

Распределение ролей в базовых теоретико-игровых моделях

Г.И. Алгазин, Д.Г. Алгазина

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

The Distribution of Roles in Basic Game-Theoretic Models

G.I. Algazin, D.G. Algazina

Altai State University (Barnaul, Russia)

Обсуждается проблема распределения ролей между участниками организационных систем (ОС). В основе организации современных систем в большинстве случаев лежит сетевая форма кооперации неравноправных хозяйствующих субъектов, когда каждый из субъектов может брать на себя ответственность за результаты, установление правил взаимодействия и принятия решений другими субъектами.

В математических исследованиях принципы сетевой организации в наиболее полной мере могут быть реализованы в теоретико-игровом подходе. Множество вариантов различных теоретико-игровых моделей (ТИМ), с помощью которых описывается распределение ролей в ОС, обуславливает необходимость введения соответствующей системы классификаций.

В предложенной системе классификаций ТИМ распределение ролей в ОС с постоянным составом участников описывается через право первого хода (порядка ходов) и/или распределение переменных (управлений) и представлено следующими классами: 1) модели с фиксированным правом первого хода и разделенными переменными; 2) модели с нефиксированным правом первого хода и разделенными переменными; 3) модели с фиксированным правом первого хода и неразделенными переменными; 4) модели с нефиксированным правом первого хода и неразделенными переменными. Для каждого класса представлены обзоры базовых ТИМ.

Ключевые слова: сети, ролевое поведение, теоретико-игровые модели, право первого хода, распределение переменных, классификация моделей.

DOI 10.14258/izvasu(2016)1-16

Введение. В последнее время в работах по управлению социально-экономическими системами все больше внимания уделяется проблемам распределения ролей между их участниками. Такая тенденция обуславливается тем, что в основе организации совре-

The paper discusses the problem of roles distribution among participants of organizational systems (OS). Networking cooperation of unequal economic entities is a basis for modern systems organization with every entity taking responsibilities for results, establishing rules of interaction and decision-making by others.

In mathematical studies, network organization principles to the fullest extent possible can be implemented in a game theoretical approach. An introduction of an appropriate classification system is necessary due to multiple variants of various game-theoretic models (GTM) describing roles distribution in OS.

Roles distribution in OS with fixed number of participants in the proposed GTM classification system is described with a right of the first move (move order) and/or distribution of variables (controls). The following classes are presented: 1) models with a fixed right of the first move and with separated variables; 2) models with a non-fixed right of the first move and with separated variables; 3) models with a fixed right of the first move and with non-separated variables; 4) models with a non-fixed right of the first move and with non-separated variables. Overviews of basic GTM are presented for each class.

Key words: network, role behavior, game-theoretic models, the first move, the distribution of variables, classification of models.

менных систем в большинстве случаев лежит сетевая форма кооперации неравноправных хозяйствующих субъектов. При сетевой организации каждый из субъектов, в зависимости от ситуации и решаемой задачи, может выступать как в роли управляемого субъекта —

активного элемента, так и в роли управляющего органа — центра, или в роли метacentра, т. е. брать на себя ответственность за результаты, установление правил взаимодействия и принятия решений другими центрами и т. д. Поэтому ключевым моментом сетевой организации взаимодействия является распределение ролей между участниками системы [1, 2].

В математических исследованиях принципы сетевой организации и распределения ролей в наиболее полной мере могут быть реализованы в теоретико-игровом подходе. Несмотря на большое множество возможных вариантов различных моделей распределения ролей и определения игр на них, на сегодняшний день отсутствует более-менее завершенная их систематизация. В этой области сделаны лишь первые шаги. Можно рекомендовать всего несколько современных обзоров игр на сетях, акцентирующих внимание на формирование сетевых структур [3–6]. В наиболее полном обзоре [3] предложена система классификаций математических моделей анализа и синтеза организационных структур, включающая 13 оснований, в том числе основание «распределение ролей». По этому основанию введено 2 класса моделей: распределение ролей фиксированно и распределение ролей произвольно. Как признают сами авторы, данная система, несомненно, требует дополнений, поскольку ее классы содержат огромное число весьма сложных задач. К тому же она дает возможность систематизировать перечисление возможных моделей, но не акцентирует внимание на подходы к построению и изучению моделей. Различные модели, учитывающие распределение ролей, различаются по используемым подходам, которые также можно рекомендовать в качестве оснований классификации.

