

Мультиагентные системы при моделировании развития самоорганизующихся рабочих групп.

Часть 1: разработка системы критериев

Multi-agent systems in modeling the development of self-organizing work groups. Part 1: development of a system of criteria



П. А. Шарко,
инженер
✉ polina.sharko@spbpu.com

P. A. Sharko,
engineer



А. М. Гинцяк,
к. т. н., зав. лабораторией
✉ gintsyak_am@spbstu.ru

A. M. Gintciak,
candidate of engineering sciences,
head of laboratory

Лаборатория «Цифровое моделирование промышленных систем», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Laboratory «Digital modeling of industrial systems», Peter the Great St. Petersburg polytechnic university

Самоорганизующиеся рабочие группы являются видом инновационных систем. Управление развитием самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах в современных организациях зачастую недостаточно эффективно из-за невозможности учета индивидуальных целей и возможностей участников. Данная практическая проблема в том числе является следствием несовершенства существующих методов и алгоритмов управления развитием самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах — предоставляемые ими способы учета индивидуальных целей и возможностей работников не позволяют прогнозировать результаты развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и управлять данным процессом с требуемой в современных организациях эффективностью. Для разработки методов и алгоритмов управления развитием самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, способствующих принятию решений с учетом личных целей и возможностей работников, необходимо использовать инструменты, предназначенные для управления группами разнородных агентов — например, мультиагентные системы. Однако описательные возможности подобных инструментов могут быть недостаточны для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития. Мультиагентные системы применяются при моделировании организационных систем, однако возможности их использования в моделировании децентрализованных организационных систем с учетом свойств систем данного типа мало изучены, основанные на данном подходе инструменты не распространены. Цель данной работы — исследовать применимость мультиагентных систем для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития. Возможности применения мультиагентных систем для моделирования самоорганизующихся рабочих групп определены на основании результатов анализа требований к инструментам моделирования, вытекающих из особенностей самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, и предоставляемых мультиагентными системами возможностей для моделирования. В работе выявлены критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах. Статья является первой в цикле работ, полученные в которых результаты позволяют моделировать организационные системы с учетом циклической взаимосвязи ее элементов и могут быть использованы при моделировании инновационных систем.

Self-organizing work groups are a type of innovative system. The management of the development of self-organizing work groups in decentralized organizational systems within modern organizations is often insufficiently effective due to the inability to account for the individual goals and capabilities of participants. This practical issue is, among other things, a consequence of the imperfection of existing methods and algorithms for managing the development of self-organizing work groups in decentralized organizational systems — the approaches they offer for considering individual goals and capabilities of employees do not allow for forecasting the development outcomes of such groups and managing this process with the level of efficiency required by modern organizations.

To develop methods and algorithms for managing the development of self-organizing work groups in decentralized organizational systems that support decision-making based on individual goals and capabilities, it is necessary to use tools designed for managing groups of heterogeneous agents — for example, multi-agent systems. However, the descriptive capabilities of such tools may be insufficient for modeling self-organizing work groups and their development in decentralized organizational systems. While multi-agent systems are used for modeling organizational systems, their applicability for modeling decentralized organizational systems — taking into account the specific properties of such systems — remains poorly studied, and tools based on this approach are not widely used.

The aim of this work is to investigate the applicability of multi-agent systems for modeling self-organizing work groups and their development in decentralized organizational systems. The possibilities for applying multi-agent systems for this purpose are defined based on an analysis of the requirements for modeling tools that stem from the characteristics of self-organizing work groups in decentralized organizational systems, and on the capabilities provided by multi-agent systems. This work identifies criteria for evaluating the suitability of a tool for modeling the development of self-organizing work groups in decentralized organizational systems.

This article is the first in a series of studies whose results make it possible to model organizational systems while taking into account the cyclic interrelationship of their elements, and can be used in the modeling of innovative systems.

Ключевые слова: децентрализованные организационные системы, самоорганизующиеся рабочие группы, мультиагентные системы, органическая структура организационной системы, сложные организационные системы, моделирование организационных систем.

Keywords: decentralized organizational systems, self-organizing work groups, multi-agent systems, organic structure of an organizational system, complex organizational systems, simulation of organizational systems.

Введение

Сложные организационные системы в первую очередь являются сложными системами, обладающими двумя ключевыми свойствами — целостности и эмерджентности. При этом рассматриваются техни-

ческий и человеческий компоненты эмерджентности сложной организационной системы [1]. Процесс создания и внедрения инноваций, являющийся основным в инновационной системе, в значительной степени зависит как от целостности системы, определяющей возможности развития инновационной идеи группой

участников организационной системы, так и от индивидуальных возможностей участников организационной системы, являющихся фактором, определяющим эмерджентность данной системы. Инновационные системы являются сложными системами. Сложные системы обладают вариабельной структурой, изменения которой позволяют адаптировать организационную систему для эффективной деятельности, направленной на достижение текущих целей. Одним из проявлений динамической структуры сложных организационных систем является самоорганизация участников системы. Самоорганизация — одно из основных свойств децентрализованных организационных систем. Наличие этого свойства обосновывает принадлежность децентрализованных организационных систем к инновационным системам, являясь причиной вариативности исполнителей организации — их состав может изменяться при изменении решений участников об их готовности заниматься текущими задачами организации, вариативности организационной структуры — структура может изменять при принятии участниками решений об изменении ролей в организации, вариативностью технологий — технологии, применяемые в организации могут быть изменены в соответствии с представлениями участников об эффективных подходах к решению задач организации. Исследование децентрализованных организационных систем позволяет углубить понимание инновационных систем.

