраты агентов, связанные с поиском лучшего распределения ресурсов, вынуждают их и в этом случае принимать приемлемые решения вместо лучших.

Желание агентов получить максимальную выгоду в процессе согласования создает тенденцию к равновесию в коллективном определении содержания их совместной деятельности. Достижение равновесия возможно при отсутствии возмущений в условиях для совместной деятельности. В этом случае агенты могут определить Парето оптимальный вариант их совместной деятельности, в котором ни один агент не может повысить свою выгоду от совместной деятельности без снижения выгоды у других агентов.

Таблица 3. Выбор лучшего варианта при косвенных коммуникациях

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
<p>При косвенных коммуникациях агенты обмениваются мнениями и предложениями путем взаимодействия с общей средой, а не друг с другом. Исходя из текущего содержания КММ, агенты индивидуально определяют лучший вариант своей совместной деятельности и отчуждают его в общую среду в виде предложения для других агентов. Агенты оформляют такие предложения в соответствии с требованиями определенной сигнальной системы. В данном исследовании отчуждение предлагаемых вариантов деятельности рассматривается как отчуждение уже готового результата деятельности, который может быть как ресурсом, так и некоторым действием. Например, в результате такого отчуждения на рынке возникают предложения агентов в виде созданных ими ресурсов или предоставляемых сервисов (действий).</p>
<i>Достижение согласия</i>
<p>Достижение согласия всех агентов на реализацию некоторого варианта совместной деятельности при косвенных коммуникациях реализуется как процедура типичного рыночного нащупывания, т.е. как серия попыток агентов угадать спрос друг друга и предложить друг другу ресурсы, которые будут востребованы. Признаком достижения согласия в данном случае является ситуация, когда все произведенные ресурсы востребованы агентами. Для достижения этого состояния агенты анализируют информацию о реакции (спросе) других агентов на предложенный ими</p>

вариант деятельности (ресурсы/сервисы). Используя эту информации они корректируют предлагаемые варианты совместной деятельности, создавая и отчуждая в общую среду новые ресурсы или сервисы. Согласование деятельности агентов в этом случае происходит методом проб и ошибок. Агенты шаг за шагом все более точно учитывают в своей деятельности реакции и ожидания других агентов, т.к. это является для них способом получения максимальной выгоды от совместной деятельности.

В рамках этой же процедуры происходит согласование распределения ресурсов в соответствии с их максимальными индивидуальными ценностями, т.к. вероятность получения ресурсов на рынке выше для тех агентов, которые предъявили самый высокий спрос на них. Точность распределения ресурсов зависит от точности выражения индивидуальной ценности ресурса в величине (характеристиках) спроса на него от заинтересованных агентов. Желание агентов получить максимальную выгоду, нащупывая методом проб и ошибок вариант деятельности, который будет наиболее востребован другими агентами, создает стремление к равновесию в содержании деятельности всех участников. При косвенных коммуникациях агенты могут нащупать Парето оптимальный вариант деятельности, который даст им максимальную выгоду, если выполняются условия:

- Используемая агентами КММ содержит достаточно точную информацию об условиях для совместной деятельности;
- Цены, как измеритель величины спроса и предложения на ресурсы, точно отражают вычисленную в КММ ожидаемую выгоду агентов от их совместной деятельности и связанную с этим индивидуальную ценность ресурсов.

Таблица 4. Выбор лучшего варианта в отсутствие коммуникаций (предыдущие коммуникации)

<i>Обмен мнениями и предложениями</i>
<p>При отсутствии коммуникаций между агентами процесс обмена мнениями и предложениями в прямом виде отсутствует. Однако агенты могут использовать ранее созданные КММ, например, общие правила для определения содержания своей совместной деятельности, поскольку намерение агентов использовать общие правила придает их индивидуальным ментальным моделям свойства КММ. Ранее созданная КММ позволяет агентам проигрывать и выбирать варианты своей совместной</p>

деятельности, предполагая, что для определения содержания своей деятельности остальные участники, находящиеся в этих же условиях, используют этот же КММ или эти же общие правила.

*Достижение согласия*

Ранее созданный КММ позволяет агентам индивидуально выбирать вариант деятельности с максимальной для себя выгодой, но без возможности получить ответную реакцию на этот выбор других агентов. Выбор участниками совместной деятельности содержания их деятельности на основе одинакового статичного КММ, например, общих для всех участников правил, означает наличие определенной согласованности между деятельностью отдельных участников. В этих условиях степень согласования деятельности агентов зависит от качества статичной КММ, которую агенты используют, и от ее соответствия ситуации, в которой данная КММ применяется. Если случайные возмущения меняют условия для совместной деятельности, то требуется изменить соответствующий статичный КММ. Поддержание координации в этом случае означает отслеживание работоспособности статичных КММ и внесение в них корректив при необходимости.