Поэтому состояние и актуальность работ по систематизации современных исследований проблемы распределения ролей в организационных системах (ОС) с применением математических методов и моделей обуславливают необходимость введения системы классификаций теоретико-игровых моделей (ТИМ), которая учитывала подходы к их построению и изучению, а также способствовала анализу и решению проблемы.

Классификация моделей распределения ролей. В ТИМ распределение ролей в ОС с постоянным составом участников традиционно описывается через право первого хода (порядок ходов) [4].

Поэтому первая система оснований классификации может быть введена с точки зрения права первого хода:

- ТИМ, в которых фиксировано право первого хода и/или фиксирован порядок ходов игроков;
- ТИМ, в которых не фиксировано право первого хода и/или не фиксирован порядок ходов.
- Вторая система оснований классификации, предложенная авторами данной статьи, может быть

введена с точки зрения распределения переменных.

Соответственно, могут использоваться [7]:

- ТИМ, в которых фиксировано разделение переменных (управлений) между игроками;
- ТИМ, в которых не фиксировано разделение переменных (управлений).

По каждому основанию возможно выделение подклассов.

Комбинируя перечисленные системы оснований классификации, представим обзор и описание соответствующих базовых ТИМ.

1. Модели с фиксированным правом первого хода и разделенными переменными.

Наличие упорядочения игроков по последовательности выбора стратегий определяет качественное отличие иерархических игр от неантагонистических игр в нормальной форме и является характерной чертой многих задач управления в ОС. Под стратегией игрока принято называть правило выбора им действий в зависимости от информации, имеющейся у него на момент осуществления выбора. Как правило, управляющий орган (центр в теории активных систем, первый агент (верхний уровень) в теории иерархических игр, *principal* в теории контрактов) обладает правом первого хода. Он выбирает свою стратегию первым и сообщает ее другим участникам системы — управляемым субъектам (агентам в теории активных систем, второму агенту (нижнему уровню) или производителю в теории иерархических игр, *agent* в теории контрактов) [1, 4].

В играх с неравноправными участниками первый (имеющий право первого хода) игрок выступает в роли центра, который устанавливает «правила игры» для остальных игроков. Приоритет в последовательности выбора стратегий и возможность выбирать в качестве своей стратегии функцию от действий (или в более общем случае — стратегий) участников, имеющих более низкий приоритет, определяет отнесение конкретного участника ОС к множеству управляющих органов или к множеству управляемых субъектов.

Так, если в некоторой ОС участники принимают решения в последовательные моменты времени, то можно условно рассматривать данную ОС как многоуровневую иерархическую систему. Участники, делающие первый ход, интерпретируются как центры верхнего уровня иерархии, участники, делающие второй и последующие ходы, интерпретируются как центры промежуточного уровня, а участники, выбирающие свои действия последними — как управляемые субъекты нижнего уровня иерархии. Стратегии центров верхнего уровня могут быть функциями от стратегий центров и субъектов нижнего уровня, стратегии центров промежуточных уровней — функциями от стратегий центров последующих промежуточных

уровней и субъектов нижнего уровня. Следовательно, в рамках ТИМ иерархическая структура ОС порождается фиксацией последовательности выбора стратегий, свойств множеств допустимых действий и информированности участников [4, 8–10].

Другим примером теоретико-игровых модельных конструкций, относящихся к этому основанию классификации, являются модели, используемые в теории активных систем для построения институционального управления в иерархических структурах [1]. В этих моделях выбор управлений изначально является правом нижнего уровня, а первый ход делает верхний уровень, который накладывает на этот выбор некие ограничения, так что выбор нижнего ограничен только разрешенным первым игроком (центром) множеством стратегий. Здесь приоритетным является выбор ограничений, поэтому управляющим органом является центр, делающий ход первым, а нижний уровень относится к управляемому субъекту.

2. Модели с нефиксированным правом первого хода и разделенными переменными.

В соответствующих ТИМ проблема распределения ролей между участниками ОС может быть описана как борьба за право первого хода (или борьба за лидерство). Как правило, первый ход дает преимущество игроку тем, что опередив остальных игроков и обязывая их делать выбор в условиях навязанного собой действия, он может надеяться улучшить собственный результат. Тогда если порядок ходов определяется самими игроками, между ними возникает борьба за право делать ход первым.

Реализовавшийся исход борьбы за право первого хода во многих случаях не дает удовлетворительного решения проблемы распределения ролей. Он может быть не только далек от оптимума по Парето, но может даже не обеспечивать игрокам гарантированных результатов. Поэтому в теории игр изучаются различные механизмы предотвращения этой борьбы.