В современном мире децентрализованные организационные системы становятся все более распространенными — системы данного типа создаются в различных отраслях производства [2], в IT-компаниях [3-5], при управлении системами с использованием смарт-контрактов [6, 7], умными городами [8], транспортными системами [9, 10], системами финансирования инновационных проектов [11] и др. Влияние личных целей и способностей участников системы играет ключевую роль в деятельности децентрализованных организационных систем в первую очередь из-за свойства эмерджентности человеческого ресурса — основного свойства сложных организационных систем [1]. Область создания подходов к управлению децентрализованными организационными системами активно развивается, однако существующие методы, в том числе основанные на методах теории игр [12] и на мультиагентном подходе [2, 13, 14], не позволяют эффективно управлять развитием самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, так как не позволяют учитывать индивидуальные цели и возможности участников системы при определении управленческого воздействия — введения ограничений ресурсов, доступных группе. В частности, основанные на методах теории игр подходы [12] не позволяют учитывать влияние на решение агента выборов других агентов, не позволяют учитывать ограниченную рациональность агента, полагают целевую функцию агента заданной предварительно и не изменяемой, а также имеют и иные ограничения как на определение возможностей и целей агента, так и на тип рассматриваемой системы. Основанные на мультиагентном подходе методы [2, 13] рассматривают

децентрализованные автоматизированные системы, не предлагая рекомендаций по управлению организационной системой с учетом индивидуальности ее участников, а также основаны на одном из видов мультиагентных систем — SWARM, при использовании которого рассматриваются однородные агенты. Таким образом, несовершенство существующих методов и алгоритмов моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах из-за невозможности учета индивидуальных целей и возможностей участников системы ведет к неэффективности управления такими рабочими группами. Для решения данной проблемы необходимо разработать методы и алгоритмы, позволяющие учитывать личные особенности участников системы. Одним из подходов, позволяющих учитывать индивидуальные особенности участников системы, является мультиагентный подход.

Мультиагентная система — система, состоящая из множества интеллектуальных агентов, действующих в одной среде. Когнитивный агента — агент, способный выбирать действие для достижения индивидуальной цели. Одной из основных парадигм построения когнитивных агентов является BDI. В BDI:

- B (belief) — убеждения, набор знаний агента о внешнем мире;
- D (desire) — желания, функции, отражающие стремления агента, описываются целевыми функциями;
- I (intention) — намерения, действия, которые агент решил предпринять для получения желаемого [15-17].

Мультиагентные системы используются для решения задач управления и моделирования во множестве отраслей — в управлении в организационных системах, транспорте, энергетике, медицине, экономике, телекоммуникациях, IT, физике, биологии, социальных науках, геологии, робототехнике, производстве, бизнесе [15]. В основе данного типа систем находятся интеллектуальные агенты, одной из отличительных черт которых является способность самостоятельно принимать решения для достижения личных целей на основе собственных убеждений [16]. Возможности применения мультиагентных систем для моделирования децентрализованных организационных систем мало исследованы — так как децентрализованные мультиагентные системы изначально разрабатывались и зачастую сейчас используются для управления роботизированными системами [15, 16], при решении задач управления организационными системами и их моделирования мультиагентный подход как правило применяется либо для упрощенных моделей организационных систем [18], либо для управления их подсистем автоматизированного управления [2, 13]. Разрабатываются децентрализованные мультиагентные системы, позволяющие управлять децентрализованными системами роботов [19], но представленные для роботизированных систем решения не адаптированы для использования в управлении децентрализованными организационными системами и их моделирования. Для применения мультиагентных систем при модели-

ровании самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития следует определить, может ли данный инструмент быть использован для решения этого типа задач. Для этого необходимо сформировать критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, оценить по данным критериям мультиагентные системы и исследовать применимость мультиагентных систем для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах. В этой статье, являющейся частью цикла работ, разработаны критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах.

1. Определение самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах

Понятия децентрализованной организационной системы и самоорганизации используются в научном дискурсе [4, 12, 20-23], однако не являются устоявшимися. Для определения возможности использования мультиагентных систем для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития необходимо явно определить ключевые понятия исследования — децентрализованная организационная система и самоорганизация.