В этом случае агенты определяют лучший вариант деятельности методом проб и ошибок. Они анализируют результативность выбранного варианта деятельности и если фактическая выгода меньше ожидаемой, то пытаются нащупать лучший вариант деятельности. Нашупывание в этом случае происходит без коммуникаций между агентами и, следовательно, другие участники не могут оказывать влияние друг на друга.

Состояние равновесия в отношениях между участниками совместной деятельности, действующих без коммуникаций друг с другом на основе статичной КММ возможно. При отсутствии возмущений в условиях для деятельности агенты методом проб и ошибок индивидуально нащупывают лучший вариант своей деятельности. При нахождении лучшего варианта деятельности равновесие возникает не как баланс интересов агентов, а определяется невозможностью агентов, действующих на основе заданного статичного КММ, повлиять на состояние друг друга в условиях отсутствия коммуникаций между ними. Такую ситуацию можно считать случаем вырожденного равновесия.

### 3.3. Экономические примеры

Как было отмечено выше, УИК является способностью каждого агента учитывать деятельность других участников совместной деятельности, за счет выбора в смешанном индивидуально-коллективном следующих настроек: а) варианты коммуникаций с другими участниками (настройки «интерфейса»); а также б) конфигурации и параметры КММ (настройки «вычислителя»). Настройки УИК определяют следующие характеристики координации: а) максимально возможную степень полноты учета важных факторов, от которой зависит размер выгоды от совместной деятельности, и б) величину затрат на координацию, уменьшающую полную выгоду агентов. Данные характеристики координации, в свою очередь, определяют для заданной совместной деятельности ожидаемую максимальную верхнюю границу выгоды агентов. Фактическое достижение этой верхней границы зависит как от характера реализации совместной деятельности ее участниками, так и от случайных возмущений. Рассматриваемые в данном исследовании процессы, в основном, относятся к деятельности агентов, которая приводит к возникновению координации и управления в их совместной деятельности, что логически предшествует их основной экономической деятельности. В соответствии с этим, рассматриваемые ниже примеры иллюстрируют возможности предлагаемого подхода к анализу как процессов координации, так и управления в экономике.

Очевидно, что экономические индивиды с УИК обладают системообразующими свойствами. Использование УИК с одинаковыми настройками участниками некоторого вида совместной экономической деятельности создает между ними взаимозависимости, которые превращают их в экономическую систему. С точки зрения традиционной экономической теории такие системы соответствуют определенным организационным или институциональным структурам. Наблюдаемые свойства таких систем/структур определяются вариантом коммуникаций, который доминирует в настройках УИК (Паринов, 2023а). Так, например, свойства команд или небольших фирм, которые часто описываются как организационные структуры типа «сеть», определяются прямыми коммуникациями между их участниками. Свойства иерархических структур являются следствием прямых коммуникаций, в которых участники-исполнители делегировали свои права принимать решение о содержании деятельности участникам-менеджерам. Важные свойства рыночных структур

определяются косвенными коммуникациями. Свойства институциональных структур вытекают из использования агентами результатов предшествующих коммуникаций в виде заранее сформированных статичных КММ. Такие статичные КММ представляют собой наборы правил или алгоритмы действий для заданных видов совместной деятельности или в заданных ситуациях. См. подробнее (Паринов, 2023а).

Настройки УИК, определенные для некоторого вида совместной деятельности агентов в целях получения максимальной выгоды, функционально соответствуют некоторому способу координации и управления соответствующей совместной деятельности. Стремление агентов к максимальной полноте учета важных факторов при минимальных затратах на координацию для сложных видов совместной деятельности приводит к формированию в способах координации сложных комбинаций вариантов коммуникаций. В работе (Паринов, 2023а) приведены примеры комбинаций вариантов коммуникаций, которые присутствуют в известных способах координации типа «сеть», «иерархия» и «рынок». В частности, в структурах типа «сеть» агенты для снижения затрат могут временно использовать, если это не приводит к снижению выгоды, статичные КММ и косвенные коммуникации (Паринов, 2023а, с. 10). В рыночных структурах агенты, с одной стороны, для снижения затрат в определенных случаях используют статичные КММ, а с другой – прямые коммуникации для повышения полноты учета важных факторов (Паринов, 2023а, с. 20).