Один из таких базовых механизмов основан на использовании угрозы наказания игрокам, собирающимся первым фиксировать свой выбор. Если размер наказания делает невыгодным первым фиксировать ход, а сама угроза будет воспринята, то игроки воздержатся от борьбы за первый ход.

3. Модели с фиксированным правом первого хода и неразделенными переменными.

В научных исследованиях часто используется теоретико-игровая модельная конструкция, которая формализует идеи Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева (Вычислительный Центр РАН). Рассмотрим ее на примере игры двух лиц [11].

Пусть функции $F: X_0 \times X \times \Theta \rightarrow R$ и $f: X_0 \times X \times \Theta \rightarrow R$ описывают интересы (выигрыш) первого и второго игроков соответственно. Естественно полагается, что игроки стремятся максимизировать собственный выигрыш. Здесь R — множество веществен-

ных чисел, Θ интерпретируется как множество значений неопределенного фактора, а X_0 и X — как множества управлений (стратегий) первого и второго игроков соответственно.

Базовый подход к распределению ролей реализуется рассмотренную выше схему решения иерархической игры, дополненной неопределенным фактором. Предполагается, что игрок 1 обладает правом первого хода, т. е. он первым выбирает свое управление $x_0 \in X_0$ и сообщает игроку 2 о своем выборе. Множество Θ моделирует неточность при выборе его представлений об игровой ситуации.

Предполагается также, что игрок 2 ведет себя рационально и в ответ выберет управление x из множества стратегий, максимизирующих его выигрыш f (в общем случае такое множество может содержать более одной стратегии). Допускается также, что игроку 2 в момент выбора своего управления известно реализовавшееся значение неопределенного фактора $\theta \in \Theta$.

Таким образом, при анализе игры с точки зрения субъективного описания ситуации игроком 1 допускается, что он способен оценить множество максимизирующих ответных стратегий игрока 2. Но выбор конкретной стратегии из этого множества ему неизвестен. Кроме того, он не знает действительного значения неопределенного фактора.

Альтернативным является подход построения иерархической системы «сверху», когда «элемент верхнего уровня переуступает своим подчиненным право выбора своих управлений». Содержательно и в модельных конструкциях такие уступки реализуются следующим образом. Первый игрок сам выбирает лишь некоторое подмножество $X_0^* \subset X_0$. Второй игрок производит окончательный выбор управления первого игрока x_0 из этого подмножества X_0^* и, кроме того, выбирает свое управление $x \in X$. В соответствии с этим игроки получают свои выигрыши. При подходе «сверху» выбор управления из X_0 изначально является правом верхнего уровня, которое он затем переуступает нижним уровням.

Таким образом, априори неразделенным между участниками является управление из множества X_0 . Игрок, делающий выбор x_0 , определяется выгодностью перехода от базовой игры, в которой окончательный выбор делает 1 игрок, к модели «сверху», когда выбор делегируется игроку 2.

4. Модели с нефиксированным правом первого хода и неразделенными переменными.

Проблема распределения ролей между участниками ОС в рамках работ по этому основанию классификации моделей может быть описана как борьба за приоритетное право распоряжаться выбором управлений (переменных). В соответствующих теоретико-игровых моделях распределение полномочий определяется самими участниками.

Пусть интересы первого и второго игроков (максимизация собственных выигрышей) описываются функциями $F: X_0 \times X' \times \Theta \rightarrow R$ и $f: X_0 \times X'' \times \Theta \rightarrow R$ соответственно. При распределении полномочий (переменных, управлений) между участниками предполагаем, что эта проблема имеет отношение только к переменной x , а переменную x_0 контролирует один участник, по ней право первого хода фиксировано.