Одной из наиболее эффективных форм организации труда является создание рабочей группы — коллектива, деятельность которого направлена на решение конкретной задачи. Работа группы подразумевает использование общих ресурсов группой профессионалов, обладающих узкоспециализированными знаниями и навыками в области решаемой проблемы. Данные особенности обеспечивают эффективность рассматриваемой формы организации [24]. Результативность работы группы определяется ее организационной структурой и способностью ее участников к совместной работе в рамках данной группы. Способ определения типа организационной структуры группы и ее состава зависит от типа организационной системы. Организационные системы могут быть классифицированы по типам организационных структур. Организационные структуры глобально могут быть разделены на группы органических и механистических [25]. Механистическим структурам свойственна иерархичность власти, органистические структуры более гибки. В системах, имеющих черты органических, персонал включен в процесс принятия решений [25], что порождает множественность центров принятия решений в системе. Организационные системы, организационные структуры которых имеют множественные центры принятия решений, могут быть названы децентрализованными организационными системами. Отличительной чертой систем данного типа является самоорганизация — возможность участников системы принимать решения, не совпадающие с решениями вышестоящих участников

системы или их групп. Если часть организационной системы является децентрализованной, то рассматриваемая организационная система также должна считаться децентрализованной. Следует отметить, что как правило организационные системы сочетают черты органического и механистического типов. Из-за этой особенности участники системы как правило не в полной мере автономны — каждый из них обязан при принятии решений учитывать позицию вышестоящих участников или их групп. Но также это свойство указывает на широкую распространенность децентрализованных организационных систем — действительно, такими нельзя считать только механистические системы с жесткой иерархией. Так, децентрализованные организационные системы являются распространенным типом организационных систем. Децентрализованные организационные системы могут включать как участников, имеющих право принятия решений в организации собственной рабочей деятельности, деятельности организации или ее подразделения, так и реализующих решения вышестоящих участников. Если задача формирования рабочей группы из подчиненных участников системы неспецифична для децентрализованных организационных систем, то формирование рабочей группы участников системы, имеющих право принимать решения, в децентрализованных организационных системах требует учета их способности к самоорганизации, а значит и их целей. Для результативности работы создаваемой рабочей группы цели ее участников должны быть согласованы с целью группы. Представленные определения близки к используемым в научном дискурсе [4, 12, 20-23]. Для того, чтобы определить подходящее управленческое воздействие, лидеру необходимо определить цели сотрудников и спрогнозировать, будут ли сотрудники заинтересованы во вступлении в группу при знании тех возможностей, которые участие в совместной деятельности им предоставит. Прогнозирование состава формируемой группы на основании знаний о целях сотрудников и их представлениях о предоставляемых при вступлении в группу возможностях является сложной многофакторной задачей, решение которой может быть упрощено за счет использования вычислительных методов. В организационных системах для решения производственных задач могут быть сформированы рабочие группы.

Выбор способа управления формированием рабочей группы зависит от типа распределения власти в организационной системе. По типу распределения власти организационные системы могут быть разделены на децентрализованные и централизованные. Децентрализованная организационная система — организационная система, в которой участники имеют право принимать решения, не совпадающие с решениями вышестоящих участников системы или их групп. Отличительное свойство децентрализованных систем — самоорганизация участников. Самоорганизация участников — право участников организационной системы принимать решения, не совпадающие с решениями вышестоящих участников системы или их групп. Рассматриваемая организационная система —

самоорганизующаяся рабочая группа в децентрализованной организационной системе. Представленные определения использованы в данной работе, однако стоит отметить, что для формирования терминологии, наиболее полно отражающей современные представления научного сообщества об изучаемом предмете, необходимо проведение посвященного решению этой задачи исследования.

2. Критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах

Для оценки допустимости применения мультиагентных систем при моделировании самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития необходимо разработать критерии оценивания. В соответствии с поставленной целью нам необходимо определить критерии двух групп: критерии, позволяющие оценить способность инструмента к описанию структуры самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, и критерии, позволяющие оценить способность инструмента к описанию развития данных систем.

2.1. Критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах по способности к описанию структуры рабочих групп

Возможности для описания структуры системы, предоставляемые инструментом, могут быть оценены по представленным в нем способам моделирования систем рассматриваемого вида. Рассмотрим составляющие децентрализованной организационной системы. Они могут быть определены путем рассмотрения составляющих организационных систем. Компонентами организационной системы являются организационная структура, состав участников организационной системы и их текущие цели, ресурсы организационной системы, состав нормативных документов [1, 25].

Структура организационной системы — совокупность предписанных ролей и взаимоотношений, распределение функций между подразделениями, распределение власти между административными должностями и формальная коммуникационная сеть [25]. Структуру организационной системы составляют коммуникационная сеть, роли участников системы и определяющие их взаимоотношения нормы, функции подразделений организации, сеть управления организационной системой.

Коммуникационная сеть описывает систему организационного общения. Система организационного общения является совокупностью каналов общения, связывающих элементы организационной структуры [25]. При этом формальное общение внутри организации и ее подсистем нормировано. В децентрализованных

организационных системах существуют особенности построения системы организационного общения — основная заключается в развитости горизонтальных потоков коммуникационной сети. Стоит отметить, что коммуникационная сеть как децентрализованной организационной системы, так и самоорганизующейся рабочей группы, не обязана быть децентрализованной. Однако инструмент для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах должен позволять представлять модель системы организационного общения с учетом развитой сети горизонтальных потоков и необходимых для корректной работы данной сети норм коммуникации.