Теоретически, настройки УИК, включая структуру комбинации вариантов коммуникаций, могут динамически меняться агентами в зависимости от изменения условий для их совместной деятельности. Таким образом, в «турбулентной» экономической среде агенты могут динамически поддерживать наилучшие характеристики способа координации, своевременно адаптируя настройки УИК к изменению условий совместной деятельности. Представленная в данном исследовании концепция индивида с УИК позволяет сформулировать и рассмотреть задачу оптимального поддержания наилучших характеристик способов координации в ответ на поток случайных возмущений. Детальный анализ этой задачи – дело будущего. В данной работе рассмотрим известную проблему, которая имеет прямое отношение к динамической оптимизации способов координации, и которую Хайек описал следующим образом:

«Специфический характер проблемы рационального экономического порядка обусловлен именно тем, что знание обстоятельств, которыми мы должны

пользоваться, никогда не существует в концентрированной или интегрированной форме, но только в виде рассеянных частиц неполных и зачастую противоречивых знаний, которыми обладают все отдельные индивиды. Таким образом, экономическая проблема общества — это ... проблема использования знания, которое никому не дано во всей его полноте» (Науек, 1945, Р. 1) .

Построение рационального экономического порядка здесь прямо связано с полнотой учета информации, частицы которой рассеяны среди участников совместной деятельности. Концепция индивида с УИК позволяет определить способы решения экономической проблемы общества по использованию знания, которое «никому не дано во всей его полноте». В контексте данного исследования эта задача логично разделяется на две части.

Первая часть задачи – выбор оптимальных настроек УИК для совместной деятельности заданного вида. Выбор вариантов коммуникаций и конфигурации КММ, обеспечивающих наилучший учет важных факторов при минимальных затратах, дает агентам способ координации. Организация усилий агентов по созданию способа координации получил название «метакоординация» (Паринов, 2023в). Для создания способов координации, в общем случае, агентам требуется механизм метакоординации, который позволяет координировать их усилия по конструированию способов координации для заданных видов их совместной деятельности. В работе (Паринов, 2023в) обсуждается подход к построению механизма метакоординации.

Вторая часть задачи - оптимальное применение созданного способа координации для заданного вида совместной деятельности в целях определения наилучшего содержания совместной деятельности агентов. Оптимальное использование способа координации означает нахождение агентами в текущих условиях для их совместной деятельности такого содержания деятельности, выгода от которого будет максимально близка к верхней границе, определяемой характеристиками способа координации, а затраты на координацию будут минимальны. Однако приближение к верхней границе увеличивает затраты времени агентов на поиск лучших решений и, как следствие, «с увеличением объема поиска возрастают издержки» (Саймон, 1993, с. 30), которые снижают общую выгоду. По этой причине агенты могут использовать приемлемые, а не лучшие варианты содержания деятельности (Саймон, 1993, с. 30). Проблема оптимального применения способа координации имеет и динамический аспект, связанный с необходимостью поддержки

совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на поток случайных изменений в ее условиях.

Рациональный экономический порядок и решение описанной Хайеком экономической проблемы общества возникают как результат оптимальных решений в двух пространствах для взаимодействия экономических агентов. а) в пространстве, создаваемом ментальным отражением реальности, в котором агенты, используя метакоординацию, создают и совершенствуют способы координации; и б) в реальной среде, где происходит применение участниками совместной деятельности созданных способов координации.

Теоретическая возможность получения оптимальных решений для деятельности агентов в этих двух пространствах и возникновение рационального экономического порядка вытекают из предположения о рациональности участников совместной деятельности. В процессе учета и использования распределенного знания участники совместной деятельности рационально выбирают наилучшие решения как в процессе определения оптимального способа координации, так и оптимального содержания их деятельности. В этом случае проявляется два вида рациональности агентов, на которые указывал Саймон (Саймон, 1993). Содержательная рациональность (*substantive rationality*) агентов воздействует на выбор содержания совместной деятельности, а процедурная рациональность (*procedural rationality*) определяет характеристики создаваемого или совершенствуемого способа координации.

Деятельность агентов с двумя видами рациональности при отсутствии возмущений приводит к возникновению в экономической системе двух видов равновесия. Процедурная рациональность агентов ведет к координационному или процедурному равновесию, т.е. равновесию в процессе улучшения агентами настроек УИК и характеристик соответствующего способа координации. Содержательная рациональность ведет к равновесию в процессе уточнения содержания совместной деятельности агентов, что, в том числе, проявляется как равновесия спроса и предложения в экономической системе.

Процедурная рациональность агентов означает наличие у них возможностей поддерживать устойчивость экономической системы при случайных возмущениях за счет адаптации способа координации к новым условиям. Через совершенствование способа координации, а также путем перекоординация их совместной деятельности агенты могут восстанавливать и поддерживать в экономической системе оба вида равновесия. Данное свойство агентов с УИК позволяет исследовать экономические

системы, находящиеся в сложном неравновесном состоянии или вдали от равновесия. Подобный анализ позволяет выделять различные виды равновесия-неравновесия, а также исследовать возможности экономической системы сохранять свою эффективность при разных видах неравновесия.