Опишем более детально особенности данной модели [12]:

1) $x_0 \in X_0$ — управление, которое выбирает только вышестоящий участник (первый игрок), т.е. верхний уровень никогда не переуступает своим подчиненным право его выбора. Именно это исключительное право выбора, наряду с правом первого хода, определяет подчиненное положение другого участника (игрока 2);

2) $x \in X$ — управление, которое совместно контролируется обоими игроками, то есть априори не определены права и полномочия игроков по его выбору; X — полное множество выбора управления x , а X', X'' — множества выборов управления x для первого и второго игроков, соответственно. Полагается, что $X' \subseteq X$, $X'' \subseteq X$, т.е. полное множество управлений может быть априори неизвестно никому из игроков. Информированность игрока 2 не ниже информированности игрока 1, что может быть выражено условием $X' \subseteq X'' \subseteq X$. В общем случае множество управлений $X'' \setminus X'$ неизвестно первому игроку;

3) наряду с «природной» неопределенностью рассматривается и устраняемая неопределенность, выражающаяся в различной информированности игроков относительно множества выбора управлений X . Эта неопределенность может устраняться на основе обмена информацией как между игроками друг с другом, так и между игроками и средой (*примечание*: модели с обменом не обсуждаются в данной статье, но их можно посмотреть в [12]).

В той же работе предложена систематизация разнообразия исходов решения проблемы распределения ролей, основой которой является спектр различий приоритетов целей участников ОС, расположенных на различных уровнях иерархии, в выборе переменных x . Рассмотрен широкий спектр базовых моделей ОС, который представлен тремя основными классами.

Централизованные системы. Модели этого класса предполагают приоритетное право верхнего уровня в выборе управлений x .

Децентрализованные системы. Главная особенность моделей этого класса состоит в признании приоритетного права нижнего уровня, вплоть до полного отрицания априорного критерия F верхнего уровня, при выборе управлений x .

Системы смешанного типа. Модельно-теоретическое описание таких систем предполагает, что критерии выбора решений x задают одновременно верхний и нижний уровни либо при выборе решений нет явного приоритета чьих-то интересов (критериев).

В соответствующих математических конструкциях находит отражение смещение приоритетов целей в выборе управлений x с верхнего уровня на нижние, что позволяет характеризовать ослабление вмешательства верхних уровней в деятельность нижних и усиление роли экономических методов воздействия на них. В моделях отражены также условия различия информированности участников относительно множества стратегий X , которое может существенно влиять на окончательный выбор стратегий делегирования полномочий [12].

Заключение. В последнее время все больше внимания уделяется проблемам распределения ролей между участниками ОС. Вместе с тем теоретические исследования в этой области отстают от практических наработок. Адекватным математическим аппаратом исследования проблемы распределения ролей в ОС является теория игр. Множество вариантов различных ТИМ, с помощью которых описывается распределение ролей в ОС, обуславливает необходимость введения соответствующей системы классификаций. Система классификаций позволяет отнести конкретную игру к тому или иному классу, а имея результаты исследования некоторой игры, — систематически генерировать смежные задачи и переносить и/или обобщать на них полученные результаты. Подобный подход может быть весьма конструктивен при математическом моделировании и исследовании сетевого взаимодействия на конкурентных рынках. Особенно перспективными видятся такие задачи будущих исследований, как теоретическое изучение и практическое использование моделей с нефиксированным правом первого хода и неразделенными переменными, составляющих базис концепции системного компромисса.

Библиографический список

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. — 3-е изд. — М., 2012.
2. Jackson M. Social and Economic Networks. — Princeton University Press, 2008.
3. Губко М.В., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Классификация моделей анализа и синтеза организационных структур // Управление большими системами. — 2004. — Вып. 6.

4. Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. — М., 2003.
5. Новиков Д.А. Игры и сети // Математическая теория игр и ее приложения — 2010. — Т. 2, вып. 1.
6. Губко В.М. Управление организационными системами с сетевым взаимодействием агентов. I. Обзор теории сетевых игр // Автоматика и телемеханика. — 2004. — № 8.
7. Алгазина Д.Г., Алгазин Г.И. Модельные исследования сетевого взаимодействия на конкурентных рынках с нефиксированными ролями участников. — Барнаул, 2015.
8. Costa-Gomes M., Iriberti N., Crawford V. Comparing Models of Strategic Thinking in Van Huyck, Battalio, and Beil's Coordination Games // Journal of the European Economic Association. — 2009. — April — May. — V. 7(2–3).
9. Shoham Y., Leyton-Brown K. Multiagent System: Algorithmic, Game-Theoretical and Logical Foundation. — Cambridge University Press, 2009.
10. Slikker M., Dutta B., Van den Nouweland A. The Potential Maximizers and Network Formation // Mathematical Social Sciences. — 2000. — V. 39, № 1.
11. Горелов М.А. Модель институционального управления // Управление большими системами. — 2011. — Вып. 35.
12. Алгазин Г.И. Централизация и децентрализация в базовых игровых моделях организационных систем // Управление большими системами. — 2012. — Вып. 36.