Роль участника организационной системы — набор поведенческих паттернов и норм деятельности, предписываемых индивиду при его принадлежности организации или ее составляющей [25]. При рассмотрении самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах среди функций участника, предписываемых ролью, особое внимание следует обращать на функции, направленные на управление рабочими процессами группы и управление способом организации группы — данные функции в децентрализованных и централизованных системах различаются как по способу их выполнения участниками, так и по способу назначения этих функций в соответствии с ролью. Отличие данных функций в децентрализованных системах от аналогичных в централизованных отличается необходимостью согласования задач по управлению и планируемых к осуществлению управленческих воздействий с другими участниками системы, в том числе с имеющими равные права на принятие решений в рабочей группе. При этом функции ролей в децентрализованных системах могут отличаться от свойственных аналогичным ролям в централизованных системах из-за эмерджентности данного типа систем, проявляющейся на уровне участников системы появлением у них новых возможностей за счет взаимовлияния. Например, используемые участниками системы могут качественно измениться при их совместной работе — в том числе за счет появления возможности развития предлагаемых участниками подходов в ходе коммуникации. Цели участников могут измениться при совместной работе за счет влияния на них цели принадлежать системе, а вместе с тем и придания значимости целям других участников организации, выраженной в перенятии этих целей и участии в направленной на их достижение деятельности. Существуют и иные проявления свойства эмерджентности в децентрализованных организационных системах, подробное описание которых в цели данного исследования не входит. Инструмент для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах должен позволять определять роли участников системы, в том числе моделировать функции управления рабочими процессами и группой с учетом децентрализации управления и моделировать функции участников системы с учетом эмерджентности системы. Аналогичные требования предъявляются к инструментам

моделирования и при описании функций подразделений организации.

Сеть управления организационной системой определяет число уровней в иерархии управления и охват контролем организации [25]. Самоорганизующиеся рабочие группы в децентрализованных организационных системах могут иметь различное количество уровней иерархии управления и требовать различного определения охвата контролем. Инструмент моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных системах должен позволять определять различные сети управления организационной системой.

Самоорганизующиеся рабочие группы в децентрализованных организационных системах являются децентрализованными организационными системами. На основании рассмотрения составляющих децентрализованной организационной системы мы можем определить следующие критерии для оценки допустимости применения инструмента моделирования:

1. Инструмент позволяет представлять модель системы организационного общения с учетом развитой сети горизонтальных потоков и необходимых для корректной работы данной сети норм коммуникации;
2. Инструмент должен позволять определять роли участников системы и функции подразделений организации, в том числе моделировать функции управления рабочими процессами и группой с учетом децентрализации управления и моделировать функции участников системы с учетом эмерджентности системы;
3. Инструмент должен позволять моделировать различные сети управления организационной системой.

Инструмент моделирования может быть использован для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, если он удовлетворяет всем представленным критериям. Если инструмент удовлетворяет только части из них, он может быть использован при создании гибридного инструмента моделирования, удовлетворяющего всем названным критериям.

2.2. Критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах по способности к описанию развития рабочих групп

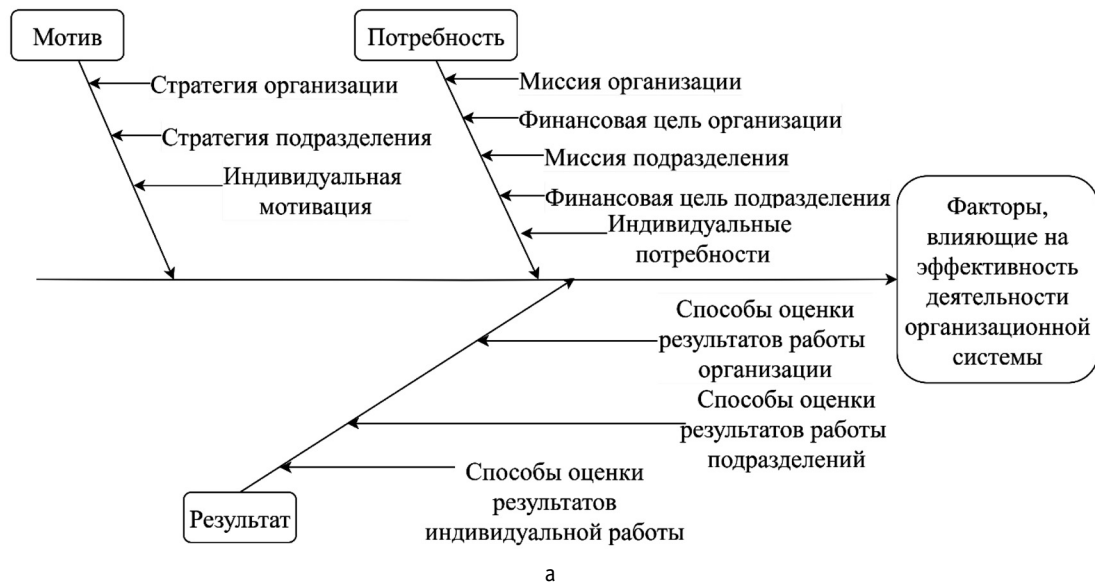
Инструмент для моделирования развития самоорганизующейся рабочей группы в децентрализованной организационной системе должен позволять представлять деятельность работников организации, ее подразделений и организации в целом, в том числе связанные с децентрализованным управлением процессы. Допустимость применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах по способности к описанию развития рабочих групп определяется возможностью модели-