#### 4. Обсуждение

Концепция индивида с УИК, обладающего двумя видами рациональности, позволяет дополнить традиционное описание микроэкономической задачи максимизации целевой функции. Дополнениями в этом случае являются: а) описание присущих УИК причинно-следственных связей и движущих сил, приводящих к возникновению из участников совместной деятельности экономической системы, свойства которой определяются выбранными настройками УИК, в частности, вариантами коммуникаций; б) описание алгоритмов подбора оптимальных настроек УИК и создания для заданной экономической системы способа координации и управления, с помощью которого участники совместной деятельности максимизируют свои целевые функции и определяют поведение экономической системы в целом. С такими дополнениями агенты в микроэкономических моделях могут переопределять все условия максимизации целевой функции, включая содержание самой функции, в целях наилучшего учета намерений и возможностей друг друга, а также при возникновении критических возмущений. В этом качестве концепция УИК является расширением экономической теории, а представленная в предыдущих разделах концепция агентной имитационной модели процессов согласования совместной деятельности может стать основой для разработки блока эндогенной координации и управления для включения существующие микроэкономические модели экономики.

Если рассматривать отдельные подходы к микроэкономическому моделированию, то в контексте данного исследования наибольший интерес представляют модели, построенные на базе математического аппарата теории игр. Теория игр предлагает формальный аппарат для изучения экономического поведения. Сравним на содержательном уровне основные положения и разработки теории игр с описанными выше представлениями об экономическом поведении на базе имитационной агентной модели индивидов с УИК. В частности, рассмотрим какие новые аспекты экономического поведения, в сравнении с теорией игр, позволяет

рассматривать предлагаемый в данном исследовании подход. Для выяснения различий будем использовать основные положения теории игр в их изложении по (Данилов, 2002).

В теории игр игра в нормальной (стратегической) форме определяется списком игроков, где для каждого игрока задается список (профиль) стратегий и для каждого профиля стратегий указывается профиль платежей (выигрышей) игроков. Стратегия, как правило, понимается как полный план действий при всевозможных ситуациях.

Аналогом игры в данном исследовании является некоторый вид совместной деятельности. Игроки как участники совместной деятельности имеют УИК и общие основания для коллективного использования УИК, а также они располагают определенными вычислительными возможностями и действуют в среде со случайными возмущениями. Участники с УИК могут использовать всевозможные варианты коммуникаций между собой и формировать КММ, которая, в идеале, является моделью всевозможных ситуаций, позволяя динамически определять профиль стратегий всем участникам в меняющихся условиях. Профиль стратегий, представленный как одно из состояний динамически актуализируемой КММ, содержит всевозможные варианты содержания совместной деятельности участников, а также для каждой стратегии включает оценки ожидаемой выгоды и затрат с учетом всех возможных действий остальных участников.

Список стратегий в данном случае не задается, а динамически вычисляется каждый игроком в КММ. Степень оптимальности профиля стратегий зависит от вычислительных возможностей игрока, интенсивности случайных возмущений, коммуникационных возможностей игрока и настроек КММ, влияющих на полноту учета информации о возможных стратегиях других игроков. Таким образом профиль стратегий или возможное содержание совместной деятельности определяется агентами динамически для текущих условий для их совместной деятельности. Профиль ожидаемых выигрышей и затрат игроков оценивается также динамически в процессе проигрывания возможных стратегий в КММ. Профиль реальных выигрышей и затрат игроков определяется в процессе практической реализации вычисленного профиля стратегий игроков.

В отличие от игры в традиционной постановке действия участников совместной деятельности с УИК происходят в двух взаимосвязанных пространствах: в ментальном представлении реальности в КММ и в реальном пространстве. Процесс выбора стратегий игроками в общем случае включает: а) процесс совершенствования

механизма метакоординации, который формирует, например, общие правила или алгоритмы для эффективного конструирования игроками способов координации совместной деятельности; б) использование механизма метакоординации для создания новых и совершенствования существующих настроек УИК для каждого вида совместной деятельности, т.е. совершенствование способов управления/координации в целях создания условий для эффективного определения игроками стратегий с максимальным выигрышем за счет координации; в) использование способа координации/управления для поддержания совместной деятельности в скоординированном состоянии в ответ на поток случайных возмущений.

Процесс практической реализации выбранной стратегии (в общем случае, он может идти одновременно с совершенствованием стратегии) включает учет в КММ обратных связей, который дает информацию о соответствии ожидаемых характеристик стратегии реальным результатам ее применения. Это позволяет поддерживать необходимое соответствие реальности для содержания ментального пространства взаимодействия игроков.