рования с использованием инструмента деятельности участников системы, в совокупности представляющих рабочую группу и своей деятельностью определяющих ее развитие. Любая полезная деятельность может быть описана в соответствии со следующим перечнем компонент: потребность, мотив, цель, задачи, технология (включающая содержание, формы, методы, средства), результат [26]. Для определения особенностей деятельности самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах деятельность организации следует рассматривать на уровне организации, подразделения и участника. При таком представлении рабочая группа может быть рассмотрена как одно из подразделений. Эффективность деятельности организационной системы зависит от каждой из представленных компонент. Факторы, влияющие на эффективность деятельности организационной системы, основанные на компонентах деятельности, представлены на рисунке.

Потребность определяет необходимость осуществления деятельности. Действия организации направлены на осуществление цели ее существования, выраженной в миссии, и достижение финансовой цели организации. Подразделения также имеют миссии и финансовые цели, побуждающие их к действию. Потребности участников системы многообразны и включают как финансовые потребности, так и потребности в самореализации, признании и иные [22]. В организационной системе, допускающей децентрализацию на уровне подразделений, потребности подразделений могут не следовать явно из потребностей системы. Потребности участников системы не могут быть определены непосредственно из потребностей организации и ее подразделений. Потребности рабочих групп, допускающих самоорганизацию, значительно зависят не только от потребностей организации, но и от потребностей участников группы. Инструменты моделирования процесса развития самоорганизующейся рабочей группы в децентрализованной организационной системе должны позволять учитывать взаимозависимость потребностей участников и рабочей группы, рабочей группы и организации, участников и организации.

Мотив есть представление об объекте, обладание которым или достижение которого позволит удовлетворить потребность. Организации определяют мотив в рамках стратегии, описывающей последовательность ситуаций, осуществление которых могло бы удовлетворить потребность. Также действуют и подразделения. Система мотивов участников более сложна для описания и формализации, ее часть, влияющая на профессиональную деятельность, изучается в рамках организационной психологии. Мотивы децентрализованной организации, самоорганизующейся группы и ее участников взаимозависимы, что должно быть учтено при моделировании систем этого типа.

Цель определяет требования к результату деятельности, позволяя реализовать мотив [22, 26]. Цели организации, подразделений и участников организационной системы взаимозависимы. В случае орга-



Факторы, влияющие на эффективность деятельности организационной системы, основанные на компонентах полезной деятельности: а — начало диаграммы Исикавы, б — конец диаграммы Исикавы

низационных систем, децентрализованных на уровне подразделений, цели подразделений не определяются целями организации и могут определяться локально. Цель организации децентрализованной организационной системы также зависит от целей ее подразделений и участников. Также связаны и цели подразделений и их участников. Эта связь прослеживается и в задачах организации, подразделений, участников системы. Децентрализованность влияет не только на взаимозависимость целей и задач организации, подразделений, участников системы, но и на взаимозависимость целей и задач равных подразделений и участников. Индивидуальные цели и задачи подразделений и участников системы следует формировать с учетом целей, задач и знаний других подразделений и участ-

ников системы — это позволит избежать неточности формулировок, возникающей из-за недостаточной информированности; избыточной работы, направленной на решение повторяющихся задач участников и подразделений; малоэффективной работы, направленной на достижение противоположенных целей различных участников и подразделений; избыточных расходов ресурсов из-за некорректного распределения задач в группе; невыполнения поставленных целей из-за некорректно определенных сроков выполнения задач, не учитывающих цели и задачи других участников системы. Инструмент для моделирования развития децентрализованных организационных систем должен позволять учитывать взаимозависимости целей и задач организации, подразделений и участников системы,

как принадлежащих одному, так и принадлежащих разным уровням иерархии.

Технология описывает способы решения задач организацией, подразделениями, участниками системы. Технологию составляют ее содержание, формы, методы, средства. Содержание определяет предмет деятельности, то, на что направлена деятельность. Формы определяют характеристики начального и конечного состояния изменяемой системы. Методы — конкретные механизмы, которые применяются при использовании технологии. Методы включают технологии производства и производственные нормы. Средства — ресурсы, используемые при использовании технологии [22, 26]. Содержание определено для технологии, однако может трактоваться различным образом на уровне организации, подразделения и участника системы. В децентрализованной организационной системе из-за развитой сети коммуникаций значительную роль играет взаимозависимость представлений о содержании технологии, которых придерживаются участники системы и подразделения, находящиеся как на одном уровне иерархии, так и на разных. Можем заметить аналогичную взаимозависимость представлений о производственных нормах, технологиях производства, способах определения характеристик предмета производства, доступных ресурсах. Составляющие технологии следует определять с учетом взаимозависимости участников системы, подразделений, организации и равных участников и подразделений между собой. Это позволит избежать неэффективного выбора технологий из-за недостаточной информированности об их содержании; формирования неэффективной группы для реализации технологии из-за неучета возможностей — ресурсов, включая знания, навыки, индивидуальное требуемое на работу время, персональное расписание, — участников и подразделений; разногласий в оценке результатов из-за несогласованности представлений о формах технологии; неэффективного применения методов технологии из-за несогласованности производственных норм; неэффективного распределения ресурсов группы из-за несогласованности решений по их использованию, неинформированности об объеме ресурсов в системе, отсутствия учета возможности передачи ресурсов в системе. Инструмент для моделирования развития децентрализованных организационных систем должен позволять учитывать взаимозависимости организации, подразделений и участников системы, как принадлежащих одному, так и принадлежащих разным уровням иерархии, при реализации ими технологии.