Проанализируем как предпосылки теории игр, определяющие выбор игроками-участниками своих стратегий, обобщаются и дополняются в случае имитационной модели участников совместной деятельности с УИК:

- Как и в теории игр, каждый участник стремится максимизировать свой выигрыш, т.е. участники совместной деятельности рациональны. Участники с УИК стремятся найти оптимальный баланс между полнотой учета важных для совместной деятельности факторов и затратами, которые связаны с этим учетом. Наличие случайных возмущений, которые требуют повторного согласования деятельности, мотивирует участников использовать приемлемые, а не лучшие стратегии.
- Предпосылка, что каждый игрок знает игру, т.е. знает выигрыш свой и остальных, для участников с УИК обобщается: участники могут и должны с некоторыми затратами получить эту информацию через УИК (через настройки коммуникаций и КММ). В общем случае участники знают, что могут получить эту информацию, но с определенными ограничениями и затратами. Понятие «общее знание» из теории игр в этом случае соответствует динамически меняющемуся содержанию КММ.

- Положение, что свои стратегии игроки выбирают одновременно и независимо, не применимо. В предложенной имитационной модели участники в процессе обмена информацией между собой определяют содержание своей деятельности в форме договоренностей, или нащупывания, или на основе общих правил. В процессе достижения договоренностей участник знает какие стратегии (содержание деятельности) выбирают другие участники. В остальных случаях участники на основе информации в КММ предполагают содержание совместной деятельности (стратегий) других участников.

Рассмотрим некоторые созданные в теории игр специальные постановки игры в контексте совместной деятельности, выполняемой индивидами с УИК:

1. Игра играется однократно или многократно. Можно считать, что совместная деятельность в ментальном представлении реальности проигрывается участниками практически непрерывно. При реальной реализации совместная деятельность, в зависимости от ее вида, может выполняться разными способами, включая и непрерывную реализацию. Обратные связи, существующие в КММ между совместной деятельностью в ментальной среде и в реальности, в непрерывном случае позволяют оперативно уточнять способ реализации совместной деятельности и повышать выгоду от деятельности.

2. Игра с сообщениями, с посредником или социальным планировщиком. Метафора «посредника», который, посылая секретные сведения участникам, предлагает им коррелированные стратегии, приводящие к коррелированному равновесию, в предлагаемой имитационной модели соответствует функциям КММ. Образ «социального планировщика» используется для моделирования поиска игроками механизмов доминирующей стратегии. Поиск в этом случае может быть ограничен «механизмами раскрытия», в которых каждый агент сообщает о своих личных характеристиках (предпочтения, запасы, производственный потенциал и т.п.) социальному планировщику. Планировщик использует эту информацию для вычисления состояния мира, а затем выбирает результат, предписываемый правилом социального выбора в этом состоянии, и передает его игрокам в качестве их стратегии. Все эти случаи взаимодействий между игроками могут быть реализованы на основе УИК. Однако рассмотренные в предыдущих разделах представления о возможностях индивидов с УИК в роли участников совместной деятельности позволяют описать

более реалистичные схемы взаимодействий, в которых не требуются участие искусственных существ в виде «посредника» или «социального планировщика».

3. Игра с наблюдениями, в которой существует «информационная система». Из нее игроки берут информацию о состоянии природы. В этом случае стратегии игрока зависят от наблюдаемых в информационной системе значений состояния природы. В такой игре реализуется принцип выявления (revelation principle), который означает игру с прямыми указаниями участникам что им делать. В предлагаемом подходе роль информационной системы выполняет КММ, для формирования и актуализации которой участники определяют в определенном смысле оптимальные режимы коммуникаций.

4. Игра с неполной информацией. Личная информация, в такой байесовская игре, отражается типом игрока и включает полезности, информированность и представления об остальных. В игре задается множество возможных типов каждого игрока. Каждый игрок знает вероятности типов других игроков. Для участников совместной деятельности похожие условия получения информации создаются в КММ, в которой они могут, подбирая режимы коммуникаций, оптимальным образом менять полноту учета распределенной между ними информации в целях получения максимальной выгоды при минимальных затратах.