Завершением деятельности становится получение результата. Результат имеет характеристики, различным способом оцениваемые организацией, подразделениями и участниками организационной системы. Организация, подразделения и участники системы формируют способы оценивания результата независимо на основании собственных целей, мотивов, потребностей. Однако при стремлении к достижению результата, удовлетворительного для всех участников системы, подходы к оцениванию стоит согласовывать с учетом различий в информации участников, подразде-

лений, организации. Инструмент для моделирования развития децентрализованных организационных систем должен позволять учитывать взаимозависимости оценок результатов деятельности, используемых организацией, подразделениями и участниками системы.

На основании рассмотрения составляющих деятельности децентрализованной организационной системы мы можем определить следующие критерии для оценки допустимости применения инструмента моделирования:

1. Инструменты моделирования процесса развития самоорганизующейся рабочей группы в децентрализованной организационной системе должны позволять учитывать взаимозависимость потребностей, мотивов, целей и задач, оценок результатов деятельности участников и рабочей группы, рабочей группы и организации, участников и организации.
2. Инструмент для моделирования развития децентрализованных организационных систем должен позволять учитывать взаимозависимости организации, подразделений и участников системы, как принадлежащих одному, так и принадлежащих разным уровням иерархии, при реализации ими технологии.

Инструмент моделирования может быть использован для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах, если он удовлетворяет всем представленным критериям. Если инструмент удовлетворяет только части из них, он может быть использован при создании гибридного инструмента моделирования, удовлетворяющего всем названным критериям.

Выводы

Многие современные подходы к моделированию децентрализованных организационных систем не позволяют учитывать индивидуальные цели и возможности участников системы. В самоорганизующихся рабочих группах в децентрализованных организационных системах правом принятия решений обладает множество участников системы, при этом извне непосредственные управляющие воздействия на нее не производятся — допустимо только управление путем введения ограничений на ресурсы группы. Эта особенность рассматриваемых систем делает актуальной разработку новых инструментов для их моделирования, позволяющих учитывать индивидуальные цели и возможности участников системы. Основой этих инструментов может служить мультиагентная система. Мультиагентный подход не применялся ранее для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах. Данная работа, проведенная с целью исследования применимости мультиагентных систем для моделирования самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития, позволила определить, какие возможности для моделирования данного типа организаци-

онных систем предоставляет мультиагентный подход. В исследовании:

- Представлен подход к моделированию самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах и их развития с использованием мультиагентных систем. Подход заключается:
 1. В описании системы в терминах предметной области, то есть описании компонент организационной структуры и компонент полезной деятельности исходной организационной системы.
 2. В описании системы в терминах мультиагентных систем, то есть формализации в терминах мультиагентных систем описанных ранее компонент организационной структуры и компонент полезной деятельности исходной организационной системы.
- Определены критерии для оценки допустимости применения инструмента для моделирования развития самоорганизующихся рабочих групп в децентрализованных организационных системах. Перечень разработанных критериев:
 1. Инструмент позволяет представлять модель системы организационного общения с учетом развитой сети горизонтальных потоков и необходимых для корректной работы данной сети норм коммуникации.
 2. Инструмент должен позволять определять роли участников системы и функции подразделений организации, в том числе моделировать функции управления рабочими процессами и группой с учетом децентрализации управления и моделировать функции участников системы с учетом эмерджентности системы.

3. Инструмент должен позволять моделировать различные сети управления организационной системой.
4. Инструменты моделирования процесса развития самоорганизующейся рабочей группы в децентрализованной организационной системе должны позволять учитывать взаимозависимость потребностей, мотивов, целей и задач, оценок результатов деятельности участников и рабочей группы, рабочей группы и организации, участников и организации.
5. Инструмент для моделирования развития децентрализованных организационных систем должен позволять учитывать взаимозависимости организации, подразделений и участников системы, как принадлежащих одному, так и принадлежащих разным уровням иерархии, при реализации ими технологии.

В следующей статье цикла будет проведено оценивание мультиагентных систем на соответствие разработанным критериям. Полученные результаты позволяют определить новый подход к изучению явления самоорганизации, являющейся одним из факторов, обеспечивающих вариабельность структуры сложных организационных систем. Данное исследование может послужить основой для выбора подходов к моделированию при разработке инструментария, позволяющего моделировать и определять эффективные решения по управлению инновационными системами.

* * *

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-00322. <https://rscf.ru/project/25-21-00322>.

Список использованных источников

1. В. К. Раев. Организационные системы//ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 1 (11). С. 94-100.
2. J. Leng, Y. Zhong, Z. Lin et al. Towards resilience in Industry 5.0: A decentralized autonomous manufacturing paradigm//Journal of Manufacturing Systems. 2023. Vol. 71. P. 95-114.
3. F. Bleu, B. Edlund. Organizational Design for IT Startups. 2023.
4. Н. Г. Содаткадамова. Понятие организационной структуры и ее виды//E-Scio. 2021. № 6 (57). С. 195-204.
5. С. М. Бекетов, П. А. Шарко, А. М. Гинцяк. Мультиагентный подход к перераспределению трудовых ресурсов внутри сформированного портфеля проектов//Инпром-2025. Сб. трудов Международной научно-практической конференции. СПб.: Политех-пресс, 2025. С. 444-447. doi 10.18720/IEP/2025.2/121.
6. C. Bellavitis, C. Fisch, P. P. Momtaz. The rise of decentralized autonomous organizations (DAOs): a first empirical glimpse//Venture Capital. 2023. Vol. 25. № 2. P. 187-203.
7. X. Zhao, P. Ai, F. Lai et al. Task management in decentralized autonomous organization//Journal of Operations Management. 2022. Vol. 68. № 6-7. P. 649-674.
8. A. Erbad. Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) Adoption for Smart City Governance//International Congress on Blockchain and Applications. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. P. 120-129.
9. L. Eremina, A. Mamoiko, G. Aohua. Application of distributed and decentralized technologies in the management of intelligent transport systems//Intelligence & Robotics. 2023. Vol. 3. № 2. P. 148-160.
10. П. А. Шарко. Применение инструментов разработки мультиагентных систем в управлении транспортными системами//Современные подходы в системном инжиниринге и цифровом моделировании сложных производственных систем. Сб. трудов I Всероссийской научно-практической конференции. СПб.: СПбПУ, 2025. С. 239-245. doi 10.18720/SPBPU/2/id25-213.
11. С. Райцев. DAO — современный механизм привлечения инвестиций в инновационные проекты в условиях внешних ограничений//Экономический вестник ИПУ РАН. 2023. Т. 4. № 3. С. 3-9.
12. М. А. Горелов, Ф. И. Ершко. Информированность и децентрализация управления//Автоматика и телемеханика. 2019. № 6. С. 156-172.
13. H. S. Park, N. H. Tran. An autonomous manufacturing system based on swarm of cognitive agents//Journal of Manufacturing Systems. 2012. Vol. 31. № 3. P. 337-348.
14. А. М. Гинцяк, Ж. В. Бурулцкая, Д. Э. Федяевская и др. Цифровое моделирование социотехнических и социально-экономических систем: монография. СПб.: Политех-пресс, 2023. 164 с.
15. ИТО «Исследование подходов к созданию интеллектуальных мультиагентных систем для предиктивной и прескриптивной аналитики в промышленности». 2024. Пер. № НИОКТР 124062900023-5.
16. M. J. Wooldridge. An Introduction to Multiagent Systems//John Wiley & Sons Publ. 2009. 461 p.
17. M. Wooldridge. Intelligent agents//Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. 1999. Vol. 1. P. 27-73.
18. N. R. Jennings, T. J. Norman, P. Faratin. ADEPT: An agent-based approach to business process management//ACM Sigmod Record. 1998. Vol. 27. № 4. P. 32-39.
19. W. Ren, Y. Cao. Distributed coordination of multi-agent networks: emergent problems, models, and issues. Springer, 2010.
20. М. А. Стадольник. Преимущества централизации и децентрализации в условиях изменяющихся факторов внешней и внутренней среды на примере сети розничной торговли «Окей»//Проблемы науки. 2021. № 8 (67). С. 32-33.
21. A. Rubel. Centralized and decentralized organizational structure: the impact on employee satisfaction and performance//Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management. 2023. Vol. 20230241.

22. В. А. Долятовский, Л. В. Долятовский. Анализ и управление развитием организационных систем//Системный анализ в проектировании и управлении. 2023. Т. 26. № 3. С. 7-16.
23. Д. А. Толмачев. Самоорганизация как феномен организационной психологии и компетенция будущего профессионала//Психология, образование: актуальные и приоритетные направления исследований. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и их наставников. Тверь, 2022. С. 366-371.
24. Е. А. Лежнина, Г. М. Хитров, Е. А. Калинина, И. А. Кононов. Рабочие группы: создание и управление//Вестник СПбГУ. 2022. Т. 18. №. 4. С. 608-620.
25. А. Н. Занковский. Организационная психология: учебное пособие для вузов. М.: Форум, 2009. 646 с.
26. В. Г. Балашов, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. 84 с.