5. Кооперативная игра. Образование коалиций игроками и закрепление обязательств членов коалиций. Предложенное в разделах выше представление механизмов взаимодействия участников совместной деятельности в виде имитационной модели подбора оптимальных настроек УИК позволяет представить переход от индивидуальных действий к коллективным как использование КММ и соответствующего режима коммуникаций. Полностью коллективные действия возникают при использовании прямых коммуникаций. Чисто индивидуальные действия являются следствием использованием общих правил при отсутствии текущих коммуникаций между участниками. Косвенные коммуникации являются промежуточным случаем, в котором присутствует как коллективные, так и индивидуальные действия. Предложенная модель позволяет исследовать гибкие переходы от некооперативных игр к кооперативным, а также описывает гибридные случаи, когда участники совместно используют разные режимы коммуникаций и разные степени кооперативности в своей совместной деятельности.

Резюмируя проведенное сравнение, отметим, что аппарат теории игр является адекватным и эффективным инструментом для определенных случаев экономического

поведения, которые являются частными случаями, если экономическое поведение описывается на базе предложенного подхода. «Предположение о том, что люди обладают полной информацией обо всех доступных им действиях, вероятных стратегиях, которые примут другие, и вероятностях конкретных последствий, которые возникнут в результате их собственного выбора, должно быть отвергнуто в любых, кроме самых простых из повторяющихся ситуаций» (Ostrom, 2010, с. 659).

Проведем аналогичное сравнение с основанном на теории игр подходе «дизайн механизмов» (mechanism design), в котором решается задача определения формы стратегической игры, определяющей процедуру или правила выбора игроками их стратегий. Решением является определенный механизм взаимодействия игроков, который приводит в игре к решению, оптимальному для функции социального выбора (Hurwicz, 1973; Jackson, 2001; Maskin & Sjöström, 2002; Hurwicz, & Reiter, 2006). Авторы этого подхода оценивают его возможности следующим образом: «почти любой мыслимый метод принятия социальных решений является возможным механизмом в этой структуре» (Maskin & Sjöström, 2002, p. 239).

Развиваемый в данном исследовании подход, в общем, соответствует постановке задачи дизайна механизма. Это можно проиллюстрировать на примере абстрактной «консоли», описанной основателем теории дизайна механизмов Гурвицом. Данная «консоль» реализует действие механизма распределения ресурсов и направляет агентов в принятии решений:

«Максимально упрощая, мы можем представить себе, что каждый агент имеет перед собой консоль с одним или несколькими циферблатами для настройки; выбор настроек циферблата всеми агентами однозначно определяет поток товаров и услуг (вектор торговли) между каждой парой агентов, а также производство каждого агента (вектор вход-выход), его «торговлю с природой». Не все настройки циферблата возможны, а некоторые возможны только в сочетании с другими настройками циферблата. Таким образом, возможность выполнения комплекса действий (заданная комбинация настроек набора для всех агентов) может быть разделена на индивидуальную возможность и совместимость» (Hurwicz, 1973, p. 16).

В таком описании работа «консоли» достаточно точно соответствует функциям КММ. Однако, если образ «консоли» рассматривать в контексте участников совместной деятельности, использующих УИК, то описание Гурвица необходимо дополнить. Должно быть добавлено описание природных способностей агентов и причинно-

следственных связей, которые позволяют им и мотивируют их создавать «консоли» для разных видов их совместной деятельности. Также требуется добавить детали в описании конструкции консоли, которые позволяют агентам находить лучшие варианты своей деятельности с учетом возможной предполагаемой деятельности других участников, включая оценку ожидаемой выгоды от реализации этих вариантов. Предлагаемая концепция УИК позволяет описывать эти процессы точнее, чем схема функционирования «консоли» Гурвица, и поэтому является более адекватной реальным процессам использования агентами распределенного знания в целях учета деятельности друг друга.

Теория дизайна механизмов унаследовала от теории игр упрощенное представление об экономическом поведении агентов. Как отмечается в (Ostrom, 2009, с. 7), многие ситуации выбора слишком сложны, чтобы их можно было смоделировать как простую игру. Для сложных случаев в качестве инструментов для выявления закономерностей взаимодействий лучше подходят агентные модели и различные типы имитаций.

## 5. Заключение

Данное исследование развивает идею, что все участники совместной деятельности обладают универсальным инструментом координации, состоящим из коллективной ментальной модели, формируемой и актуализируемой за счет коммуникаций между ними. С помощью этого инструмента участники получают и используют распределенную между ними информацию (Хайек, 1993) в целях наилучшего учета деятельности друг друга. Из этого вытекает концепция экономического индивида с универсальным инструментом координации, в которой индивиды обладают как содержательной, так и процедурной рациональностью (Саймон, 1993). Данная концепция допускает ограниченную рациональность агентов и их оппортунистическое поведение (Уильямсон, 1993).