References

1. V. K. Raev. Organizatsionnye sistemy//ITNOU: Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii. 2019. № 1 (11). S. 94-100.
2. J. Leng, Y. Zhong, Z. Lin et al. Towards resilience in Industry 5.0: A decentralized autonomous manufacturing paradigm//Journal of Manufacturing Systems. 2023. Vol. 71. P. 95-114.
3. F. Bleu, B. Edlund. Organizational Design for IT Startups. 2023.
4. N. G. Sodatkadamova. Ponyatie organizatsionnoy struktury i ee vidy//E-Scio. 2021. № 6 (57). S. 195-204.
5. S. M. Beketov, P. A. Sharko, A. M. Gintysyak. Multiagentnyy podkhod k pereraspredeleniyu trudovykh resursov vnutri sformirovannogo portfelya projektov//Inprom-2025. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg: Politekh-press, 2025. С. 444-447. doi 10.18720/IEP/2025.2/121.
6. C. Bellavitis, C. Fisch, P. P. Momtaz. The rise of decentralized autonomous organizations (DAOs): a first empirical glimpse//Venture Capital. 2023. Vol. 25. № 2. P. 187-203.
7. X. Zhao, P. Ai, F. Lai et al. Task management in decentralized autonomous organization//Journal of Operations Management. 2022. Vol. 68. № 6-7. P. 649-674.
8. A. Erbad. Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) Adoption for Smart City Governance//International Congress on Blockchain and Applications. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. P. 120-129.
9. L. Eremina, A. Mamoiiko, G. Aohua. Application of distributed and decentralized technologies in the management of intelligent transport systems//Intelligence & Robotics. 2023. Vol. 3. № 2. P. 148-160.
10. P. A. Sharko. Primenenie instrumentov razrabotki multiagentnykh sistem v upravlenii transportnymi sistemami//Sovremennye podkhody v sistemnom inzhiniringe i tsifrovom modelirovanii slozhnykh proizvodstvennykh sistem. Sbornik trudov I Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Sankt-Peterburg: SPbPU, 2025. S. 239-245. doi 10.18720/SPbPU/2/id25-213.
11. S. Raytsev. DAO — sovremenny mekhanizm privlecheniya investitsii v innovatsionnye proekty v usloviyakh vneshnikh ogranicheniy//Ekonomicheskii vestnik IPU RAN. 2023. Т. 4. № 3. С. 3-9.
12. M. A. Gorelov, F. I. Ereshkova Informirovannost i detsentralizatsiya upravleniya//Avtomatika i telemekhanika. 2019. № 6. S. 156-172.
13. H. S. Park, N. H. Tran. An autonomous manufacturing system based on swarm of cognitive agents//Journal of Manufacturing Systems. 2012. Vol. 31. №. 3. P. 337-348.
14. A. M. Gintysyak, Zh. V. Burlutskaya, D. E. Fedyavskaya i dr. Tsifrovoye modelirovanie sotsiotekhnicheskikh i sotsialno-ekonomicheskikh sistem: monografiya. SPb.: Politekh-press, 2023. 164 s.
15. NTO «Issledovanie podkhodov k sozdaniyu intellektualnykh multiagentnykh sistem dlya prediktivnoy i preskriptivnoy analitiki v promyshlennosti». 2024. Reg. № NIOKTR 124062900023-5.
16. M. J. Wooldridge. An Introduction to Multiagent Systems//John Wiley & Sons Publ. 2009. 461 p.
17. M. Wooldridge. Intelligent agents//Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. 1999. Vol. 1. P. 27-73.
18. N. R. Jennings, T. J. Norman, P. Faratin. ADEPT: An agent-based approach to business process management//ACM Sigmod Record. 1998. Vol. 27. №. 4. P. 32-39.
19. W. Ren, Y. Cao. Distributed coordination of multi-agent networks: emergent problems, models, and issues. Springer, 2010.
20. M. A. Stadolnik. Preimushchestva tsentralizatsii i detsentralizatsii v usloviyakh izmenyayushchikhsya faktorov vneshney i vnutrenney sredy na primere seti roznichnoy trgovly «Okey»//Problemy nauki. 2021. №. 8 (67). S. 32-33.
21. A. Rubel. Centralized and decentralized organizational structure: the impact on employee satisfaction and performance//Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management. 2023. Vol. 20230241.
22. V. A. Dolyatovskiy, L. V. Dolyatovskiy. Analiz i upravlenie razvitiyem organizatsionnykh sistem//Sistema analiz v proektirovanii i upravlenii. 2023. Vol. 26. №. 3. P. 7-16.
23. D. A. Tolmachev. Samoorganizatsiya kak fenomen organizatsionnoy psikhologii i kompetenciya buduschego professionala//Psikhologiya, obrazovanie: aktualnye i prioritetye napravleniya issledovaniy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, molodykh uchenykh I ikh nastavnikov. Tver, 2022. S. 366-371.
24. E. A. Lezhnina, G. M. Khitrov, E. A. Kalinina, I. A. Kononov. Rabochie gruppy: sozdanie i upravlenie//Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protssy upravleniya. 2022. Т. 18. №. 4. С. 608-620.
25. А. Н. Занковский. Организационная психология: учебное пособие для вузов. М.: Форум, 2009.
26. В. Г. Балашов, А. Ю. Заложнев, Д. А. Новиков. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. 84 с.