Случаи оппортунистического поведения, манипулирования, намеренного или случайного искажения информации и т.п. могут встречаться при использовании общего универсального инструмента координации, например, путем вмешательства отдельных агентов в этот процесс. Однако поскольку агенты анализируют в коллективной ментальной модели информацию друг о друге и сравнивают ожидаемые результаты их совместной деятельности с реальными, то у них существует возможность находить и

устранять противоречивость в исходно распределенной информации, суммировать и взаимодополнять ограниченную информацию, а также выявлять случаи оппортунистического поведения. Одним из свойств универсального инструмента координации является возможность агентов минимизировать воздействие всех этих факторов на результаты их совместной деятельности.

Коллективные ментальные модели систематически приводят агентов к согласованию их совместной деятельности. Иначе, агенты не имели бы возможность коллективно создавать условия для поддержания своей жизнедеятельности. Имея сильную мотивацию к согласованию совместной деятельности, агенты решают эту задачу как поиск компромиссов, предпочитая принимать приемлемые решения вместо наилучших (Саймон, 1993). Совместно с возможностями агентов исправлять недостатки коллективной ментальной модели это позволяет им достигать согласования деятельности несмотря на возможные ошибки и искажения, неполноту и асимметрию информации, наличие различного рода рисков, ограниченных вычислительных возможностях, и множество других препятствий.

Рациональные индивиды с универсальным инструментом координации стремятся максимизировать выгоду от их совместной деятельности. Размер выгоды участников зависит, в том числе, от полноты учета важных для их совместной деятельности факторов, информация о которых распределена между ними. Повышение полноты учета важных факторов повышает затраты агентов на коммуникации и анализ информации. Рост этих затрат снижает общую выгоду агентов. Использование универсального инструмента координации рациональными агентами означает поиск оптимальных настроек этого инструмента, при которых агенты имеют максимальную общую выгоду от их совместной деятельности при минимальных затратах.

Универсальный инструмент координации с настройками рассматривается как особая имитационная модель. Блок «интерфейс» этой модели создает для агентов общую информационную среду. Блок «вычислитель» позволяет каждому агенту определять содержание его деятельности с учетом ожидаемой деятельности остальных участников. Показано, что универсальный инструмент координации выполняет свои функции при всех основных вариантах коммуникаций между участниками совместной деятельности.

Концепция индивида с универсальным инструментом координации расширяет границы микроэкономической теории. Традиционная для микроэкономики задача

максимизации целевой функции агентов решается в этом случае в составе более общей модели.

В рамках такой расширенной микроэкономической модели агенты могут при необходимости пересматривать и улучшать настройки универсального инструмента координации, т.е. менять используемый ими способ координации. Такая возможность позволяет, например, улучшать правила, по которым действуют агенты, и «трансформировать ситуацию» (Остром, 2019). Таким образом в рамках расширенной микроэкономической модели можно искать решения известных проблем экономической теории, связанных с социальными дилеммами как «трагедия общин», проблема «безбилетника» и т.п. (Ostrom, 2010).

Экономические индивиды с универсальным инструментом координации обладают системообразующими свойствами. Использование этого инструмента с одинаковыми настройками участниками некоторого вида совместной деятельности создает между ними взаимозависимости, которые превращают их в экономическую систему. С точки зрения традиционной экономической теории такие системы соответствуют определенным организационным или институциональным структурам. Наблюдаемые свойства таких систем/структур определяются вариантом коммуникаций, который доминирует в настройках этого инструмента (Паринов, 2023а).

В поведении рациональных экономических индивидов с универсальным инструментом координации проявляется процедурная и содержательная рациональность (Саймон, 1993). Процедурная рациональность ведет агентов к поиску настроек этого инструмента, которые дают максимальную ожидаемую выгоды от их совместной деятельности при минимальных затратах на координацию. Содержательная рациональность выбора, в данном случае, мотивирует агентов к использованию общего универсального инструмента координации для выбора содержания деятельности, которое наилучшим образом учитывает деятельность друг друга в целях получения максимальной выгоды.

Два вида рациональности агентов проявляются как стремление экономической системы к двум видам равновесия. Содержательная рациональность при отсутствии возмущений обеспечивает возникновение равновесия в индивидуальном содержании совместной деятельности всех участников, которое в традиционной микроэкономике соответствует равновесию спроса и предложения в системе. Процедурная рациональность при отсутствии возмущений ведет к координационному равновесию, при котором общий универсальный инструмент координации имеет настройки,

изменение которых ведет к ухудшению характеристик координации и снижению ожидаемой общей выгоды агентов.

Одной из разновидностей возмущений, которые могут возникать в экономических системах, является нестабильность индивидуальных предпочтений агентов. Предлагаемый подход позволяет определять условия сохранения системой экономической эффективности при нестабильности предпочтений агентов. Например, последствия возмущений преодолеваются перекоординацией деятельности участников, что восстанавливает баланс между спросом и предложением при каждом изменении предпочтений участников совместной деятельности. Перекоординация в ответ на возмущения является, таким образом, способом перехода экономической системы к новому равновесию, где траектория перехода к новому равновесию определяется алгоритмом уточнения настроек УИК для изменившихся условий для совместной деятельности агентов.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № 075-15-2024-525 от 23.04.2024

### Литература

Данилов В.И. (2002). Лекции по теории игр. М.: Российская экономическая школа. 2002 – 140 с.

Коуз Р. (1995). Природа фирмы // Теория фирмы / Под ред. В. М. Гальперина — СПб.: Экономическая школа, 1995. — С. 11–32. — Серия «Вехи экономической мысли»

Остром, Э. (2019). Управляя общим: эволюция институтов коллективной деятельности (Governing The Commons: The Evolution Of Institutions For Collective Actions [1990]). Издательство ИРИСЭН, 2019, 447 с., ISBN 978-5-91066-076-6

Паринов, С.И. (2023а). Микроуровень процессов экономической координации. // Вопросы экономики. 2, 127-144. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-2-127-144>

Паринов, С.И. (2023б). К конструированию механизмов экономической координации. // Вопросы экономики, 9:121-137. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-9-121-137>

Паринов, С.И. (2023в). Фундаментальный процесс социально-экономической координации и метакоординация. Препринт в Munich Personal RePEc Archive. [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118985/1/MPRA\\_paper\\_118985.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118985/1/MPRA_paper_118985.pdf)

- Саймон, Г.А. (1993). Рациональность как процесс и продукт мышления. THESIS, вып. 3, с. 16-38.
- Уильямсон, О. (1993). Поведенческие предпосылки современного экономического анализа. Thesis, 1(3), 39.
- Уильямсон О. (1996). Экономические институты капитализма: Фирмы, рынки, «отношенческая» контракция / Пер. с англ. — СПб.: Лениздат; CEV Press, 1996. — 702 с.
- 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.
- Cohen, P. R., Levesque, H. J., & Smith, I. A. (1997). On team formation. Synthese Library, 87-114.
- Craik, K. J. W. (1967). The nature of explanation (Vol. 445). CUP Archive.
- Denzau, A. T., & North, D. C. (1994). Shared mental models: ideologies and institutions. Kyklos, 47(1), 3-31.
- Hayek, F. A. V. (1945). The use of knowledge in society. The American Economic Review 35:44, 518-530, 1945.
- Hindriks, K. V., & Van Riemsdijk, M. B. (2009). A computational semantics for communicating rational agents based on mental models. In International Workshop on Programming Multi-Agent Systems (pp. 31-48). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- 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).
- Jackson, M. O. (2001). A crash course in implementation theory. Social choice and welfare, 18(4), 655-708.
- Jones, N. A., H. Ross, T. Lynam, P. Perez, and A. Leitch. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. Ecology and Society 16(1): 46
- Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental models in cognitive science. Cognitive science, 4(1), 71-115.

- Jonker, C., van Riemsdijk, M., & Vermeulen, B. (2011). Shared mental models. A conceptual analysis. In *Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems VI*, 132-151.
- Klein, G., Feltovich, P. J., Bradshaw, J. M., & Woods, D. D. (2005). Common ground and coordination in joint activity. *Organizational simulation*, 53, 139-184.
- Mantzavinos, C. (2004). *Individuals, institutions, and markets*. Cambridge University Press.
- Mantzavinos, C., North, D. C., & Shariq, S. (2004). Learning, institutions, and economic performance. *Perspectives on politics*, 2(1), 75-84.
- Maskin, E., & Sjöström, T. (2002). Implementation theory. *Handbook of social Choice and Welfare*, 1, 237-288.
- Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor no more: A 15-year review of the team mental model construct. *Journal of management*, 36(4), 876-910.
- Ostrom, E. (2009). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American economic review*, 100(3), 641-672.
- Roy, R. K., & Denzau, A. T. (2020). Shared mental models: insights and perspectives on ideologies and institutions. *Kyklos*, 73(3), 323-340.
- Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a “big five” in teamwork? *Small group research*, 36(5), 555-599.
- 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.
- Simon, H. A. (1986). Rationality in psychology and economics. *Journal of Business*, S209-S224.
- Smith, V. (2018). Causal versus Consequential Motives in Mental Models of Agent Social and Economic Action: Experiments, and the Neoclassical Diversion in Economics. *Kyklos*. 73. 10.1111/kykl.12246.
- Stigler, G. J. (1961). The economics of information. *Journal of political economy*, 69(3), 213-225.
- 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).